



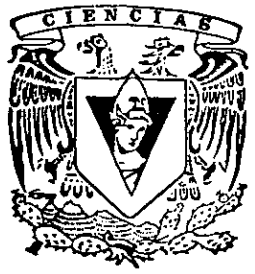
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

PATRON DE DISTRIBUCION DE LA RIQUEZA TAXONOMICA, DENSIDAD Y BIOMASA DE LA MEIOFAUNA EN UN GRADIENTE BATIMETRICO DEL SECTOR OCCIDENTAL DEL GOLFO DE MEXICO.

29856A

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G A
P R E S E N T A :
CITLALI DIAZ AGUILAR



FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

DIRECTORA DE TESIS
DRA. ELVA GADALUPE ESCOBAR BRIONES



FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR



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 está 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.

M. EN C. ELENA DE OTEYZA

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis

**“Patrón de distribución de la riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la
meiofauna en un gradiente batimétrico del sector occidental del Golfo de México.”**

Realizado por **Citlali Díaz Aguilar,**

Con número de cuenta **8410375-2,** pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Director de tesis Propietario	Dra. Elva Guadalupe Escobar Briones	<i>Elva Escobar Briones</i>
Propietario	Dr. Javier Alcocer Durand	<i>Javier Alcocer Durand</i>
Propietario	Biol. Laura Peralta Soriano	<i>Laura Peralta Soriano</i>
Suplente	Biol. Luis Alberto Oseguera Pérez	<i>Luis Alberto Oseguera Pérez</i>
Suplente	Biol. Diana Raquel Hernández Robles	<i>Diana Raquel Hernández Robles</i>

FACULTAD DE CIENCIAS
U. N. A. M.

Consejo Departamental de Biología


DRA. PATRICIA RAMOS MORALES.



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGÍA

*Las cosas pequeñas dejan de serlo
cuando las consecuencias se vuelven grandes.
De hecho, todas las cosas grandes
Empiezan de las pequeñas.*

El sermón de Nasrudin

Un día los aldeanos decidieron hacerle una broma a Nasrudin.

Puesto que se suponía que era un hombre santo de alguna clase indefinible, fueron a verlo y lo pidieron que pronunciara un sermón en la mezquita, a lo que accedió.

Cuando llegó el día, Nasrudin subió al púlpito y dijo:

- ¡Oh, pueblo! ¿Saben ustedes lo que voy a decirle?!

- No, no lo sabemos -gitaron.

- Mientras no lo sepan, no podré hablarles. Son demasiado ignorantes para poder iniciar algo con ustedes

- dijo el Mulá, lleno de indignación porque gente tan ignorante le hiciera perder el tiempo. Descendió del púlpito y se fue a su casa.

Algo mortificados, fueron nuevamente a la casa del Mulá y le rugaron que el viernes siguiente, día de oración, predicara.

Nasrudin comenzó su sermón repitiendo la misma pregunta.

Esta vez, la congregación contestó al unísono:

- Sí, sabemos.

- En tal caso -dijo el Mulá-, no es necesario que los demore. Pueden retirarse.

Y regresó a su casa.

Fue conuencido por tercera vez para que predicar- Ese viernes, comenzó preguntándoles como antes:

- ¿Saben o no saben?

La congregación estaba preparada.

- Algunos sabemos y otros no.

- Perfecto -dijo Nasrudin-. Entonces los que saben que transmitan su conocimiento a los que no saben.

Y se fue a su casa.

Tabla de contenido

Resumen	1
Summary	2
Zusammenfassung	3
Introducción	4
Antecedentes	8
Area de estudio	10
Hipótesis	16
Fundamento	16
Objetivos	17
Metas	17
Método	
Trabajo de campo	17
Trabajo de laboratorio	19
Análisis de datos	20
Resultados	
Caracterización ambiental	22
Composición taxonómica	27
Densidad	31
Biomasa	34
Discusión	41
Conclusiones	46
Propuestas	48
Referencias	49

Índice de figuras

1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la Campaña Sigsbee I, en el sector occidental del Golfo de México. **12**
2. a) Variación de la temperatura con la profundidad, b) cambio de la salinidad con la profundidad, c) curva T-S para reconocer las diferentes masa de agua. Abreviaturas: ACG= Agua Común del Golfo, AIA= Agua Intermedia del Atlántico, APNA= Agua Profunda del Nor-Atlántico. Los números a un lado de los marcadores indican la estación **23**
3. Variación de los parámetros físico-químicos con la profundidad, en el sector occidental del Golfo de México. a) oxígeno disuelto (mg.L^{-1}) de fondo, b) % de nitrógeno orgánico en sedimento, c) concentración de clorofila-a (mg.L^{-1}) en columna de agua y su variación con la distancia a la costa, d) % de materia orgánica en sedimento, e) % de lodos y su variación con la distancia a la costa. Los números a un lado de los marcadores indican la estación **25**
4. Variación de la riqueza taxonómica de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Los números a un lado de los marcadores indican el número de estación. **27**
5. Caracterización de los grupos taxonómicos por su frecuencia y abundancia. b) Porcentaje acumulativo de abundancia promedio de los taxa encontrados. **30**

Los números representan a los taxa.
1= Nemátodos, 2= Crustáceos, 3= Foraminíferos, 4= Anélidos, 5= Briozoarios, 6= Ostrácodos, 7= Hidrozoarios, 8= Antípodos, 9= Kinorincos, 10= Bivalvos, 11= Escafópodos, 12= Gastrópodos, 13= Priapúlidos, 14= Tancidáceos, 15= Isópodos, 16= Cumáceos, 17= Equinoideos, 18= Sipuncúlidos, 19= Plicnogónidos, 20= Turbellarios, 21= Holoturias, 22= Tardígrados, 23= Cefalocáridos, 24= Decápodos.
6. Variación de la densidad (ind.m^{-2}) a lo largo del gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México. Las abreviaturas E# indican el número de localidad muestreada. **32**
7. Densidad (ind.m^{-2}) expresada en logaritmo natural por zona batimétrica para los grupos dominantes de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Números romanos significan: I =Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur. **32**
8. Relación de la densidad por zona con respecto a la variación de a) oxígeno disuelto (mg.L^{-1}); b) % de nitrógeno orgánico en sedimento, c) % de materia orgánica en sedimento y d) la concentración de clorofila-a (mg.L^{-1}) en columna de agua. Números romanos significan: I =Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur. **33**

9. Variación de la biomasa en $gC.m^{-2}$ por zona batimétrica en el sector occidental del Golfo de México. Números romanos significan: I =Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur. **34**
10. Porcentaje de la biomasa ($gC.m^{-2}$) por taxa por zona batimétrica en la meiofauna del sector occidental del Golfo de México a) zona I= Reborde y talud continental superior, b) zona II= Talud continental inferior, c) zona III= Elevación continental, d) zona IV= Planicie abisal norte, e) zona V= Planicie abisal sur. Números indican a los taxa. 1= Foraminíferos, 2= Hidrozoarios, 3= Turbellarios 4= Priapulidos, 5= Poliquetos, 6= Tardígrados, 7= Briozoarios, 8= Kinorincos, 9= Sipuncúlidos, 10= Nemátodos, 11= Moluscos, 12= Equinoideos, 13= Crustáceos. **37**
11. Relación de los diferentes parámetros físico-químicos con la biomasa de la meiofauna a) % de nitrógeno orgánico en sedimento, b) concentración de oxígeno disuelto ($mg.L^{-1}$) de fondo, c) % de materia orgánica en sedimento, d) concentración de clorofila-a ($mg.L^{-1}$) en columna de agua, e) salinidad de fondo, f) % de carbono orgánico en sedimento. Números romanos significan: I =Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur. **38**
12. Patrón de cambio de a) densidad expresada en porcentaje de los valores $ind.m^{-2}$ y b) biomasa expresada como porcentaje de los valores $gC.m^{-2}$ por zona batimétrica de los grupos dominantes (>90% de frecuencia) de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Zonas I= Reborde y talud continental superior, II= Talud continental inferior, III= Elevación continental, IV= Planicie abisal norte, V= Planicie abisal sur. Abreviaturas: For=Foraminíferos, Pol= Poliquetos, Nem=Nemátodos, Crus= Crustáceos **40**

Índice de tablas

1. Ubicación y zonación de las estaciones de muestreo de la Campaña Sigsbee. I en el sector occidental del Golfo de México Zonación de acuerdo a Hernández (1999) 11
2. Parámetros ambientales del área de muestreo. Abreviaturas Prof: Profundidad; Temp: Temperatura de fondo; Sal: Salinidad de fondo; O.D.: Concentración de oxígeno disuelto de fondo; %N: Nitrógeno orgánico en sedimento; % C: Carbono orgánico en sedimento; C/N: Relación Carbono/Nitrógeno; Chl: Concentración del máximo de clorofila-a en columna de agua; % M.O: Contenido de materia orgánica en sedimento. Tomado de Hernández (1999) 25
3. Clasificación taxonómica según Brusca & Brusca (1990) de los grupos encontrados de meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. 28
4. Riqueza taxonómica, promedio y desviación estándar (d.e) de la densidad (en ind.m²), de la meiofauna, en las localidades muestreadas en el sector occidental del Golfo de México. Abreviatura: Prof = profundidad. 29
5. ANDeVA de la biomasa (gC.m⁻²), por zona batimétrica en el sector occidental de Golfo de México. Los asteriscos muestran que existe una diferencia significativa. : I =Reborde Continental y Talud Continental Superior, II = Talud Continental Inferior, III = Elevación Continental, IV = Planicie Abisal Norte, V = Planicie Abisal Sur. 35
6. 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 T.I Talud Inferior, T.S Talud Superior. 43

Apéndice I. Abundancia promedio (ind. 0.00066 m⁻²) por estación (E #) de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México.

Abreviaturas: Sar. = Sarcostigofora; Cni = Cnidaria, Plat. = Platyhelminthes; Pri. = Priapula; Ann. = Annelida; Tor. = Tardigrada; Ect. = Ectoprocta, Kin. = Kinorhyncha; Sip. = Sipuncula; Nem. = Nematoda; Moll. = Mollusca; Ech. = Echinodermata; Art. = Arthropoda; Che. = Chelicerata; Cru. = Crustacea 58

Apéndice II. Densidad promedio (ind.m⁻²) por estación (E #) de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. 59

Apéndice III. Biomasa promedio (gC.m⁻²) por estación (E #) de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Abreviatura %C,= Constante propuesta por Rowe (1983) para el calculo de biomasa a partir del peso húmedo de cada grupo. 60

Resumen

La variación de la riqueza taxonómica, la densidad (ind.m^{-2}) y la biomasa (gC.m^{-2}) de la meiofauna (42 a 125 μm) se evaluó en muestras de sedimento superficial recolectadas a bordo del B/O Justo Sierra, en el sector occidental del Golfo de México. El muestreo se realizó en un gradiente batimétrico (200 a 3,760 m). Se reconoció un total de 24 taxa, donde el taxón más importante fue el de los nemátodos ya que aportó en promedio del 22.6 al 82.4 % de la abundancia total en las estaciones muestreadas. Le siguieron los copépodos harpacticoides, foraminíferos y juveniles de anélidos poliquetos así mismo presentes en toda el área de estudio. La riqueza más baja (7 taxa), la menor densidad (9,394 a 22,424 ind.m^{-2}) y la biomasa promedio menor (0.005 a 0.011 gC.m^{-2}) se observaron sobre la zona del talud continental inferior. La zona abisal se caracterizó por presentar valores elevados de riqueza biológica (14 taxa), de densidad (160,000 a 467,879 ind.m^{-2}) y de biomasa (0.048 a 0.129 gC.m^{-2}) que fueron similares a los observados en el reborde continental. Los factores que mejor definieron la distribución de la meiofauna en este sector del Golfo de México fueron en conjunto el tipo de sedimento, el porcentaje de materia orgánica y de carbono orgánico en sedimento. Dado que la meiofauna tiene una gran sensibilidad, movilidad reducida y por sus estrategias reproductivas ésta puede ser considerada como un bioindicador de las condiciones marinas. Debido al conocimiento limitado que se tiene de este componente y en general del bentos de mar profundo en el Golfo de México, este estudio, junto con otros de su género, son la base para poder evaluar a futuro el efecto que tienen los desechos industriales depositados en el mar. La ausencia de éste tipo de estudios limita la predicción del efecto que se tiene por perturbaciones de origen antropogénico como de eventos naturales estocásticos.

Summary

The change in the taxonomic richness, the density (ind.m⁻²) and the biomass (gC.m⁻²) of the meiofauna (125 to 4µm) were evaluated in superficial sediment samples collected onboard the R/V Justo Sierra, in the western region of the Gulf of Mexico. The sampling was made along the depth gradient (200 to 3,760 m). A total number of 24 taxa, were recognized where the nematodes were the most important group contributing with 22.6 to 82.4 % of the total abundance in the sampling sites. The harpacticoid copepods, the foraminifera, and the juveniles polychaete followed in abundance. The lowest taxa richness (7 taxa), the smallest density (9,394 to 22,424 ind.m⁻²) and the smallest average biomass (0.005 to 0.011 gC.m⁻²) were recorded on the continental slope. The abyssal plain was characterized by high taxonomic richness values (14 taxa); large mean density (160,000 to 467,879 ind.m⁻²) and biomass (0.048 to 0.129 gC.m⁻²) that were similar to the values recorded on the continental shelf. Three factors defined best the distribution of meiofaunal biomass in the western Gulf of Mexico being: the sediment size, the organic matter content and the percentage of organic carbon in sediment. Given the great sensitivity of meiofauna to the environmental changes, their limited mobility and their reproductive strategies these organisms can be used as bioindicators. Due to the limited knowledge of the deep-sea benthos in the Gulf of Mexico this study contributes with others to evaluate in future studies the effect of disturbance and sewage in the sea floor. The effects of anthropogenic disturbances as well as those caused by stochastic natural events would be difficult to predict with the lack of these studies.

Zusammenfassung

Die Variante der taxonomischen Diversität, die Dichte (ind.m^{-2}) und der Lebendmasse (gC.m^{-2}) der Meiofauna (125 bis 42 μm) wurden in die oberflächlichen Sedimentproben ausgewertet, anlegen O/S Justo Sierra, in der westen Region des Gulf von Mexiko gesammelt wurden. Die Sammlung wurde entlang einer Tiefensteigung im Tiefsee Gebiet gebildet (200 m bis 3,760 m). In einer Gesamtanzahl von 24 Taxa, waren die Fadenwürmer das wichtigste Gruppe, beitragen mit 22.6 bis 82.4 % des Gesamtüberflusses in den Musterstücksites erkannt. Die copepoden, die Foraminifera und die Anneliden im Überfluß. Die niedrigste Diversität (mit 7 Taxa), die kleinste Dichte (9,394 bis 22,424 ind.m^{-2}) und das kleinste Lebendmassedurchschnitt (0.005 bis 0.011 gC.m^{-2}) wurden auf der tiefster Zone der kontinentalen Steigung beobachtet. (Das Tiefsee) wurde durch zu den hohen taxonomischen Reichtumwerten (14 Taxa), die Mitteldichte gekennzeichnet (160,000 bis 467,879 ind.m^{-2}) und Lebendmasse (0.048 bis 0.129 gC.m^{-2}) waren beobachtet auf ähnliche werte. Drei Faktoren der Kontinentalsockel definierten die Verteilung der Meiofaunallebendmasse im westlichen Sektor des Gulfs. Nämlich die Sedimentart, der Inhalt des organischen Stoffes und der Prozentsatz des organischen Kohlestoff im Sediment. Die große Empfindlichkeit von der Meiofauna zu der Klimaänderung, durch ihre begrenzte Mobilität und seine reproduktiven Strategien geben diese Organismen als Umgebung Anzeijen verwendet werden. Wegen des kurzen Wissens kann die tiefsee Meiofaune, die von diesen Studium und von anderen in der gleichen Tendenz festgelegt wird, ab vorgeschlagen werden, um im Zukunft den Effekt der Störung auszuwerten als auch antropogenic aus stochastische natürliche Fälle.

Introducción

En el mar como en todos los ecosistemas se encuentran diferentes gradientes ambientales, entendiéndose como gradiente al cambio gradual en la composición y abundancia relativa de las especies presentes en un espacio y tiempo. De igual forma también se le denomina así al cambio gradual de cualquiera de los parámetros físico-químicos que están presentes en un tiempo y espacio determinado. Dichos parámetros modulan la estructura de la comunidad que esté presente, ya que no todos los organismos tienen el mismo intervalo de tolerancia para cada uno de los parámetros ambientales (Forman y Godron, 1986).

El mar profundo se caracteriza por tener condiciones extremas pero relativamente estables en cuanto a los parámetros físico-químicos (bajas temperaturas, alta presión, y una tasa baja de abastecimiento de alimento) lo que nos lleva a pensar que sus comunidades ricas en especies se encuentran en climax y son controlados biológicamente. Estudios posteriores (Dayton y Hessler, 1972) han demostrado que la diversidad alta de especies en el mar profundo se debe a un alto grado de especiación, a la distribución en parches y como una respuesta a las perturbaciones ambientales.

La alta diversidad se ha atribuido por Sanders (1968) a procesos de especiación en un incremento gradual de especies. Este modelo se ha reconocido como la " Hipótesis de estabilidad en el tiempo" y propone que a partir de condiciones estables en el ambiente, en comunidades en equilibrio en una escala temporal grande. La diversidad alta se da como un proceso de especiación y migración que incrementa gradualmente el número de especies. Al ser el mar profundo un ambiente oligotrófico la especiación estará preferentemente dada hacia los hábitos alimenticios.

Uno de los grupos de vida marina menos estudiado en México y quizás más importante por su papel en los ciclos biogeoquímicos es el bentos, el cual está constituido por todas aquellas especies que viven en relación estrecha con el fondo, ya sea para fijarse en él,

excavar madrigueras, marchar sobre su superficie o nadar en sus vecindades dependiendo de él para conseguir su alimento. El bentos como gran comunidad ecológica está presente en los fondos desde la zona litoral hasta las grandes profundidades. La fauna asociada a los fondos responde, en el marco global, a tres gradientes ambientales: el latitudinal, el batimétrico (profundidad) y el de la costa hacia el mar abierto, el cual frecuentemente se relaciona con el de profundidad o el geográfico (Pèrès, 1961).

A lo largo de los fondos marinos, se observa que los organismos bénticos se han ido adaptado a la variación de los factores físicos (aumento de presión, pérdida de iluminación, disminución de temperatura) químicos (variaciones en la concentración de oxígeno, salinidad, nutrientes, materia orgánica), geológicos (tamaño de grano, antigüedad de la cuenca, historia geológica del fondo) y biológicos (naturaleza de las fuentes alimenticias de cada zona, interacciones biológicas) en gradientes complejos de profundidad. Los factores que controlan la distribución y diversidad de la fauna béntica a lo largo de un gradiente desde la costa hasta el mar profundo son la disminución en la iluminación, la variación en la disponibilidad de alimento, el descenso en la temperatura del agua de fondo y el cambio en la estabilidad del fondo marino (Pèrès, 1961).

El bentos, por su posición en el sedimento, puede dividirse en dos grupos: la epifauna o fauna que vive sobre el sustrato y la infauna (endofauna) que vive dentro del sustrato. Así mismo se reconoce que la fauna se vincula a los fondos a través de: a) la fijación a las superficies firmes; b) el movimiento libre en el fondo y c) el movimiento dentro del sustrato. Desde el punto de vista trófico la fauna béntica está relacionada a la naturaleza del tamaño de las partículas y el origen del contenido nutricional de la materia orgánica particulada encontrándose formas filtradoras, depredadoras y detritívoras. Una clasificación adicional del bentos se basa en la talla reconociéndose la megafauna, la macrofauna, la meiofauna y el microbentos (Gage y Tyler, 1992).

El término "meiofauna" fue introducido por Mare (1942), separando con base en el tamaño o talla, un grupo de taxa (Higgins y Thiel, 1988). Diversos investigadores han propuesto como el límite de talla de la meiofauna tamicos que separan organismos retenidos en malla de 42 μm y que pasaron por el tamiz de 150 μm (Thiel, 1983; Rowe, 1983)

La meiofauna presenta en los fondos marinos una distribución espacial en parches y está estrechamente asociada a las variables ambientales del agua intersticial y de la columna de agua suprayacente (p.e., depósito de materia orgánica, producción primaria, salinidad, concentración de oxígeno disuelto) y del sedimento (tamaño de grano, tamaño de poro, alimento contenido en los espacios intersticiales). Estos determinan la variación de abundancia, composición y biomasa de la meiofauna en el sedimento. A una escala menor (μm a mm) estas variables pasan a ser irrelevantes siendo más importantes las interacciones biológicas y los procesos físicos de turbulencia y de difusión del agua (Lazier y Mann, 1989).

La composición taxonómica en el mar profundo es función de las adaptaciones a la profundidad y los eventos estocásticos que modifican el fondo (Higgins y Thiel, 1988). La textura del sedimento, la microtopografía y las estructuras físicas del ambiente facilitan la distribución en parches que presenta esta comunidad (Vanhove *et al.*, 1995; Higgins y Thiel, 1988). Desde el punto de la abundancia los nemátodos componen más del 50% del total de la meiofauna mientras que los copépodos harpacticoides ocupan usualmente el segundo lugar en orden de importancia (Tietjen, 1984; Alongi y Pichon, 1988; Snider *et al.*, 1984).

Una de las causas principales para el aumento de la riqueza taxonómica en la zona abisal es la estabilidad física en el lecho marino y la persistencia de las características creadas por bioturbación de los organismos bentónicos (huellas, madrigueras, desechos orgánicos) que pueden ayudar a crear un ambiente heterogéneo en la escala pequeña que permite que más especies puedan coexistir (Tietjen, 1984).

El estudio del bentos marino en la última década ha reconocido la importancia de evaluar la biomasa de los diferentes componentes, el consumo de oxígeno disuelto por respiración y la producción secundaria que permiten estimar el balance del flujo de materia y energía en las comunidades asociadas al sedimento. La evaluación de estos parámetros comunitarios facilita la intercomparación con otras zonas del océano mundial (Escobar *et al.*, 1997).

La hidrodinámica influye en las tasas de productividad primaria y controla la exportación de materia orgánica que eventualmente se deposita en el fondo y que genera fuentes alimenticias para la meiofauna (Thiel, 1979). A profundidades mayores de 200 m el aporte disminuye (de Bovée *et al.*, 1990; Shirayama, 1984); a más de 1,000 m el aporte a la zona abisal es prácticamente nulo (Shirayama y Kojima, 1994).

Existe un vínculo estrecho entre las surgencias y la depositación de materia orgánica con la densidad y biomasa de la meiofauna. Diversos autores han establecido que la mayoría de la meiofauna tiene una correlación significativa con la sedimentación de materia orgánica de origen fotoautotrófico (Olafsson y Elmgren, 1997, Radziejewska *et al.*, 1996). Esto es menos definible en un área de baja producción primaria (Olafsson *et al.*, 1999) como son los mares tropicales, perennemente estratificados y limitado en nutrientes.

Para el mar profundo mundial se sabe que la heterogeneidad espacial del fondo marino está dada como respuesta al acoplamiento entre la zona pelágica y el bentos. Este acoplamiento pelágico-béntico responde a patrones estacionales de sedimentación de los productores primarios. La comunidad béntica es dinámica con respecto al arribo de la materia orgánica y muestra, con un ligero retraso en tiempo, un incremento de la densidad y biomasa (Sibuet *et al.*, 1999; Tietjen *et al.*, 1989).

La mayor parte de la materia orgánica en los trópicos es reciclada como CO₂ al ambiente o se transfiere a la cadena alimenticia (Rowe *et al.*, 2001). El aporte promedio de

carbono orgánico necesario para equilibrar su utilización refleja, en modelos de simulación, valores que podrían ser encontrados en profundidades equivalentes a lo largo de varios márgenes continentales.

Este estudio es relevante para México y para el mundo, ya que contribuye al conocimiento de los procesos ecológicos que se llevan a cabo en los trópicos, región geográfica poco conocida y que presenta limitantes de exportación de materia orgánica a los fondos dada su reducida productividad, estacionalidad y estratificación de columna de agua.

Antecedentes

En 1930 el "Bureau of Commercial Fisheries, Fish and Wildlife Service" realizó una prospección del bentos en el Golfo de México. Las recolecciones de macroinvertebrados bentónicos continuaron hasta los años 50 (Pequegnat, 1983). En los años 60 la Universidad de Texas A&M inició estudios sistemáticos en el mar profundo del Golfo de México y el norte del mar Caribe (Escobar *et al.*, 1997).

A la fecha, el bentos en la región norte del Golfo ha sido descrito más ampliamente, dada la importancia de la exploración petrolera en el talud y zona abisal (Giammona y Damell, 1996; MacDonald *et al.*, 1994) así como la necesidad de localizar sitios idóneos para el aislamiento de desechos industriales (Escobar *et al.*, 1999).

Los primeros trabajos sobre la meiofauna en el Golfo de México inician con Chitwood y Timm (1954). Los trabajos realizados posteriormente se concentran en el norte y noroeste del Golfo de México (Bedinger, 1981; Harper *et al.*, 1981; Powell *et al.*, 1983; Yíngst y Rhoads, 1985; Escobar *et al.* 1997). En el ambiente de la plataforma continental de la porción oriental del Golfo, se puede citar como antecedente el trabajo de Herrera y Sánchez (1982). Adicionalmente, cabe mencionar las diversas descripciones taxonómicas de componentes

El estudio del bentos marino en la última década ha reconocido la importancia de evaluar la biomasa de los diferentes componentes, el consumo de oxígeno disuelto por respiración y la producción secundaria que permiten estimar el balance del flujo de materia y energía en las comunidades asociadas al sedimento. La evaluación de estos parámetros comunitarios facilita la intercomparación con otras zonas del océano mundial (Escobar *et al.*, 1997).

La hidrodinámica influye en las tasas de productividad primaria y controla la exportación de materia orgánica que eventualmente se deposita en el fondo y que genera fuentes alimenticias para la meiofauna (Thiel, 1979). A profundidades mayores de 200 m el aporte disminuye (de Bovée *et al.*, 1990; Shirayama, 1984); a más de 1,000 m el aporte a la zona abisal es prácticamente nulo (Shirayama y Kojima, 1994).

Existe un vínculo estrecho entre las surgencias y la depositación de materia orgánica con la densidad y biomasa de la meiofauna. Diversos autores han establecido que la mayoría de la meiofauna tiene una correlación significativa con la sedimentación de materia orgánica de origen fotoautotrófico (Olafsson y Elmgren, 1997, Radziejewska *et al.*, 1996). Esto es menos definible en un área de baja producción primaria (Olafsson *et al.*, 1999) como son los mares tropicales, perennemente estratificados y limitado en nutrientes.

Para el mar profundo mundial se sabe que la heterogeneidad espacial del fondo marino está dada como respuesta al acoplamiento entre la zona pelágica y el bentos. Este acoplamiento pelágico-béntico responde a patrones estacionales de sedimentación de los productores primarios. La comunidad béntica es dinámica con respecto al arribo de la materia orgánica y muestra, con un ligero retraso en tiempo, un incremento de la densidad y biomasa (Sibuet *et al.*, 1999; Tietjen *et al.*, 1989).

La mayor parte de la materia orgánica en los trópicos es reciclada como CO₂ al ambiente o se transfiere a la cadena alimenticia (Rowe *et al.*, 2001). El aporte promedio de

dominantes de la meiofauna (Hopper, 1967a, b; Keppner, 1986, 1987a, b, 1988; Castillo y Lambshed, 1990).

La información existente sobre meiofauna en aguas mexicanas es de naturaleza descriptiva, enfocada a la composición taxonómica de nemátodos de la sonda de Campeche (Navarrete, 1993) y la distribución de los diferentes grupos en tiempo y espacio en la plataforma continental de Veracruz y Tamaulipas (Gettleston, 1976; Maya, 1993). Un cuarto trabajo resalta la importancia de la interacción de los tres grupos de clases de talla megafauna, macrofauna y meiofauna del bentos con las pesquerías demersales de la plataforma continental del suroeste del Golfo de México (Soto y Escobar, 1995). En cuanto a estimaciones de biomasa bentónica provenientes de profundidades mayores a 200 m, sólo se contaba a partir del trabajo de Rowe y Menzel (1971) con tres valores en el Escarpe de Campeche. En el Golfo de México actualmente se cuenta en el margen continental con los estudios de Castañeda (1996), Rodríguez (1999), Muñiz (2001) sobre macrofauna; el de Falcón (1998) y Salas (2001) de meiofauna en el sureste y en la misma zona de estudio del presente trabajo el de Hernández (1999) analizando la macrofauna y el de López (1993) sobre meiofauna. Tras más de una década de estudios sobre el bentos en la plataforma continental, dos años se abocaron a caracterizar la porción occidental del Golfo de México, en la cual se reconoció la variabilidad espacial de la densidad y biomasa en el Golfo de México. Dichos estudios permitieron caracterizar la macrofauna en la zona del talud continental y zonas abisales del sector occidental y el Escarpe de Campeche (Maya, 1993; Escobar y Soto, 1997, Escobar *et al.*, 1997, Escobar *et al.*, 1999).

El número de estudios en gradientes de profundidad es limitado tanto en el Golfo de México como en el océano tropical. Los trabajos existentes incluyen el Atlántico tropical (Sibuet y Olu, 1998; Sibuet *et al.* 1984), el mar de la India y el Pacífico ecuatorial (Smith, 1985; Smith y Hamilton, 1983).

Area de Estudio.

El Golfo de México es un sistema oligotrófico, que presenta estacionalidad, teniendo la mayor producción primaria cuando se presenta mezcla de la columna de agua asociada a los nortes (noviembre a mayo) que genera en forma desacoplada, de junio a noviembre, un aumento en la densidad y biomasa del bentos (Soto y Escobar, 1995; Escobar y Soto, 1997).

La campaña oceanográfica SIGSBEE, de la cual provienen las muestras de este estudio se obtuvieron a lo largo de un transecto a distancia de la costa y de menor a mayor profundidad, se realizó en el área que se localiza frente al estado de Tamaulipas entre los 23° y 25° de latitud Norte y los 93° a 97° de longitud Oeste. Las estaciones de muestreo se ubican en las zonas batimétricas del reborde y talud continental, la elevación continental y la planicie abisal del sector noroeste del Golfo de México (Figura 1, tabla 1).

Con base a las provincias que establece Antoine (1972) para el Golfo de México, el área de estudio se encuentra, en el límite de la tercera y séptima provincias, por lo cual presenta características de ambas provincias como son montes e intrusiones de domos salinos; también se caracteriza por tener un margen continental estrecho de talud abrupto, conformado por plegamientos paralelos a la línea de costa denominados Cordilleras Mexicanas ubicadas entre los 24 y 19 °N (Antoine *et al.*, 1974) que actúan como barrera del sedimento de origen continental (Moore y del Castillo, 1974).

Tabla 1. Ubicación y zonación de las estaciones de muestreo de la Campaña Sigsbee.1 en el sector occidental del Golfo de México. Zonación de acuerdo a Hernández (1999).

Estación	Latitud N	Longitud W	Profundidad (m)	Distancia a la costa (km)	Zona batimétrica
1	23°57'10"	97°12'09"	200	55.66	I Reborde continental y
2	24°03'20"	97°01'07"	498	78.47	Talud continental superior
3	24°03'09"	96°44'40"	1,231	107.67	II Talud continen inferior
4	24°09'20"	96°34'09"	1,698	122.27	" "
5	24°12'09"	96°09'50"	2,220	162.42	" "
6	24°23'08"	96°00'07"	2,620	177.02	III Elevación continental
9.1	25°15'30"	93°25'07"	3,600	474.50	IV Planicie abisal norte
9.2	25°15'08"	93°26'09"	3,620	403.32	" "
9.3	25°22'20"	93°33'50"	3,635	315.72	" "
9.4	25°23'10"	93°37'07"	3,650	410.62	" "
9.5	25°27'30"	93°45'09"	3,690	392.37	" "
10	24°59'50"	94°46'09"	3,700	381.42	" "
7	24°03'08"	94°42'60"	3,760	363.17	V Planicie abisal sur
8	23°24'06"	93°07'09"	3,760	290.17	" "

La llanura abisal de Sigsbee, tiene las mayores profundidades en el Golfo de México y funciona como captora de sedimentos, se ubica dentro de la isóbata de 3,600 m y presenta dos zonas aún más profundas, una de ellas de 3,735 y la otra de 3,741 m, donde se localizan algunas colinas de 200 y 300 m de altura. El Escarpe de Campeche sirve de frontera sur a esta cuenca (Pica *et al*, 1991).

Latitud N

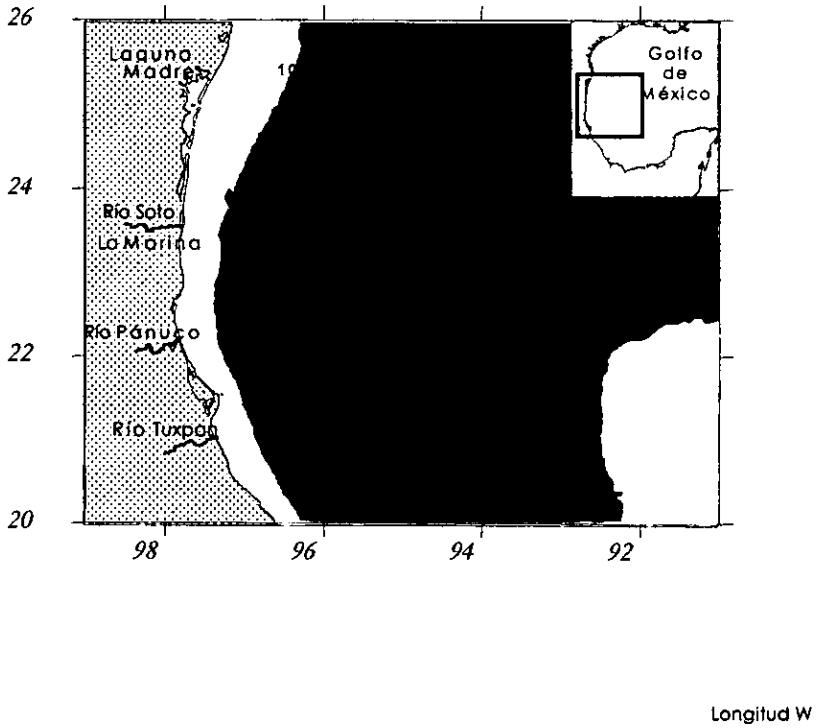


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la Campaña Sigsbee I, en el sector occidental del Golfo de México

Esta zona esta constituida por sedimentos terrigenos aportados, en gran medida, por las descargas del río Mississippi, con un contenido de carbonatos menor al 25 % (Bouma, 1972).

La zona recibe la influencia de la compleja hidrodinámica superficial, en la que se refleja el efecto de los giros anticiclónicos liberados de la Corriente de Lazo que se trasladan en dirección oeste del área de estudio (Vidal *et al.*, 1994), la cual, además de generar una productividad primaria elevada como resultado de una surgencia, se ha reconocido como promotora de la producción béntica a lo largo de la plataforma continental exterior y del talud superior (Escobar y Soto, 1997). En dirección este, la capa de mezcla se extiende hasta 175 m por debajo de la cual hay estratificación térmica casi permanente y solamente es alterada por los frentes continentales durante el invierno y otras anomalías climáticas (Vidal *et al.* 1994).

Sobre el talud superior se ha reconocido una capa de concentración mínima de oxígeno disuelto generada por la exportación excesiva de carbono biogénico. En dirección este predominan las condiciones de aguas oceánicas caracterizadas por tres zonas: la capa de mezcla, la termoclina y la capa profunda. La temperatura tiene un intervalo de 23° a 4°C en el agua de fondo a lo largo del gradiente batimétrico. El máximo de salinidad se localiza por debajo de la zona de mezcla (36.7 ups), disminuye rápidamente y forma la haloclina hacia los 400 m. A partir de este estrato la salinidad disminuye, hasta alcanzar un mínimo de 34.88, ups localizado a los 750 m, donde se reconoce el agua Antártica Intermedia que además tiene una temperatura de 6.2°C (Nowlin y McLellan, 1967). La masa de agua localizada a 1,500 m corresponde al agua profunda del Nor-Atlántico con 4.02°C de temperatura y salinidad de 34.8 ups. El inicio del mar profundo se ha delimitado en el Golfo de México a partir de la zona transicional de la plataforma y talud continental (Pequegnat, 1983).

La condición estratificada prevalece desde abril (temperatura_{max} = 23.7°C) hasta la temporada de lluvias que termina en septiembre u octubre cuando las aguas superficiales alcanzan temperaturas de 29°C. El flujo costero produce una pluma superficial (2 – 5 m) que se extiende hacia afuera, hasta 50 km. Durante la temporada de lluvias, las descargas de los ríos Grande, Soto la Marina y Pánuco generan una capa fina de agua de baja salinidad (30 ups) y temperatura de 21 a 23°C, que puede localizarse a 100 km de distancia de las bocas de Laguna Madre y Tamiahua y de los ríos Soto la Marina y Pánuco (Escobar y Soto, 1997).

La condición de mezcla se establece al inicio de la temporada de nortes, en noviembre y termina durante marzo. La ocurrencia de las tormentas generadas por los nortes crea gradientes intensos, en la horizontal de mezcla a lo largo de las aguas de la plataforma y del talud continental (<15°C, <34 ups) y el agua oceánica (23°C >36 ups) (Pineda y Pica, 1991).

Por debajo de la capa de mezcla y antes de alcanzar la isoterma de los 17°C, que corresponde a profundidades de hasta 250 m, se encuentra una capa que es característica del Golfo de México, denominada Agua Común del Golfo de México. Esta ocurre típicamente en el centro y este del Banco de Campeche, y al oeste y noreste del Golfo, y es resultado de la mezcla vertical de la Masa de Agua Subtropical Subsuperficial; la cual ocupa la columna de agua de los 150 a 250 m de profundidad y puede variar dependiendo de la dinámica en cada zona del Golfo. Esta zona está caracterizada por la salinidad máxima (37.75 ups) en el perfil vertical de las aguas del Golfo, así como por un contenido relativamente bajo de oxígeno (3.4 mg.L⁻¹) (Nowlin, 1971; Pica y Pineda, 1991).

Por debajo de los 250 m y hasta los 900 m se ubica una gran capa con temperaturas que van de 19 a 6.3°C y salinidades de 36 a 35 ups. En esta capa se observan dos aspectos importantes, uno de ellos es la detección del valor mínimo en

concentración de oxígeno (2.5 mg.L^{-1}), por lo que se denomina capa de mínimo oxígeno (Ponce, 1991). Las aguas del oeste del Golfo muestran una capa amplia de mínimo oxígeno, que va de los 200 m hasta los 500 m de profundidad (Nowlin 1971, Nowlin y McLellan, 1967); sin embargo, los patrones de circulación ciclónica y anticiclónica comunes en esta zona pueden modificar su profundidad (Moulin, 1980). Esta capa es determinante para la existencia de la fauna béntica.

El segundo aspecto importante de esta capa es su comportamiento uniforme por debajo de los 17°C , el cual es claramente identificado en los diagramas T-S de Nowlin y McLellan (1967). Esta es una capa de transición entre el agua Subtropical Subsuperficial y la masa de agua Antártica Intermedia que juega un papel importante en la captación y distribución de nutrientes. A la vez es limitante para el establecimiento de zonas productivas y por ende de la riqueza pesquera en aguas oceánicas.

El agua Antártica Intermedia se localiza inmediatamente después de los 900 m y se extiende hasta los 1050 m aproximadamente. Esta masa está caracterizada por un mínimo de salinidad (34.86-34.89 ups) y temperatura de 6.2°C (Nowlin, 1971). Por debajo de ésta y entre los 1300-1400 m se localiza una capa de transición, el agua Profundo del Nor-Atlántico, donde la temperatura decrece paulativamente y la salinidad aumenta ligeramente, hasta alcanzar la zona donde la masa de agua de fondo esta bien caracterizada 4°C y 34.96 ups de salinidad a una profundidad de 1500 m (Nowlin, 1971). Estas masas de agua, delimitan fronteras biogeográficas de la fauna marina.

Hipótesis

El cambio en la estructura comunitaria de la meiofauna (composición, riqueza, abundancia y biomasa) está determinado por la entrada de materia orgánica de origen fotoautotrófico generada en la capa eufótica que es exportada en mayor cantidad en la zona costera y decrece hacia el mar profundo. Por lo anterior se esperaría que la composición taxonómica, la densidad y la biomasa de la meiofauna, al responder a este gradiente en el aporte de materia orgánica, muestre una disminución gradual con respecto al incremento en distancia a la costa y al aumento de profundidad.

Fundamento

La contribución a la comunidad científica nacional se centra en el conocimiento limitado sobre la meiofauna del mar profundo y que en el caso del Golfo de México éste es requerido para la predicción de escenarios posibles para el caso de explotación de recursos (renovables y no renovables) en el mar profundo.

En el marco global, este trabajo contribuye a entender la dinámica de los mares tropicales, donde la columna de agua se encuentra estratificada térmicamente lo que limita la generación de producción primaria y la exportación de materia orgánica. La comunidad bentónica en el mar profundo es dependiente del aporte de carbono biogénico exportado; por lo que estudios de esta naturaleza contribuyen a reconocer posibles escenarios para el mar mundial ante cambios globales de calentamiento.

concentración de oxígeno (2.5 mg.L^{-1}), por lo que se denomina capa de mínimo oxígeno (Ponce, 1991). Las aguas del oeste del Golfo muestran una capa amplia de mínimo oxígeno, que va de los 200 m hasta los 500 m de profundidad (Nowlin 1971, Nowlin y McLellan, 1967); sin embargo, los patrones de circulación ciclónica y anticiclónica comunes en esta zona pueden modificar su profundidad (Moulin, 1980). Esta capa es determinante para la existencia de la fauna béntica.

El segundo aspecto importante de esta capa es su comportamiento uniforme por debajo de los 17°C , el cual es claramente identificado en los diagramas T-S de Nowlin y McLellan (1967). Esta es una capa de transición entre el agua Subtropical Subsuperficial y la masa de agua Antártica Intermedia que juega un papel importante en la captación y distribución de nutrientes. A la vez es limitante para el establecimiento de zonas productivas y por ende de la riqueza pesquera en aguas oceánicas.

El agua Antártica Intermedia se localiza inmediatamente después de los 900 m y se extiende hasta los 1050 m aproximadamente. Esta masa está caracterizada por un mínimo de salinidad (34.86-34.89 ups) y temperatura de 6.2°C (Nowlin, 1971). Por debajo de ésta y entre los 1300-1400 m se localiza una capa de transición, el agua Profunda del Nor-Atlántico, donde la temperatura decrece paulativamente y la salinidad aumenta ligeramente, hasta alcanzar la zona donde la masa de agua de fondo esta bien caracterizada 4°C y 34.96 ups de salinidad a una profundidad de 1500 m (Nowlin, 1971). Estas masas de agua, delimitan fronteras biogeográficas de la fauna marina.

Objetivo

Describir la variabilidad de la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la meiofauna a lo largo de un gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México.

Metas

- Evaluar la riqueza taxonómica de la meiofauna a lo largo del gradiente batimétrico desde la plataforma continental hasta la zona abisal.
- Evaluar la abundancia, densidad y determinar la biomasa; describiendo el patrón de variación por estrato batimétrico.
- Analizar la relación entre los factores fisicoquímicos del agua de fondo (temperatura, concentración de oxígeno disuelto), del sedimento superficial (tamaño de grano y contenido de materia orgánica) y en columna de agua (clorofila a) con la variabilidad de la comunidad meiobéntica a lo largo del gradiente batimétrico

Método

Trabajo de Campo.

Durante la campaña Sigsbee I realizada a bordo del B/O Justo Sierra se recolectaron muestras de sedimento superficial en diez estaciones a lo largo de un gradiente batimétrico (200 a 3,760 m) sobre un transecto perpendicular a la costa de Tamaulipas, para lo cual se utilizó un nucleador de caja US-NEL con un área de 0.25 m².

En cada estación se utilizó una sonda CTD (General Oceanics, Mark III WOOCE) para describir el perfil de la columna de agua midiendo con el cambio de profundidad

la temperatura y la salinidad. De las muestras de agua de fondo que se tomaron con la rosette se determinó la concentración de oxígeno disuelto siguiendo el método de Winkler (Strickland y Parson, 1972) en análisis por duplicado; los datos obtenidos se cotejaron con los obtenidos por la lectura con un oxímetro YSI modelo 51B y sensor YSI modelo 5905 con precisión de $\pm 0.1 \text{ mg.L}^{-1}$ (calibración de la temperatura ó 2% de la lectura). Además, se realizó un perfil de clorofila-a en columna de agua con apoyo de un perfilador Biospherical modelo PNF-300, que permitió conocer el patrón de distribución de la concentración y profundidad del máximo de clorofila en la capa eufótica de la columna de agua. El valor de clorofila-a se usó como una aproximación de la materia particulada de origen autotrófico que potencialmente pudiera depositarse en el fondo.

Con la ecosonda del buque se reconoció el tipo de fondo y la profundidad. Al momento de tocar fondo el nucleador US-NEL se anotaron la posición (latitud y longitud) y la profundidad; al salir se tomaron datos de la naturaleza de la muestra, tales como el color del sedimento, la penetración del nucleador en el sedimento, la existencia o ausencia de perturbación en la superficie, la temperatura en el sedimento y la posible textura del sedimento (lodos o arenas).

La muestra del nucleador se dividió en cuatro cuadrantes, de los cuales el 75% de la superficie se utilizó para las muestras correspondientes a la macrofauna (tres réplicas de $0.0625 \text{ m}^2 \text{ c/u}$). Del 25 % restante del sedimento superficial en el nucleador se recolectaron las muestras para evaluar el contenido de materia orgánica en el sedimento superficial, tamaño de grano, bacterias heterótrofas y las de meiofauna que se tratan en este estudio. Para estas últimas se tomaron cinco núcleos con un área de 0.00066 m^2 y dentro de los primeros 5 cm superficiales del sedimento.

El sedimento recolectado por los núcleos se tamizó a través de mallas de $125 \mu\text{m}$

para eliminar a la macrofauna y de 54 μm para retener la meiofauna. Posteriormente se colocó el sedimento retenido, de cada núcleo en frascos de 75 ml rotulados. Las muestras se preservaron con etanol al 95 % y Rosa de Bengala para su tinción, para facilitar su separación y estudio posterior en el laboratorio.

Trabajo de Laboratorio.

Para el análisis granulométrico del sedimento superficial se colocó en cápsulas de porcelana una porción de éste para secarlo en el horno a 60°C, una vez seco se pesó, posteriormente se rehidrató para poder tamizarlo a través de una malla de abertura de poro de 4 ϕ para separar las fracciones de arenas y arcillas. Este se volvió a secar para reconocer la proporción de lodo remanente en la cápsula; a partir de la diferencia en peso reconocida con el peso seco inicial de cada muestra se calculó la fracción de arena con respecto a la de lodo (Folk, 1968).

Para las determinaciones de nitrógeno y carbono orgánico elemental se requirieron 3 mg de sedimento seco a 60°C el cual se aciduló con solución 0.3 N de HCl, la muestra se calcinó por triplicado (1,040°C) en presencia de oxígeno en viales de latón, en un analizador Carlo Erba, modelo 1106. La calibración se hizo con soluciones estándar de acetanilido y blancos y se expresó en porcentaje de peso seco de sedimento. El contenido de materia orgánica se realizó de acuerdo con el procedimiento y constantes de conversión de Stelson y Trask (1953) a partir del porcentaje de nitrógeno orgánico.

Las muestras de sedimento que contuvo la meiofauna se lavaron con agua corriente en el laboratorio para eliminar la fracción de arcillas más finas que pudieron haber quedado y eliminar el etanol. Para separar a los organismos se utilizó un microscopio estereoscópico con oculares de 10X, empleando aumentos de 1 a 5 X, y en algunas ocasiones se utilizó un microscopio óptico con 100 a 400 aumentos para

identificar taxa de difícil visualización. El material biológico se separó a nivel de clase, en su mayoría, en el caso de los crustáceos se separaron hasta orden. Los organismos separados se colocaron en viales etiquetados debidamente preservándose en etanol al 95% una vez identificados y cuantificados. Los registros se anotaron en bitácoras por grupos taxonómicos en orden filogenético siguiendo la clasificación de Brusca y Brusca (1990).

Análisis de Datos.

Abundancia y Densidad. Los datos de abundancia de las bitácoras se vaciaron en una hoja de cálculo de Excell. Los valores de densidad (ind.m^{-2}) se calcularon a partir de los valores de abundancia para cada réplica y estación de muestreo. Se calculó la media y desviación estándar por estación a partir del número de réplicas (Apéndice I y II). Con estos valores se elaboraron gráficas del cambio de la riqueza taxonómica y la densidad con respecto al gradiente batimétrico.

Biomasa: La biomasa se estimó por medio de las constantes propuestas por Gettleson (1976) que es un valor del peso específico por taxón, estos valores se basan en el cálculo de la biomasa como peso húmedo, primero con base en cálculos previos del biovolumen multiplicado por la densidad. Los valores de peso húmedo se transformaron a biomasa (gC.m^{-2}) como carbono orgánico con base en las constantes propuestas por Rowe (1983) (Apéndice III). Por estrato de profundidad se evaluó el cambio de la biomasa en el gradiente batimétrico y se describió el patrón encontrado.

Análisis de la información de la estructura comunitaria. Con base en los datos obtenidos de su composición taxonómica, frecuencia y abundancia se describió el cambio de la composición taxonómica en el gradiente batimétrico y su correlación con los factores ambientales. Los datos de abundancia y frecuencia de presencia permitieron establecer la representatividad de los grupos taxonómicos en componentes

dominantes, constantes, indicadores o raros en la comunidad. Esto se elaboró por zona batimétrica con el objeto de poder describir el posible reemplazo de un grupo por otro a lo largo del gradiente batimétrico.

Se ocupó la zonación que Hernández (1999) propuso para esta misma zona de estudio, la cual se obtuvo a partir de los parámetros físico-químicos (Tabla 2) presentándose a continuación la zonación obtenida.

Un primer grupo que corresponde a las estaciones ubicadas entre los 200 y 500 m de profundidad (conformada por las estaciones 1 y 2) que se denominó zona I: reborde continental y talud continental superior. El siguiente grupo incluyó las estaciones del talud continental inferior entre los 1,200 y 2,250 m (estaciones 3 a 5) zona II. Un tercer grupo que comprende a la estación correspondiente a la elevación continental (estación 6) zona III. La zona abisal a más de 3,000 m de profundidad se dividió en dos grupos: la zona IV planicie abisal norte (estaciones 9 a 10) y un quinto grupo ubicado más al sur (estaciones 7 y 8) zona V: planicie abisal sur. (Tabla 1) Esta zonación se aplica al presentar los resultados de este estudio.

Se aplicó un análisis exploratorio de datos con el objeto de expresar los resultados gráficamente en diagramas de caja y bigote que ejemplificaran diferencias a lo largo del gradiente batimétrico las cuales fueron confirmadas posteriormente con un análisis de varianza (ANOVA). Un análisis de correlación múltiple permitió establecer la relación entre la variabilidad de la densidad y biomasa con los parámetros ambientales del sedimento superficial (tamaño de grano, %N_{org}, %C_{org}, m.o), del agua de fondo (temperatura y concentración de oxígeno disuelto) y pigmentos en columna de agua a lo largo del gradiente batimétrico. Se empleó para aplicar estas pruebas el paquete estadístico STATISTICA, versión 5.

Resultados

Caracterización ambiental

Los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos se resumen en la tabla 2, describiendo a continuación los perfiles y sus tendencias reconocidas.

Temperatura: La temperatura disminuyó del reborde continental (0.2 km) hacia la zona abisal (>3. km). El intervalo de temperatura de fondo fue de 19.5°C a 4°C en la zona abisal (Figura 2a); la correlación entre la temperatura y la profundidad fue inversa ($r=-0.89$).

Salinidad: Esta permaneció casi constante en toda el área de estudio, con valores de 34.8 ups (Figura 2b). Con los parámetros de salinidad y temperatura se reconocieron las siguientes masas de agua: Común del Golfo de México (ÁCG), Intermedia Antártica (AIA) y Profunda del Nor-Atlántico (APNA) (Figura 2c).

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto de fondo fluctuó de 2.8 a 6.2 mg.L⁻¹. Los valores más altos se determinaron en la elevación continental, los menores en el reborde continental y en la planicie abisal permaneció constante en 6.0 mg.L⁻¹. Se observó una relación directa entre el oxígeno disuelto y la profundidad con un coeficiente de correlación ($r =0.89$) (Figura 3a)

Nitrógeno orgánico en sedimento: El contenido de nitrógeno orgánico en sedimento varió de 0.01 a 0.11%. Los valores más elevados corresponden a la localidad menos profunda (0.2 km), mientras que los más bajos se observaron en la elevación continental mientras que en la planicie abisal en promedio tuvo valores de 8.5 % (Figura 3b).

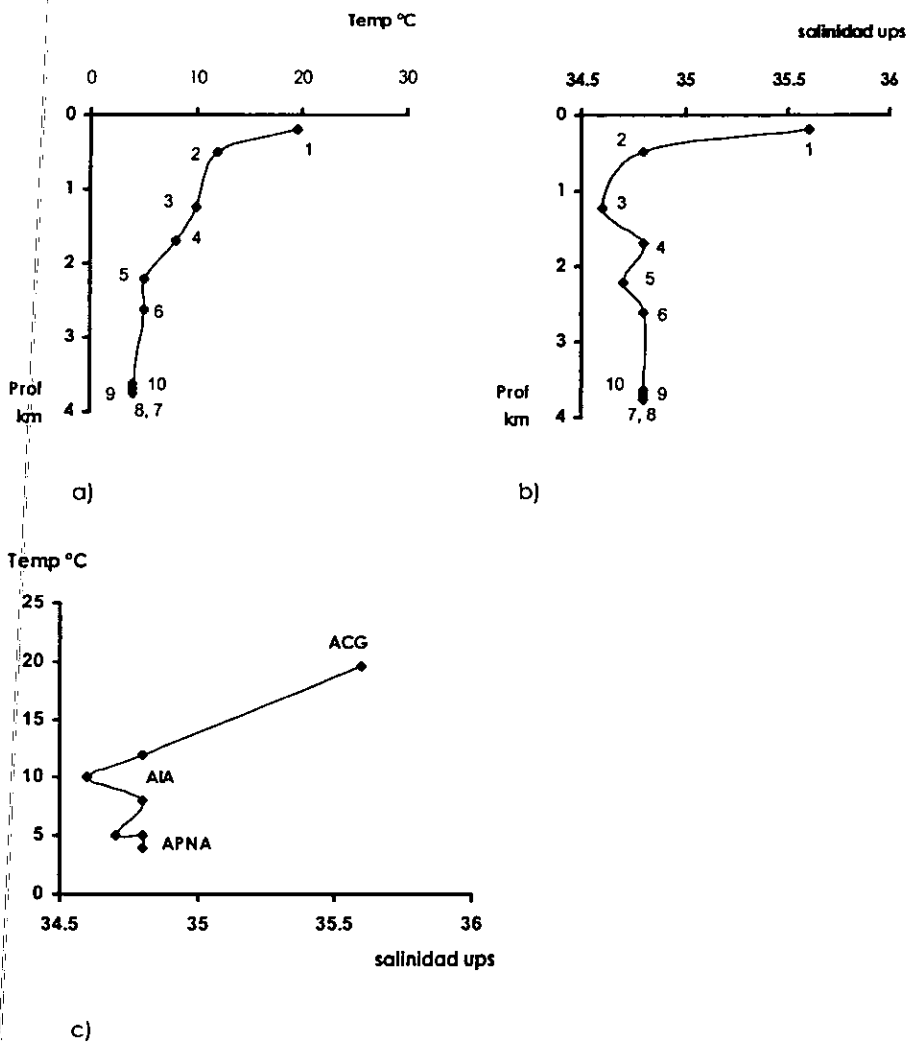


Figura 2. a) Variación de la temperatura con la profundidad, b) cambio de la salinidad con la profundidad, c) curva T-S para reconocer las diferentes masa de agua. Abreviaturas: ACG = Agua Común del Golfo, AIA = Agua Intermedia del Atlántico, APNA = Agua Profunda del Nor-Atlántico. Los números a un lado de marcadores indican la estación.

Carbono orgánico en sedimento: El contenido de carbono orgánico varió de 0.60% a 5.04%. El valor más elevados corresponde a la estación 2 (zona I, reborde continental y talud continental superior), y los más bajos se registraron en la zona II (talud continental inferior estaciones 3 a 5), en la planicie abisal los valores más altos se registraron en la zona V (planicie abisal sur, estaciones 7 y 8) en la zona IV (planicie abisal norte, estaciones 9 a 10) los valores fluctuaron de 0.69 % a 1.80 %.

Clorofila en columna de agua: El máximo de clorofila ocurrió entre 80 y 125 m. Los valores más elevados (0.43 mg.L⁻¹) se registraron en la zona nerítica en la estación con profundidad de 498 m y el menor (0.17 mg.L⁻¹) en las estaciones oceánicas con profundidad > a 3,600 m. El máximo de clorofila mostró una relación inversa con el incremento de la distancia a la costa ($r = -0.92$) (Figura 3c).

Materia orgánica: El contenido de materia orgánica en el sedimento superficial fluctuó de 1.07 % a 1.53 % en el talud continental y la planicie abisal; en la zona I se obtuvo el valor más bajo (0.92 %; talud continental superior) y el más alto (1.68 %; reborde continental) (Figura 3d).

Tamaño de grano: La composición de tamaño de grano incluyó lodos en un 86.0 y 99.6%, solamente el reborde continental mostró una cantidad de arenas mayor con 44.1%. La tendencia que mostró con la distancia a la costa fue un incremento en la proporción de lodos (Figura 3e).

Tabla 2. Parámetros ambientales del área de muestreo. Abreviaturas Prof: Profundidad; Temp: Temperatura de fondo; Sal: Salinidad de fondo; O.D.: Concentración de oxígeno disuelto de fondo; %N: Nitrógeno orgánico en sedimento; % C: Carbono orgánico en sedimento; C/N: Relación Carbono/Nitrógeno; Chl: Concentración del máximo de clorofila-a en columna de agua; % M.O: Contenido de materia orgánica en sedimento. Tomado de Hernández (1999)

Estación	Prof m	Temp °C	Sal ups	OD mg.L ⁻¹	%N	%C	C/N	Chl-a mg.L ⁻¹	MO %	arenas %	lodos %
1	200	19.5	35.6	2.8	0.11	0.99	9.0	0.42	1.68	0.40	99.60
2	498	12	34.8	3.0	0.06	5.04	84.0	0.43	0.92	44.07	55.93
3	1231	10	34.6	4.2	0.10	0.71	7.1	0.35	1.53	1.28	98.72
4	1698	8	34.8	5.8	0.09	0.63	7.0	0.31	1.30	3.24	96.76
5	2220	5	34.7	4.8	0.08	0.60	0.5	0.27	1.22	1.05	98.95
6	2620	5	34.8	6.2	0.01	0.72	72.0	0.23	1.53	2.69	97.31
9.1	3600	4	34.8	6.0	0.09	1.66	18.4	0.17	1.38	2.83	97.17
9.2	3620	4	34.8	6.0	0.09	1.06	11.8	0.17	1.30	6.23	93.77
9.3	3635	4	34.8	6.0	0.08	1.20	15.0	0.17	1.22	3.12	96.88
9.4	3650	4	34.8	6.0	0.09	1.80	20.0	0.17	1.38	2.93	97.07
9.5	3690	4	34.8	6.0	0.09	0.69	7.67	0.17	1.38	3.76	96.24
10	3700	4	35.9	6.0	0.09	0.93	10.3	0.19	1.38	5.19	94.81
7	3760	4	34.8	6.0	0.07	3.01	43.0	0.23	1.07	7.98	92.02
8	3760	4	36.2	5.6	0.08	3.13	39.1	0.21	1.22	13.68	86.32

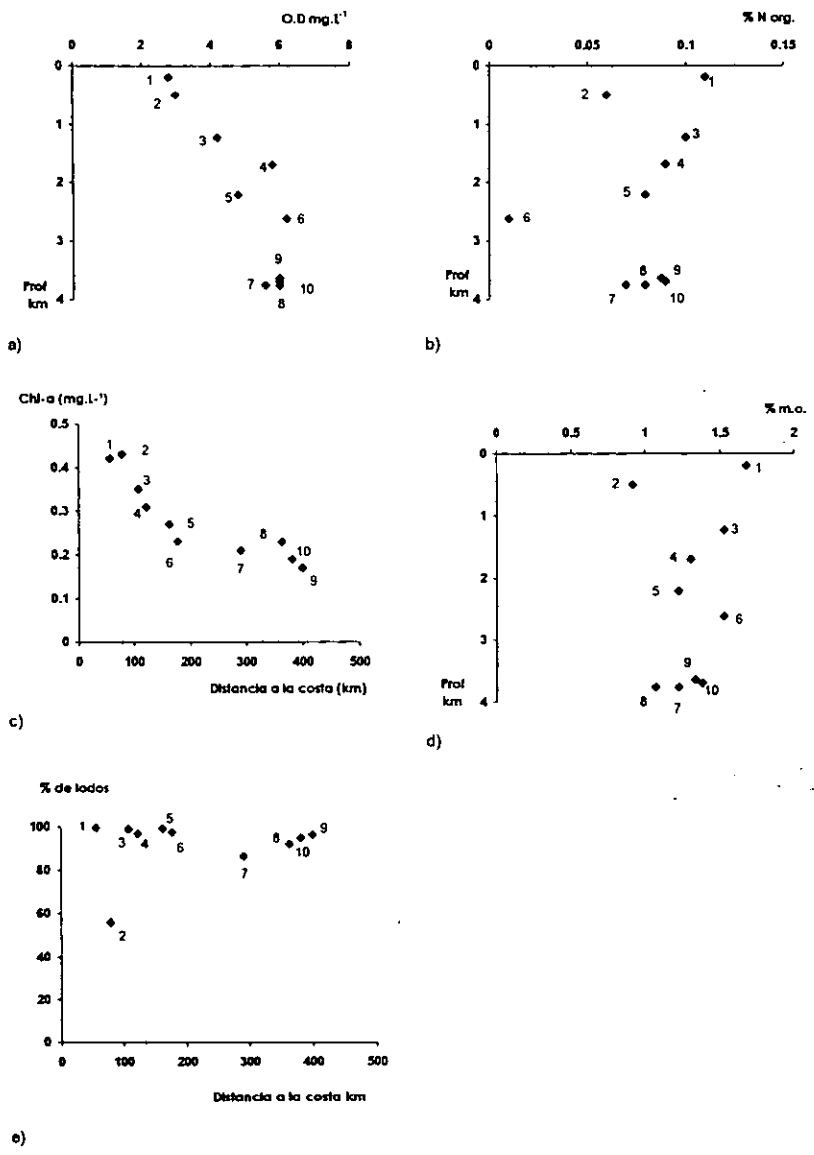


Figura 3. Variación de los parámetros físico-químicos con la profundidad, en el sector occidental del Golfo de México. a) oxígeno disuelto (mg.L⁻¹) de fondo, b) % de nitrógeno orgánico en sedimento, c) concentración de clorofila-a (mg.L⁻¹) en columna de agua y su variación con la distancia a la costa, d) % de materia orgánica en sedimento, e) % de lodos y su variación con la distancia a la costa. Los números a un lado de los marcadores indican la estación.

Composición taxonómica

El análisis de la composición taxonómica permitió reconocer un total de 24 taxa, agrupados en 13 phyla (Tabla 3). El número de taxa varía en el gradiente de profundidad, con los valores más bajos en el talud continental inferior (estaciones 3 a 5) con 6 ó 7 taxa y se incrementa hacia el reborde continental y el talud continental superior (estaciones 1 y 2) con 10 y 13 taxa respectivamente, en la elevación continental (estación 6) con 12 taxa, en la planicie abisal (estaciones 8 a 10) con valores de 10 a 15 taxa presentando un máximo (estación 7) con 19 taxa (Tabla 4, figura 4).

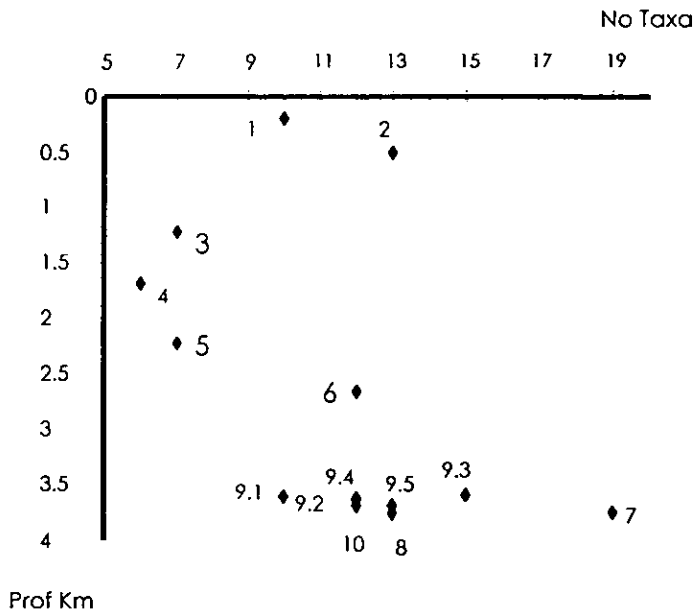


Figura 4. Variación de la riqueza taxonómica de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Los números a un lado de los marcadores indican el número de estación.

Tabla 3. Clasificación taxonómica según Brusca & Brusca (1990) de los grupos encontrados de meiofauna en el sector occidental del Golfo de México.

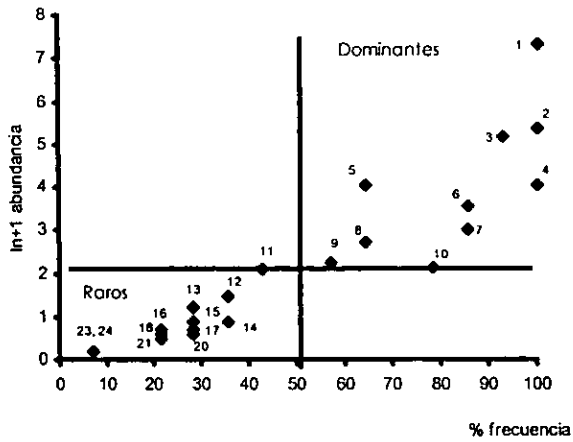
Phylum	Subphylum	Superclase	Clase	Subclase	Superorden	Orden	Nombre común
Sarcomastigofora	Sarcodina	Rhizopoda	Granuloreticulosa			Foraminifera	Foraminífero
Cnidaria			Hydrozoa				Hidrozoarios
Platyhelminthes			Turbellaria				Turbelario
Priapula							Priapulido
Annelida			Polychaeta				Poliqueto
Tardigrada							Tardígrado
Ectoprocta			Briozoa				Briozoario
Kinorhyncha			Kinorinca				Kinorinco
Sipuncula			Sipunculida				Sipuncúlido
Nematoda			Nematoda				Nemátodo
Mollusca			Gastropoda				Gasterópodo
			Bivalvia				Bivalvo
			Scaphopoda				Escafópodo
Echinodermata			Holoturida				Holoturida
			Echinoideo				Equinodermo
Arthropoda			Picnogonida				Picnogónido
	Crustacea		Cephalocarida				Cefalocárido
			Maxillopoda	Ostracoda			Ostrácodo
				Copepoda		Harpacticoida	Copépodo
			Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Cumacea	Cumáceo
						Tanaidacea	Tanaidáceo
						Isopoda	Isópodo
						Amphipoda	Anfípodo
							Decápodo

Se reconocieron como grupos dominantes (90 al 100% de frecuencia) a los foraminíferos, anélidos, nemátodos y copépodos harpacticoides; dentro de los taxa dominantes con una frecuencia <90% y >60% estuvieron los briozoarios, hidrozoarios, bivalvos, ostrácodos, y anfípodos. Los turbelarios, priapulidos, tardígrados, kinorincos, sipuncúlidos, gasterópodos, escafópodos, holoturias, equinodermos, picnogónidos, cefalocáridos, cumáceos, tanaidáceos, isópodos y decápodos constituyeron el conjunto de taxa raros. (Figura 5a).

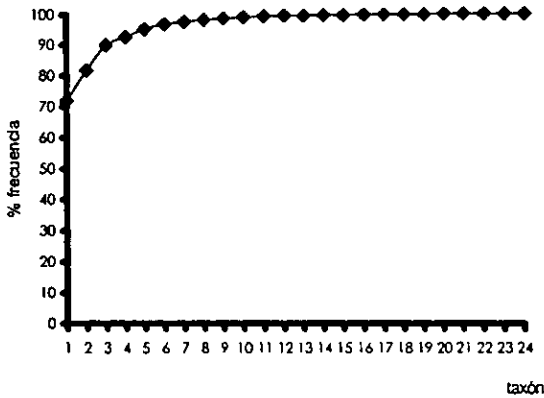
Los nemátodos, copépodos, foraminíferos, anélidos y briozoarios constituyeron el 95% de la frecuencia total para el área de estudio. De éstos los nemátodos aportaron, en promedio, con 76.6% (Figura 5b)

Tabla 4. Riqueza taxonómica, promedio y desviación estándar (d.e) de la densidad (en ind.m⁻²), de la meiofauna, en las localidades muestreadas en el sector occidental del Golfo de México. Abreviatura: Prof = profundidad.

Estación	Prof (Km)	Taxa	Media (d.e)	Zona batimétrica
1	0.200	10	218,182 (48,756)	I Reborde continental
2	0.498	13	208,485 (128,455)	I Talud continental superior
3	1.231	7	9,394 (9,666)	II Talud continental inferior
4	1.698	6	22,424 (34,374)	" "
5	2.220	7	10,909 (9,784)	" "
6	2.662	12	177,273 (71,437)	III Elevación continental
9.1	3.620	10	370,030 (35,446)	IV Planicie abisal norte
9.2	3.650	12	360,606 (185,630)	" "
9.3	3.600	15	160,000 (217,410)	" "
9.4	3.635	12	313,636 (108,278)	" "
9.5	3.690	13	231,818 (126,299)	" "
10	3.700	12	259,697 (118,218)	" "
8	3.760	13	467,879 (170,788)	V Planicie abisal sur
7	3.760	19	416,061 (324,786)	" "



a)



b)

Figura 5. a) Caracterización de los grupos taxonómicos por su frecuencia y abundancia. b) Porcentaje acumulativo de abundancia promedio de los taxa encontrados.

Los números representan a los taxa.

1= Nemátodos, 2= Crustáceos, 3= Foraminíferos, 4= Anélidos, 5= Briozoarios, 6= Ostrácodos, 7= Hidrozoarios, 8= Anfípodos, 9= Kinomincos, 10= Bivalvos, 11= Escafópodos, 12= Gasterópodos, 13= Priapúlidos, 14= Tanaidáceos, 15= Isópodos, 16= Cumáceos, 17= Equinoideos, 18= Sipuncúlidos, 19= Picnogónidos, 20= Turbelarios, 21= Holoturias, 22= Tardígrados, 23= Cefalocáridos, 24= Decápodos.

Densidad.

La densidad promedio (Tabla 4), varió de 9,303 a 467,878 ind.m⁻². Los valores más bajos ($14,242 \pm 7,126$ ind.m⁻²) se registraron sobre el talud continental inferior, estaciones 3 a 5, y mostraron diferencias significativas con respecto al resto de las estaciones ($p < 0.05$). Los valores más altos ($322,466 \pm 160,857$ ind.m⁻²) se registraron en la zona abisal; el reborde continental y el talud continental superior mostraron valores de densidad equivalentes a los más bajos reconocidos en la zona abisal (Figura 6). Algunas de las estaciones de la zona abisal mostraron diferencias significativas entre sí (véase E 9.3 con respecto a E 9.1 y E 9.2 y con respecto a E8; $p < 0.05$), observándose un patrón parabólico del cambio de la densidad con respecto a la profundidad. La mayor contribución a la densidad de la comunidad, fue la de los nemátodos, con 56.5% al 82.4%; los copépodos harpacticoides fueron los segundos en importancia cuyos valores representaron de 6.0 a 14.9 % del total de la densidad exceptuando la estación 3 donde los hidrozoarios fueron los que mayormente aportaron con 32.3%, seguido por los copépodos con 25.8% y los nemátodos con 22.6%.

El taxón dominante en densidad fue, para las cinco zonas batimétricas, el de nemátodos (8,485 –331,969 ind.m⁻²), el segundo en importancia fue a lo largo del transecto el de los copépodos (2,222 a 47,878 ind.m⁻²), este patrón no se apreció en la zona III donde los copépodos fueron reemplazados por los foraminíferos (454 a 42,424 ind.m⁻²). Los anélidos poliquetos constituyeron el tercer grupo (1,111 a 6,464 ind.m⁻²) de mayor densidad en las zonas I y II, que fueron reemplazados por los foraminíferos en las zonas III, IV y V, donde los poliquetos ocuparon el cuarto lugar en densidad (Figura 7).

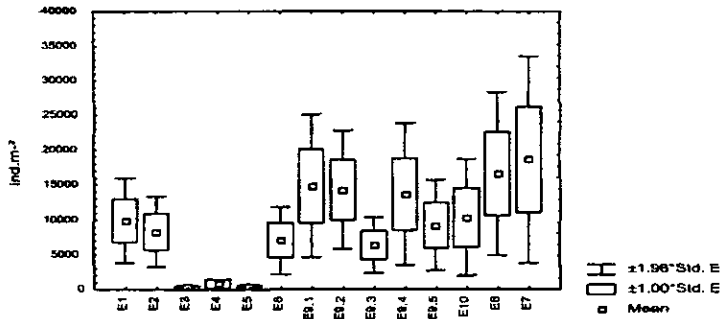


Figura 6 Variación de la densidad (ind.m⁻²) a lo largo del gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México. Las abreviaturas E# indican el número de localidad muestreada.

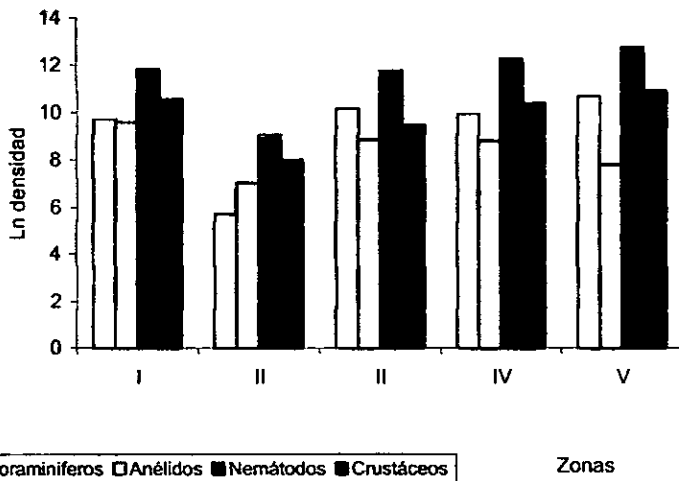
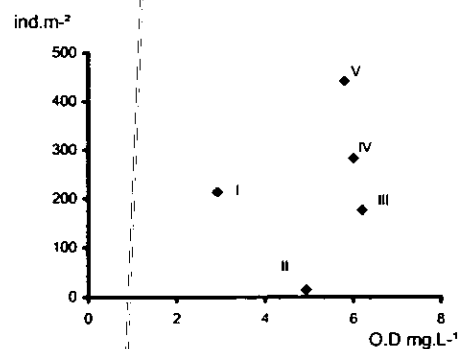
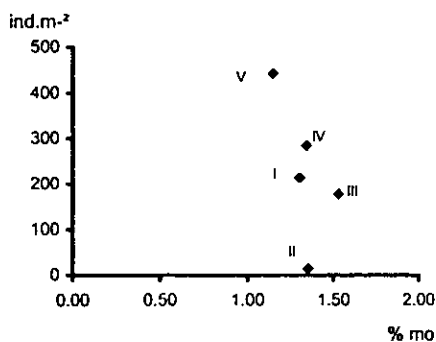


Figura 7 Densidad (ind.m⁻²) expresada en logaritmo natural por zona batimétrica para los grupos dominantes de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Números romanos significan: I =Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur

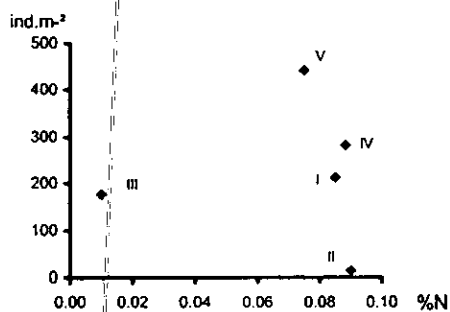
Ninguno de los grupos taxonómicos presentó un patrón específico de cambio con respecto a la profundidad. Al analizar la densidad con los diferentes parámetros físico-químicos no se observó una relación significativa con ninguno de ellos (Figura 8 a-d).



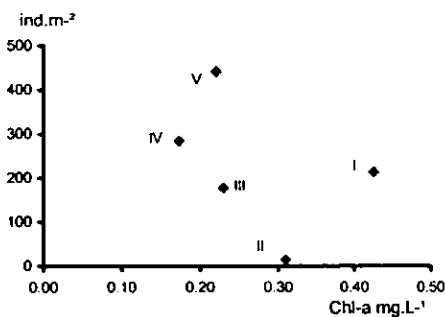
a)



b)



c)



d)

Figura 8. Relación de la densidad por zona con respecto a la variación de a) oxígeno disuelto (mg.L⁻¹); b) % de nitrógeno orgánico en sedimento, c) % de materia orgánica en sedimento y d) la concentración de clorofila-a (mg.L⁻¹) en columna de agua. Números romanos significan: I =Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur.

Biomasa

Al igual que la densidad, los valores de biomasa mostraron un patrón parabólico por zona batimétrica ya que tendieron a disminuir en el talud continental inferior para nuevamente aumentar hacia la planicie abisal. Los valores más bajos ($n=15$, 0.008 ± 0.05 $gC.m^{-2}$) se registraron en el talud continental inferior, (zona II) mientras que en la planicie abisal sur (zona V) se obtuvieron los valores más elevados ($n=10$; $0.124 gC.m^{-2} \pm 0.06$) (Figura 9). Las diferencias fueron significativas entre el talud continental inferior (zona II) y las otras cuatro zonas batimétricas ($n=15,55$ $p<0.005$). Entre el reborde continental (zona I) y la elevación continental (zona III) se reconoció así mismo diferencias significativas, al igual que entre esta y la planicie abisal sur (Zona V) (Tabla 5)

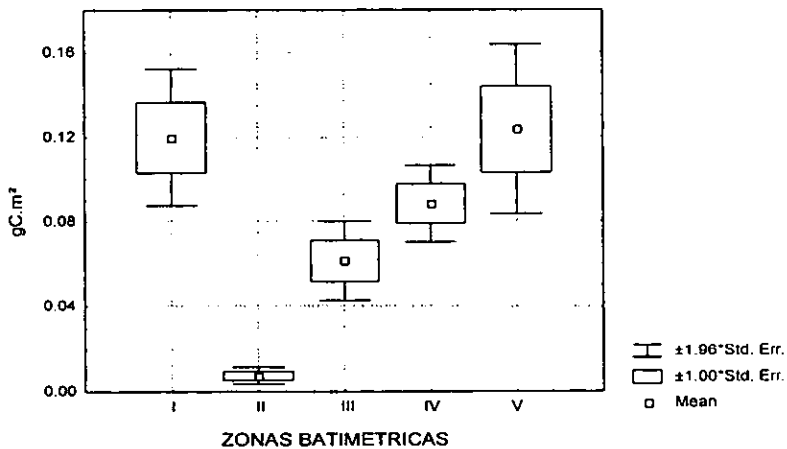


Figura 9. Variación de la biomasa en $gC.m^{-2}$ por zona batimétrica en el sector occidental del Golfo de México. Números romanos significan: I=Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur.

Tabla 5. ANDeVA de la biomasa (gC.m⁻²), por zona batimétrica en el sector occidental de Golfo de México. Los asteriscos muestran que existe una diferencia significativa. : I =Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur.

ZONA		I	II	III	IV	V
	Media (d:e) n, n-2	0.117 (0.047)	0.008 (0.008)	0.061 (0.019)	0.086 (0.049)	0.124 (0.066)
I	10, 8		0.000134*	0.292208	0.554974	0.996040
II	15, 13	0.000134*		0.345640	0.000213*	0.000129*
III	5, 3	0.292208	0.345640		0.897139	0.181676
IV	30, 28	0.554974	0.000213*	0.897139		0.334997
V	10, 8	0.996040	0.000129*	0.181676	0.334997	

En cada una de las cinco zonas los taxa crustáceos, nemátodos, poliquetos y foraminíferos fueron dominantes. La proporción varió en cada una de las zonas y se describe a continuación el patrón observado.

Zona I (Reborde continental y Talud continental superior) el 40.1 % de la biomasa fue aportada por los crustáceos, el 28.0 % por los anélidos poliquetos, el 25.9 % por los nemátodos, el 4.9 % por los foraminíferos, el 1.1 % restante lo aportaron en conjunto los taxa raros presentes en esta zona (priapulidos, briozoarios, kinorincos, sipuncúlidos y picnogónidos) (figura 10a).

En la zona II (Talud continental inferior) los crustáceos aportaron el 41.9 %, los anélidos poliquetos el 31.6 % los nemátodos el 21.5 %, los foraminíferos el 1.1 %, un 2.8 % fue aportado por hidrozooarios y el 1.1 % restante fue una contribución conjunta de los kinorincos y moluscos (figura 10b).

En la zona III (Elevación continental) los crustáceos aportaron el 12.3 %, los anélidos poliquetos el 25.1 %, los nemátodos el 45.1 %, los foraminíferos el 14.1 %, los turbelarios, priapulidos, tardígrados, briozoarios, hidrozooarios y equinodermos aportaron en conjunto el 3.4 % restante (figura 10c).

En la zona IV (Planicie abisal norte) se observó que los crustáceos aportaron 21.8%, los anélidos 16.0%, los nemátodos 51.4% los foraminíferos el 7.5% restante y en conjunto los priapulidos, tardígrados, briozoarios, kinorincos, sipuncúlidos, hidrozoarios, moluscos y equinodermos constituyeron el 3.3 % restante (figura 10d).

Para la zona V (Planicie abisal sur) se obtuvieron los valores siguientes el 23.4 % fue de los crustáceos, los anélidos aportaron el 4.4%, los nemátodos el 59.1 %, los foraminíferos el 11.4 %, y el 1.7 % restante lo aportaron los turbelarios, briozoarios, kinorincos, hidrozoarios, moluscos, equinodermos y picnogónidos en conjunto (figura 10e).

La tendencia general fue un predominio de crustáceos seguido por anélidos poliquetos sobre el talud continental que fue reemplazado por los nemátodos en la zona de elevación continental y en planicie abisal. Los foraminíferos mostraron un incremento en estas dos zonas reemplazando a los anélidos en la Planicie abisal sur (PAS). Es interesante hacer notar que un número mayor de taxa representa el conjunto de taxa raros en la PAS. A menor profundidad son cuatro los grupos dominantes y sólo un quinto (hidrozoarios) aparece con abundancia limitada.

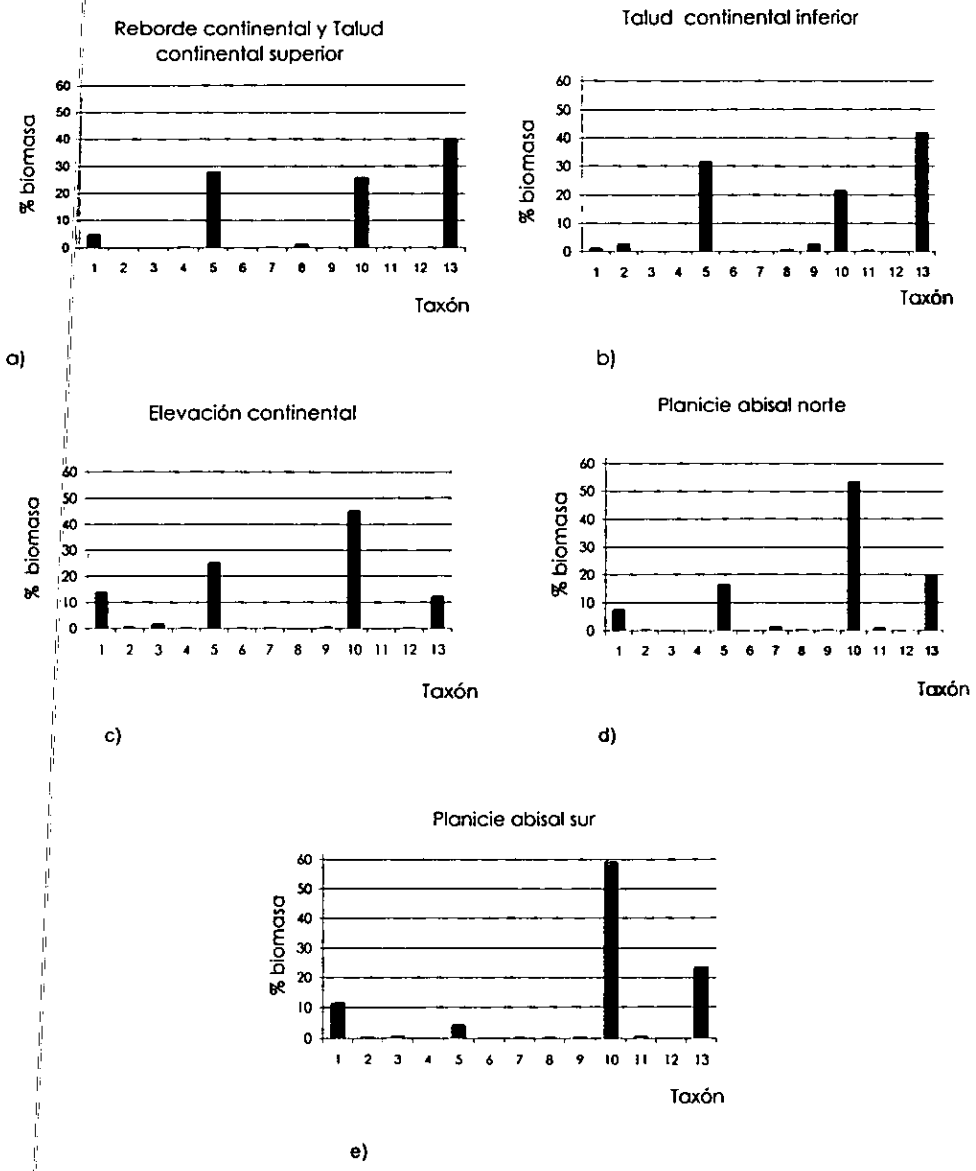


Figura 10. Porcentaje de la biomasa (gC.m⁻²) por taxa por zona batimétrica en la meiofauna del sector occidental del Golfo de México a) zona I= Reborde y talud continental superior, b) zona II= Talud continental inferior, c) zona III= Elevación continental, d) zona IV= Planicie abisal norte, e) zona V= Planicie abisal sur. Números indican a los taxa. 1= Foraminíferos, 2= Hidrozoarios, 3= Turbellarios 4= Priapulidos, 5= Poliquetos, 6= Tardígrados, 7= Briozoarios, 8= Kinorincos, 9= Sipuncúlidos, 10= Nemátodos, 11= Moluscos, 12= Equinoideos, 13= Crustáceos.

La biomasa de la meiofauna promediada por zona mostró una relación significativa con el porcentaje de carbono orgánico ($r=0.88$, $p<0.05$). Con el resto de los parámetros ambientales no hubo una relación significativa (Figura 11 a-d).

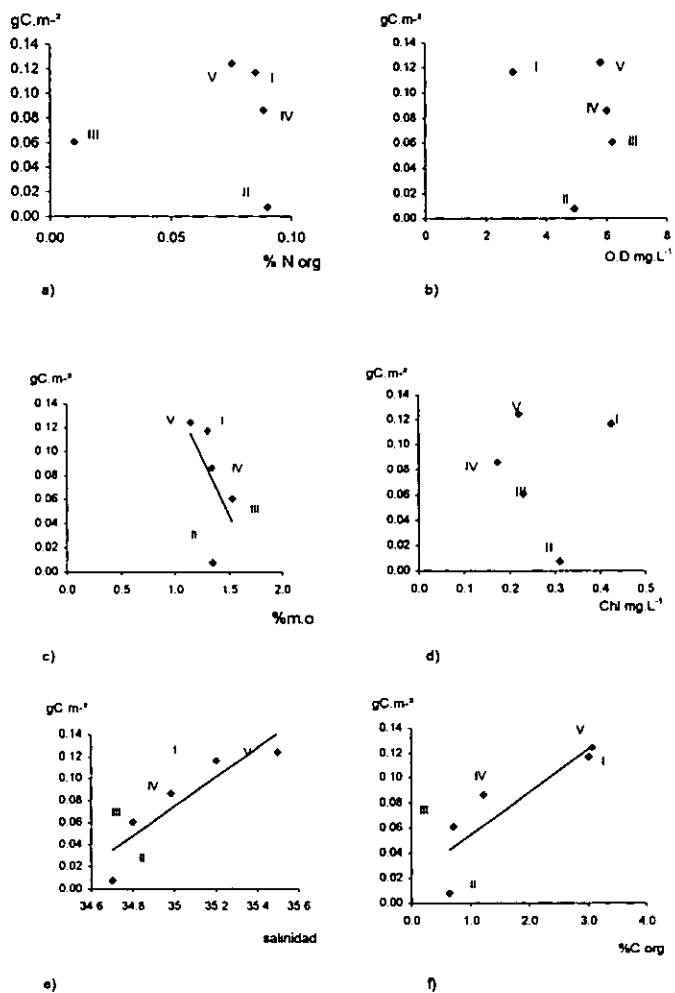
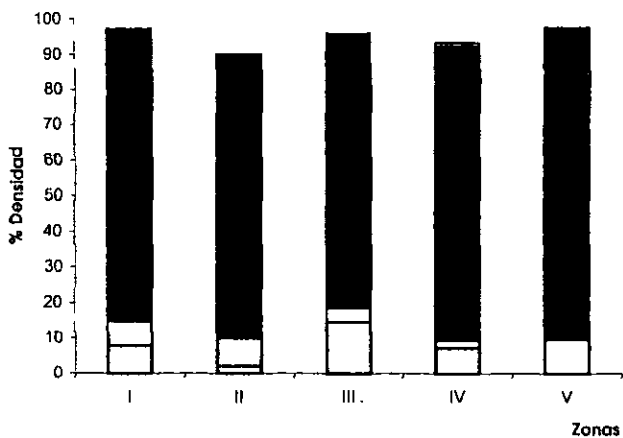


Figura 11. Relación de los diferentes parámetros físico-químicos con la biomasa de la meiofauna a) % de nitrógeno orgánico en sedimento, b) concentración de oxígeno disuelto (mg.L⁻¹) de fondo, c) % de materia orgánica en sedimento, d) concentración de clorofila-a (mg.L⁻¹) en columna de agua, e) salinidad de fondo, f) % de carbono orgánico en sedimento. Números romanos significan: I =Reborde continental y talud continental superior, II = Talud continental inferior, III = Elevación continental, IV = Planicie abisal norte, V = Planicie abisal sur.

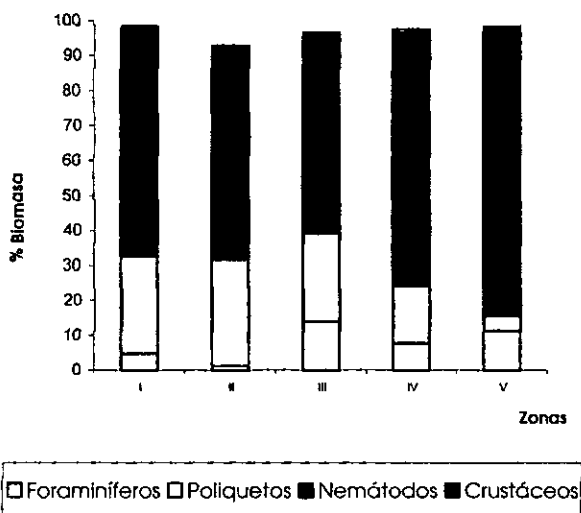
Al comparar los valores de la densidad por phyla y por zona se observó que existe un patrón diferente al observado con los valores de la biomasa (Figura 12 a y b). En general la tendencia que se observó del porcentaje de biomasa aportado por los crustáceos y anélidos poliquetos fue de disminuir con la profundidad, mientras que el de los foraminíferos es de disminuir en el talud continental y aumentar en la planicie abisal. El patrón de los nemátodos fue aumentar con la profundidad. De igual forma se presentó un aporte mayor en conjunto de los grupos raros lo cual se relacionó con que en la zona abisal se presente una mayor cantidad de grupos taxonómicos y refleje una diversidad potencial mayor.

Los foraminíferos mostraron un patrón muy parecido en la variación con el gradiente batimétrico tanto en el porcentaje de densidad como en el porcentaje de biomasa.

La densidad para las cinco zonas estuvo compuesta en su mayoría por los nemátodos, también se puede ver que en la zona II donde disminuyen los nemátodos y foraminíferos se presenta un aumento de crustáceos y poliquetos, siendo más evidente en los primeros.



a)



b)

Figura 12. Patrón de cambio de a) densidad expresada en por ciento de los valores ind.m² y b) biomasa expresada como por ciento de los valores gC.m² por zona batimétrica de los grupos dominantes (>90% de frecuencia) de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Zonas I= Reborde y talud continental superior, II= Talud continental inferior, III= Elevación continental, IV= Planicie abisal norte, V= Planicie abisal sur

Discusión

La composición taxonómica encontrada en este estudio es consistente a lo encontrado tanto en el Golfo de México como en otras regiones del mundo ya que la mayoría de los trabajos (Escobar *et al.*, 1997; Snider *et al.*, 1984; Richardson y Young, 1987, Dahl *et al.*, 1976; Thiel, 1979) mencionan que los nemátodos constituyen del 70 al 90% de la abundancia de la meiofauna, siendo altamente especializados en su alimentación (Tietjen, 1984). Los copépodos harpacticoides son otro de los grupos que siempre están presentes y son componentes característicos de la meiofauna del mar profundo (Tietjen, 1984; Richardson y Young, 1987). Otro taxón importante es el de los foraminíferos, aunque éstos frecuentemente, por su fragilidad, son difíciles de cuantificar y tienden a ser subvaluados (Shirayama, 1984) en particular las formas aglutinantes.

La concentración de oxígeno disuelto es un factor relevante para la persistencia y estructuración de la comunidad bentónica. Autores como Elmgren (1975) y Art *et al.* (1982) han reconocido que la biomasa y abundancia de la meiofauna cambia en relación al gradiente de oxígeno. Los nemátodos y los poliquetos tienen un intervalo mayor de tolerancia a la baja concentración de oxígeno disuelto, mientras que los copépodos son menos tolerantes a éstas (Murrel y Fleeger, 1989). Esto se puede observar en los valores de densidad, en la zona I donde se presentan los valores más bajos de oxígeno disuelto hay una menor proporción de copépodos, al incrementarse la concentración de oxígeno en la zona II aumenta la proporción de copépodos, asociado a esto se observa una disminución de nemátodos.

En la zona abisal encontramos el doble de densidad que en el reborde continental y en el talud continental superior, sin embargo, la biomasa mostró valores muy semejantes. Esto se debe a que el aporte mayor de biomasa en el reborde y talud continental superior es generado por los crustáceos (copépodos harpacticoides) los

cuales tienen un porcentaje mayor de carbono orgánico (Rowe, 1983) y presentan tallas mayores en comparación a los nemátodos que son el aporte principal de carbono orgánico en la zona abisal.

Al comparar los valores de densidad y biomasa de este estudio con los reportados por Falcón (1998) y Salas (2001) sobre el talud continental superior se observó que son tres ordenes de magnitud mayor en el área de estudio, para el talud inferior son de la mitad y en la zona abisal son 7 veces mayor que en la Bahía de Campeche (Tabla 6) lo anterior se puede deber a que son fondos más eutroficados. Las características del sedimento (composición, textura y contenido de materia orgánica) son factores determinantes en la composición y estructura de la comunidad de meiofauna. Cuando el sedimento es más homogéneo permite que la diversidad de la comunidad pueda ser mayor (Etter y Grassle, 1992) y juega un papel importante en el número de especies. Es, así mismo, aunado a las interacciones biológicas un factor que influye potencialmente en la diversidad de especies en el mar profundo. Los resultados obtenidos por Escobar *et al.*, (1997) en un estudio comparativo del reborde y talud continental, entre la zona ferrígena (Tamaulipas) y la carbonatada (Yucatán), confirmaron una mayor densidad y biomasa en la zona ferrígena que en la carbonatada, que se vinculó al tipo de sedimentos y a la compleja hidrodinámica de las regiones.

Los valores obtenidos de densidad y biomasa en el presente estudio muestran consistencia al ser comparados con valores obtenidos por autores como Levin y Thomas (1989) en otras regiones tropicales del océano mundial. En contraste a los encontrados por Soltwedel (1997) en la costa oeste africana que representan la mitad a los encontrados en este estudio (Tabla 6). Aunque en general el patrón observado en este estudio es diferente al reconocido en otros estudios tanto para el Golfo de México como en otras regiones del mundo, patrón que se ha atribuido a la variabilidad en escala espacial pequeña.

Tabla 6. Datos comparativos de densidad y biomasa de la meiofauna en diversas zonas del Golfo de México y otras regiones del océano mundial tropical. Abreviaturas: d= sin dato T.I Talud Interior, T.S Talud Superior.

	Localidades	Profundidad (m)	Densidad (ind.m ²)	Biomasa (gC.m ²)	Referencia
Golfo de México					
Noroeste	Frente a Galveston	535	190	0.169	Cruz-Kaegi
	Sureste de Galveston	140	519,000-896,000	0.134-0.221	Gettleson, (1976)
	Talud de Tamaulipas	170- 540	1,031,000-2,725,000	0.177-0.453	Escobar <i>et al</i> (1997)
	T.S. de Tamaulipas	200 - 498	213,333	0.117	Este estudio
	T.I. de Tamaulipas	1231- 2220	14,242	0.008	" "
	Elevación continental	2620	177,273	0.061	" "
	Planicie Abisal Norte	3600-3700	283,131	0.086	" "
	Planicie Abisal Sur	3760	441,970	0.124	" "
Sureste	Talud de Yucatán	200-528	229-589	0.055-0.102	Escobar <i>et al</i> (1997)
Suroeste	Bahía de Campeche	<400	87,862	0.741	Falcon (1998)
	" "	<400	76,309	0.035	Salas (2001)
	" "	400-700	32,222	0.008	" "
	" "	700-1100	35,555	0.011	" "
	" "	1100-1500	30,370	0.007	" "
	" "	1500-2300	23,055	0.006	" "
Océano mundial					
Pacífico	Mar de Coral, Australia	700-1,100	1,370	s.d	Alongi y Pichon (198
	" "	1100-1500	17,790	s.d	" "
	" "	1,100-1,500	11,950	s.d	" "
	Pacífico central	1,500-2,300	5,140	s.d	Levin y Thomas (198
	" "	<400	2,866	s.d	" "
Atlántico	Guinea- Angola África	400-700	16,780	2.98 x10 ⁻⁴	Soltwedel (1997)
	" "	700-1,100	7,810	2.35 x10 ⁻⁴	" "
	" "	1,100-1,500	8,400	3.3 x10 ⁻⁴	" "
	" "	1,500-2300	7,340	1.48 x10 ⁻⁴	" "
	" "	700-1,100	7,750	1.17 x10 ⁻⁴	" "
	Mar Mediterráneo	1,500-2,300	1,470	1.48 x10 ⁻³	Danovaro <i>et al</i> (199

cuales tienen un porcentaje mayor de carbono orgánico (Rowe, 1983) y presentan tallas mayores en comparación a los nemátodos que son el aporte principal de carbono orgánico en la zona abisal.

Al comparar los valores de densidad y biomasa de este estudio con los reportados por Falcón (1998) y Salas (2001) sobre el talud continental superior se observó que son tres ordenes de magnitud mayor en el área de estudio, para el talud inferior son de la mitad y en la zona abisal son 7 veces mayor que en la Bahía de Campeche (Tabla 6) lo anterior se puede deber a que son fondos más eutroficados. Las características del sedimento (composición, textura y contenido de materia orgánica) son factores determinantes en la composición y estructura de la comunidad de meiofauna. Cuando el sedimento es más homogéneo permite que la diversidad de la comunidad pueda ser mayor (Elter y Grassle, 1992) y juega un papel importante en el número de especies. Es, así mismo, aunado a las interacciones biológicas un factor que influye potencialmente en la diversidad de especies en el mar profundo. Los resultados obtenidos por Escobar *et al.*, (1997) en un estudio comparativo del reborde y talud continental, entre la zona terrígena (Tamaulipas) y la carbonatada (Yucatán), confirmaron una mayor densidad y biomasa en la zona terrígena que en la carbonatada, que se vinculó al tipo de sedimentos y a la compleja hidrodinámica de las regiones.

Los valores obtenidos de densidad y biomasa en el presente estudio muestran consistencia al ser comparados con valores obtenidos por autores como Levin y Thomas (1989) en otras regiones tropicales del océano mundial. En contraste a los encontrados por Soltwedel (1997) en la costa oeste africana que representan la mitad a los encontrados en este estudio (Tabla 6). Aunque en general el patrón observado en este estudio es diferente al reconocido en otros estudios tanto para el Golfo de México como en otras regiones del mundo, patrón que se ha atribuido a la variabilidad en escala espacial pequeña.

Tabla 6. 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 T.I Talud inferior, T.S Talud Superior.

	Localidades	Profundidad (m)	Densidad (ind.m ²)	Biomasa (gC.m ²)	Referencia
Golfo de México					
Noroeste	Frente a Galveston	535	190	0.169	Cruz-Kaegi
	Sureste de Galveston	140	519,000-896,000	0.134-0.221	Gettleson, (1976)
	Talud de Tamaulipas	170- 540	1,031,000-2,725,000	0.177-0.453	Escobar <i>et al</i> (1997)
	T.S. de Tamaulipas	200 - 498	213,333	0.117	Este estudio
	T.I. de Tamaulipas	1231- 2220	14,242	0.008	" "
	Elevación continental	2620	177,273	0.061	" "
	Planicie Abisal Norte	3600-3700	283,131	0.086	" "
	Planicie Abisal Sur	3760	441,970	0.124	" "
Sureste	Talud de Yucatán	200-528	229-589	0.055-0.102	Escobar <i>et al</i> (1997)
Suroeste	Bahía de Campeche	<400	87,862	0.741	Falcon (1998)
	" "	<400	76,309	0.035	Salas (2001)
	" "	400-700	32,222	0.008	" "
	" "	700-1100	35,555	0.011	" "
	" "	1100-1500	30,370	0.007	" "
	" "	1500-2300	23,055	0.006	" "
Océano mundial					
Pacífico	Mar de Coral, Australia	700-1,100	1,370	s.d	Alongi y Pichon (198
	" "	1100-1500	17,790	s.d	" "
	" "	1,100-1,500	11,950	s.d	" "
	Pacífico central	1,500-2,300	5,140	s.d	Levin y Thomas (198
	" "	<400	2,866	s.d	" "
Atlántico	Guinea- Angola África	400-700	16,780	2.98 x10 ⁻⁴	Soltwedel (1997)
	" "	700-1,100	7,810	2.35 x10 ⁻⁴	" "
	" "	1,100-1,500	8,400	3.3 x10 ⁻⁴	" "
	" "	1,500-2300	7,340	1.48 x10 ⁻⁴	" "
	" "	700-1,100	7,750	1.17 x10 ⁻⁴	" "
	Mar Mediterráneo	1,500-2,300	1,470	1.48 x10 ⁻³	Danovaro <i>et al</i> (199

En la zona de estudio, las Cordilleras Mexicanas y las corrientes de turbidez sobre el talud, pueden facilitar el transporte de materia orgánica dando inestabilidad al sustrato (Escobar *et al.*, 1997). Los sitios de exportación asociados a estructuras de mesoescala, como giros y sus fronteras son de gran importancia en la región como fue descrito por Rowe *et al.* (1974) para el sector norte del Golfo de México. La materia orgánica lábil, al ser la fuente de alimento de la mayoría de los grupos taxonómicos, modula la agregación de éstos en el fondo a lo largo del gradiente batimétrico. Durante mucho tiempo se ha asumido que el aporte de materia orgánica de origen continental en el mar profundo contribuye al incremento de la abundancia, estableciéndose una relación inversa con la distancia a la costa (Zenkevitch, 1961).

Un factor importante en la estructura de la comunidad bentónica son las interacciones biológicas, que influyen determinando los patrones de distribución de la diversidad y biomasa de la meiofauna (de Morais y Bodiou, 1984). El circuito microbiano del bentos está ligado directamente por la entrada de materia orgánica (producción primaria) derivada de la zona eufótica, así como de los exoesqueletos de organismos más grandes que son degradados por las bacterias respondiendo a este aporte de materia orgánica (Demings y Baross, 1993; Boetius *et al.*, 1996). La importancia de la meiofauna en el flujo de energía hacia los niveles tróficos superiores se ha reconocido como enlace entre este circuito microbiano y el bentos de tallas mayores (Kennedy, 1993).

La presencia de un flujo estacional de carbono orgánico puede ser de mayor importancia en la determinación de la estructura y forma de la comunidad bentónica que la magnitud del flujo total anual de materia orgánica hacia el fondo (Townsend y Cammen, 1988). Adicionalmente, la concentración de clorofila-a que se exporta de la capa eufótica se ve reflejada en el contenido de materia orgánica en el sedimento superficial. Al disminuir la productividad primaria, se reduce el material orgánico que se deposita. Los resultados apoyan lo propuesto anteriormente por Escobar y Soto (1997)

quienes mostraron que el contenido de materia orgánica es afectado por la hidrodinámica, la topografía del fondo, la textura del sedimento, la temperatura y el tiempo de residencia en la columna de agua. El transporte lateral y la advección del material terrígeno y detrito costero en forma de restos, de micro y macroalgas (Hicks, 1986) así como mudas de invertebrados constituyen una fuente rápida de materia y energía hacia el fondo creando un sistema dinámico de acoplamiento entre columna de agua y el fondo (Pfannkuche y Thiel, 1987).

Las variaciones estacionales del ingreso de material orgánico que se deposita en el fondo es reflejado en la trama alimentaria, los cuales afectan a los organismos más pequeños quienes presentan tasas altas de respiración y forrajeo, así los efectos de dichas variaciones son mayores que en los taxa de mayor talla (Rowe *et al*, 2001). En el Golfo de México se ha reconocido un retraso en tiempo de la señal que llega al fondo que es del orden de varias semanas entre el aumento de depositación de materia orgánica y un aumento en la biomasa de la comunidad bentónica. Así mismo se reconoce un retraso en cascada a lo largo de la red alimenticia que se sucede de bacterias (Deming y Baross, 1993), a meiofauna (Tietjen *et al*, 1989) de ésta a la macrofauna y posteriormente a la megafauna. La biomasa más elevada de la infauna (macrofauna y meiofauna) coincide en el tiempo con los valores mínimos de materia orgánica en el sedimento (Escobar y Soto, 1997).

Al encontrarse un patrón diferente al esperado en la zona abisal, se podría suponer la presencia de comunidades quimioautotróficas asociadas a infiltraciones frías; el aceite y el gas que se genera en éstas, migra continuamente de grandes profundidades en la corteza terrestre y es atrapado en el suelo marino. La producción primaria en estas comunidades está sostenida por bacterias quimioautotróficas que metabolizan el metano y otros componentes reductores (MacDonald y Joyce, 1997, Sassen, 1997), se han reconocido infiltraciones frías en el norte del Golfo de México, el

Escarpe de Florida (3,700 m) y el Cañon de Alaminos (2,020 m) (Nelson y Fisher, 2000).

Estas comunidades constituyen una fuente adicional de alimento a las comunidades bénticas, que genera una productividad elevada de bacterias y sostienen una biomasa elevada de invertebrados (Kennicutl *et al.*, 1988).

Así mismo Margalef (1980) menciona que se presenta una diversidad más alta en las comunidades bénticas que en las pelágicas. Buzas y Gibson (1969) reportan que la diversidad de poblaciones bénticas de foraminíferos del Atlántico occidental aumenta en el gradiente batimétrico presentando los siguientes valores: 1.44 hasta los 20 m, 2.89 de 100 a 2,000 m y 5 a 5,000 m. Este estudio concuerda con lo anterior, ya que se registró un número mayor de taxa en la planicie abisal.

En el mar profundo los valores de biomasa generalmente son bajos; lo que dificulta hacer comparaciones debido a los diferentes protocolos usados por cada investigador para evaluar la biomasa. En la mayoría de las ocasiones la comparación de los datos entre una región y otra de los estudios realizados en el Golfo de México (Cruz-Kaegi, 1992, Gettleson, 1976, Escobar, 1997) que se centran en zonas más someras hacen difícil las comparaciones de los resultados con los del presente estudio ya que las condiciones ambientales son distintas.

Conclusiones

- En el área de estudio se encontraron 24 taxa. La riqueza mayor se registró en la zona abisal con 14 taxa en promedio y un máximo de 19 taxa en la zona abisal sur; el valor menor de riqueza taxonómica se registró sobre el talud continental inferior con siete taxa. Los foraminíferos, poliquetos, nemátodos y copépodos harpacticoides fueron los taxa dominantes con una frecuencia >90% en todo el gradiente
- La tendencia de densidad que se observó en el gradiente batimétrico fue de un patrón parabólico con una disminución hacia el talud continental inferior (n=15) donde se presentan los valores promedio más bajos de $14,242 \pm 7,126 \text{ ind.m}^{-2}$, siendo mayores hacia el reborde continental (n=10) con valores promedio de $213,333 \pm 88,605 \text{ ind.m}^{-2}$ y en la zona abisal (n=40) fueron de $362,550 \pm 59,160 \text{ ind.m}^{-2}$. Estos valores se encuentran dentro del intervalo obtenido por otros investigadores en zonas equivalentes en otras regiones del océano mundial.
- El intervalo de los valores de la biomasa fue de 0.008 ± 0.008 a $0.124 \pm 0.066 \text{ (gC.m}^{-2}\text{)}$ mostró así mismo un patrón de variación parabólico de disminución hacia el talud para aumentar nuevamente hacia la zona abisal. Los valores reconocidos son similares a los encontrados sobre el reborde continental. La biomasa promedio detallada, por zona y por grupo, muestra un patrón diferente al de densidad.
- El grupo faunístico que contribuyó mayoritariamente con la biomasa fue el de los crustáceos en el reborde continental y talud continental, mientras que los nemátodos tendieron a aumentar a partir de la elevación continental (zona III) hacia la planicie abisal (zonas IV y V).

- La densidad de la meiofauna se correlacionó significativamente ($r= 0.58, p<0.05$) con la profundidad; con el resto de los parámetros no presentó una correlación significativa.
- La biomasa de la meiofauna mostró una correlación significativa con el porcentaje de carbono orgánico ($r= 0.59, p<0.05$); y al igual que la densidad no mostró una correlación significativa con ninguno de los otros parámetros ambientales.

Propuestas

Al conocer el patrón de distribución de los diferentes componentes del bentos en el Golfo de México y establecer los factores que determinan dicha distribución, este trabajo contribuye con las herramientas necesarias que permitirán desarrollar a futuro un modelo de funcionamiento o de flujo de energía para esta zona, lo cual es importante para poder evaluar el potencial pesquero o los efectos de los desechos industriales sobre la riqueza biológica y la biomasa en la zona.

Por otro lado es importante sugerir realizar estudios taxonómicos a nivel de familia o especies de los diferentes grupos que se presentan, que para el Golfo de México son prácticamente inexistentes. Esto permitiría caracterizar mejor la comunidad en cuanto a los procesos que la modifican en tiempo y espacio sus interacciones biológicas.

Literatura citada

(Formato: Ciencias Marinas)

- 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.
- Antoine, J.W. (1972) Structure of the Gulf of Mexico. In: Rezak, R. y Henry, V.J. (Eds.) *Contributions on the Geological and geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico*. Gulf Publishing Company, Houston. Pp1-34.
- 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 y C. L. Drake (eds), *The Geology of the Continental Margins*. Springer- Verlag, New York, pp 683-693.
- Artl, G.B., Muller, B., y Warnak, K. (1982) On the distribution of meiofauna in the Baltic Sea. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 670:97-111.
- Bedinger, C. A. (1981) Ecological investigations of petroleum production platforms in the central Gulf of Mexico. Vol 1 Part 6 Pollutant fate and effects studies. Report to Bureau of Land Management, Southwest Research Inst., San Antonio Texas, for contract No AA551-CT8-17. 527pp.
- Boetius, A., Scheibe, S., Tselepides A., y Thiel H. (1996) Microbial biomass and activities in deep sea sediments of the Eastern Mediterranean Trenches are benthic hotspots. *Deep-Sea Res.* 3(9):1939-1960.
- Bouma, H. A. (1972) Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of México In R Rezak y V. J Henry (eds.), *Contribution on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico*. Texas A & M University, Oceanography studies, Vol 3. Gulf Publ., Houston, Texas. Pp35-65.
- Brusca, R., y Brusca, G. (1990) *Invertebrate Zoology*. Sinauer Assoc. Inc. Pub. Sunderland , M.A. 922 pp.
- Buzas, M. A., y Gibson, T.G., (1969) *Science* 163:73-75
- Castañeda, O. (1996) *Contribución al conocimiento de la infauna del margen continental del Golfo de México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 80pp.

- Castillo F.D., y Lamshead, P.J. (1990) Revision of the genus *Elzalia*. Gerlach, 1957 (Nematoda: Xylidae), including three new species from and oil producing zone in the Gulf of Mexico, with a discussion of sibling species problem. Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Zool.), 56:63-71.
- Chitwood, B.C., y Timm, R.W. (1954) Free living nematodes of the Gulf of Mexico. In R.J. Livingston (ed.), Ecological Processes in Coastal and Marine Ecosystems. Plenum, New York pp313-216.
- Cruz-Kaegi, M.E. (1992) Microbial abundance and biomass in the sediments of the Texas-Louisiana shelf. M.S. Thesis Texas A&M University. 59pp.
- Dahl E., Laubier L., Sibuet M., y Stromberg J-O. (1976) Some quantitative results on benthic communities of the deep Norwegian Sea. Astarte 9:61-79.
- Dayton, P.K., y Hessler, R.R. (1972) Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep sea. Deep-Sea Res. 19:199-208.
- Deming, J.W., y Baross, J.A. (1993) The early diagenesis of organic matter: Bacterial Activity. Chapter 5. In: Organic Geochemistry. (Eds) Engel M.H. & Macko S.A. Plenum Press New York.
- de Bovée, F., Guidi, L.D., 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.
- Donavaro, R., Fabiano, M., Albertelli, G., y Croce, N. D., (1995) Vertical distribution of meiobenthos in bathyal sediments of the eastern Mediterranean Sea: Relationships with labile organic matter and bacterial biomasses. Mar. Ecol., 16(2):103-116.
- Elmgren, R. (1975) Benthic meiofauna as indicator of oxygen conditions in the northern Baltic proper. Merentutkimuslaitoksen Julkaisu Havsforskningsinstitutts Skrift. 239:265-271.
- Escobar, E., y Soto, L.A. (1997) Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of Mexico. Cont. Shelf. Res., 17 (6):585-604.

- Escobar, E., López, M., Soto, L. A., y Signoref M. (1997) Densidad y biomasa de la meiofauna del talud continental superior en dos regiones del Golfo de México. *Ciencias Marinas*. 23:463-489.
- Escobar, E., Signoref, M., y Hernández D. (1998) Variación de la densidad de la infauna macrobéntica en un gradiente batimétrico: oeste del Golfo de México. *Ciencias Marinas* 25(2):193-212.
- Effer R.J., y Grassle J.F. (1992) Patterns of species diversity in the deep sea as a function of sediment particle size diversity. *Nature* 360:576-578.
- Falcón, L. (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, Biología. UNAM. 78pp.
- Folk, R. L (1968) Petrology of sedimentary rocks. Hemphill. Austin, Texas. 182 pp
- Forman, R.T.T., y Godron, M. (1986) Landscape ecology. John Wiley & Sons (Eds) 619pp.
- Gage, J.D y Tyler, P.A. (1992) Deep-sea biology: A natural history of organisms at the deep-sea floor. Cambridge University Press 115-162pp
- Gettleson, D..A. (1976) An ecological study of the benthic meiofauna and macroinfauna of a soft bottom on the Texas outer continental shelf. Texas, A&M. Ph. D. Thesis. 256 pp.
- Giammona, C. P., y Darnell, R. M. (1996) Environmental effects of the strategic petroleum reserve program on Louisiana continental shelf communities. *Am Zool.*, 30:37-44.
- Hernández, D.(1999) Riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la infauna macrobéntica a lo largo de un gradiente de profundidad batimétrico en el sector occidental del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. Biología., UNAM.43 pp.
- Harper, D.E. Jr., McKinney, L. D., Salzer R. R., y Case R.L. (1981) The occurrence of hypoxic bottom water off the upper Texas coast its effects in the benthic biota. *Contributions in Mar Sci.* 24:53-79.
- 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. Progr. Ser. 31:159-170.
- Higgins, P. R., y Thiel, H. (1988) Introducción to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. London 488pp.
- Hopper, B. E. (1967a) Free-living marine nematodes from Biscayne Bay, Florida. I. Comesomatidae: the male of *Laimella longicaudata* Cobb, 1920 and description of *Actaryania* new genus. Mar. Biol., 1:140-144.
- Hopper, B. E. (1967b) Free-living marine nematodes from Biscayne Bay, Florida. II. Oncholaimidae description of five new species and a new genus (*Meyersias*). Mar. Biol., 1:145-151.
- Kennedy, A. D. (1993) Minimal predation upon meiofauna by endobenthic macrofauna in the Exe Estuary, south west England. Mar. Biol. 117:331-319.
- Kennicut., MC II; Brooks, JM; Bidigare, RR (1988) Hydrocarbon seep communities: four years of study. Oceanography 1(2):44-45
- Keppner, E. J. (1986) New species of free-living marine nematodes (Nematoda: Enoplida) from Bay County, Florida. USA. Trans. Am. Microscopical Soc. , 105:319-337.
- Keppner, E. J. (1987a) Observations of three Known free-living marine nematodes of the family Ironidae (Nematoda: Enoplida) and description of *Thalassinorus lynnae* n. sp. From northwestern Florida Proc. Biol. Soc. Washington, 100(4):1023-1035.
- Keppner, E.J. (1987b) Five new species and know species of free-living marine nematodes of the family Oncholaimidae (Nematoda: Enoplida) from northestern Florida Trans. Am Microscopical Soc. , 107:79-95.
- Keppner E.J. (1988) Six new species of free-living marine nematodes from two estuaries in northwestern Florida, USA. Trans. Am. Microscopical Soc, 107:79-95.
- Lazier, J.R.N., y Mann , K.H. (1989) Turbulence and the diffusive layers around small organisms. Deep-Sea Res. 36(11A): 1721-1733.
- 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.

- 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, 62pp
- Mac Donald, I y Joye S. (1997) Lair of the "Ice Worm" Quarterdeck 5.3, Oceanography, Texas A&M University.
- MacDonald, I. R., Guinasso, N. L., Brooks J. M., Lee, L., y Scott, K. T. (1994) Gas hydrate that breaches the sea floor on the continental slope of the Gulf of Mexico. *Geology*, 22:699-702.
- Mare, M., (1942) A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 25:517- 554.
- Margalef, R. (1988) Ecología Ed. Omega S. A. Barcelona 371-373 pp
- 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 62pp.
- Moore, G. W., y del Castillo, L. (1974) Tectonic evolution of the southern Gulf of Mexico. *Geol. Soc. Ann. Bull.* 85(4):607-618.
- Moulin, R.J. (1980) Observaciones hidrológicas frente al litoral de Tamaulipas en el Golfo de México. *Sria. de Marina, Dirección General de Oceanografía.* México. 47pp.
- Muñoz, C. (2001) Variación de la estructura comunitaria de la infauna macrobética en el gradiente batimétrico del sector occidental del Escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Murrel, C.M., y Fleeger, J.W. (1989) Meiofauna continental shelf affected by hipoxia. *Cont. Shelf. Res.* 9 (12):1049-1062.
- Navarrete, A.J. (1993) Distribución, abundancia y diversidad de los nematodos (Phylum Nematoda) béticos de la Sonda de Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.*, 41:57:63.
- Nelson K y Fisher, CR (2000) Absence of cospeciation in deep-sea vestimentifera tube worms and their bacterial endosymbionts. *Symbiosis* 28 (1): 1-15

- 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.
- Nowlin, W.D. (1971) Water masses and general circulation of the Gulf of Mexico. *Oceanology. Contributions* 452:173-178.
- Olafsson, E., y Elmgren, R. (1997) Seasonal dynamics of sublittoral meiobenthos in relation to phytoplankton sedimentation in the Baltic Sea. *Estuar Coast Shelf Sci* 45:149-164.
- Olafsson, E., Modig, H., y Bund, J. W. (1999) Species specific uptake of radio-labelled phytodetritus by benthic meiofauna from the Baltic Sea. *Mar Ecol. Prog. Ser* 177:63-72.
- 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, 398pp.
- Pèrès, J.M. 1961 *Océanographie biologique et biologie marine*. Tomo I. La vie benthique. Presses Univ. Francia.
- 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, G.Y. y Pineda, L.R. (1991) Oceanografía geológica. In G.E. de la Lanza (comp.), *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe* AGT De. México D.F. pp 3-29
- Pineda, R.L y Pica Y.C (1991) Oceanografía física. In G.E. de la Lanza (comp.), *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe* AGT De. México D.F. pp 31-77.
- Ponce, V.G., Pica, G.Y. y Pineda, L.R. (1991). *Oceanografía química* In G.E. de la Lanza (comp.), *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe* AGT De. México D.F. pp 79-113
- Powell, E.N., Bright, T.J., Woods, A y Gittings, S. (1983) Meiobenthos and the Thiobios in the East Flower Gardens Grine seep. *Mar Biol.*, 73:269-283.
- Radziejewska, T., Fleeger, J.W., Rabalais, N.N., y Carman, K.R. (1996) Meiobenthos and sediment chloroplast pigments on the continental shelf off Louisiana, U.S.A. *Cont. Shelf Res.* 16, (13): 1699-1723.

- Richardson, M.D. y Young, D.K. (1987) Abissal benthos of the Venezuela Basin, Caribbean Sea standings stack considerations. *Deep-Sea Res.* 34(2):145-164.
- Rodríguez, P. (1999) Variación de la densidad y la biomasa de la infauna macrobéntica a lo largo del gradiente batimétrico en el SW del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, Biología. UNAM. 50pp.
- Rowe, G.T. (1983) Biomass and production of the deep-sea macrobenthos. In: Rowe, G.T (Ed) *The Sea Vol 8*. John Wiley & Sons. USA. pp 97-121.
- Rowe, G.T. y Menzel, D.W. (1971) Quantitative benthic samples from the gulf Mexico whit some comments en the measurement of deep-sea biomass. *Bull Mar Sci* 21:556-566.
- Rowe, G.T., Polloni, P.T y Horner, S.G. (1974) Benthic biomass estimates from the northwestern Atlantic Ocean and the northern Gulf of Mexico *Deep-Sea Res.* 21:641-650.
- Rowe G.T., Loske A., Boland G.S., Escobar, E., Hubbard F., y Deming, J. (2001) Benthic community structure and function in the Sigsbee Deep northern Gulf of Mexico. *Bull. Fish.* (sometido).
- Salas, J., (2001) Variación espacial y batimétrica de la biomasa de meiofauna del suroeste del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, Biología. UNAM. 50pp.
- Sanders, H.L. (1968) Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist* 102:243-282.
- Sassen R (1997) Gas hydrate gardens of the Gulf of Mexico. *Quarterdeck* 5.3, Oceanography, Texas A&M University.
- Shirayama, Y. (1984) The abundance of deep sea meiobenthos in the Western Pacific in relation to environmental factors. *Oceanol. Acta* 7:113-121.
- Shirayama, Y., y Kojima, S. (1994) Abundance of deep-sea meiobenthos off Sanriku northeastern Japan. *J. Oceanogr.*, 50:109-117.
- Sibuet, M; y Olu, K. (1998) Biogeography, biodiversity and fluid dependence of deep-sea cold-seep communities at active and passive margins *Deep-Sea Res.* 45 (1-3):517-567.

- Sibuet, M., Monniot, C., Desbruyeres, D., Dinet, A., Khripounoff, A., Rowe, G., y Segonzac, M. (1984) Benthic populations and trophic characteristics in the Demerara Abyssal Basin (Atlantic Ocean). *Oceanol. Acta.* 7(3):345-358.
- Sibuet, M., Galéron, J., Crassous, P., Cosson, N., Vangrieshem, A., Dinet, A.; Vanreusel, A., Billett, D., y Rice, T. (1999) Spatio-temporal variability of benthic assemblages as a response to seafloor conditions at selected abyssal North East Atlantic stations MAST conference pp. 27-28.
- Smith, C.R. (1985) Food for the deep sea:utilization, dispersal and flux of nekton falls at the Santa Catalina Basin floor. *Deep-Sea Res.* 32A:417-442.
- Smith C.R., y Hamilton, S.C. (1983) Epibenthic megafauna of a bathyal basin off southern California. *Deep-Sea Res.* 30A:907-928.
- Snider L.J., Burnett B.R., y Hessler R.R. (1984) The composition and distribution of meiofauna and nanobiota in a central North Pacific deep-sea area *Deep-Sea Res.* 31(10):1225-1249.
- Soltwedel, T. (1997) Meiobenthos distribution pattern in 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. In: Eleftheriou, A., Ansell, A.D. y Smith J (Eds) *Biology and Ecology of Shallow Coastal Waters Proc. 28th European Symposium, International Symposium Series.* pp233-242.
- Stat Soft, Inc. 1998. *STATISTICA for Windows [Compuer manual]* Tulsa.
- Stetson, J.L., y Trask, P.(1953) The sediments of the western Gulf of Mexico. Part II. Chemical studies of sediments of the western Gulf of Mexico. *Am. Assoc. Petr. Geol.*, Tulsa, Oklahoma. 566 pp.
- Strickland, J.H.D., y Parson, T.R. (1972) *A practical handbook of seawater analysis fisheries research Board of Canada Bull.* 167. Alger Press Ltd., Ottawa, 310 pp.
- Thiel, H. (1979) Structural aspects of the sea benthos. *Ambio Special Report.* 6:23-31.
- Thiel, H. (1983) *Meiobenthos and nanobenthos of the deep sea.* (Ed) Rowe, G.T *The Sea Vol 8.* John Wiley & Sons. USA pp 167-230.

- Tietjen J.H. (1984) Distribution and species diversity of deep sea nematodes in the Venezuela Basin. *Deep-Sea Res.* 31:119-132.
- Tietjen J. H., Deming, J.W., Rowe, G.T., Macko, S., y Wilke, R. J. (1989) Meiobenthos of the Hatteras Abissal Plain and Puerto Rico Trench; abundance, biomass and associations with bacteria and particulate fluxes. *Deep-sea Res.* 36(10):1567-1577.
- Townsend, D.W., y Cammen, L.M. (1988) Potential importance of the timing of spring plankton blooms to benthic-pelagic coupling and recruitment of juvenile demersal fishes. *Biol. Oceanogr.* 5:215-229.
- Vanhove, S., Wittoeck, J., Desmet, G., Van den Berghe, B., Herman, R.L., Bak, R. P.M., Nieuwland, G., Vosjan, J. H., Boldrin, A., Rabitti, S., y Vincx, M. (1995) deep-sea meiofauna communities in Antarctica: structural analysis and relation with the environment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 127:65-76.
- Vidal, V.M., Vidal, F.V., Hernández A.F., Meza, E., y Zambrano, L. (1994) Winter waters mass distribution in the western Gulf of Mexico affected by a colliding anticyclonic ring. *J. Oceanogr.* . 50:559-588.
- Yingst, J.Y., y Rhoads, D.C. (1985) The structure of soft-bottom benthic communities in the vicinity of the Texas Flower Garden Banks, Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 20:569-592.
- Zenkevitch, L. A. (1961) Certain quantitative characteristics of the pelagic and bottom life of the ocean. *Publ. Am. Assoc. Adv. Sci.* 67:323-336.

Apéndice I. Abundancia promedio (ind. 0.00066 m⁻²) por estación [E #] de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Abreviaturas: Sar. = Sarcomastigofora; Cni = Cnidaria; Plat. = Platyhelminthes; Pri. = Priapula; Ann. = Annelida; Tar. = Tardigrada; Ect. = Ectoprocta; Kin. = Kinorhyncha; Sip. = Sipuncula; Nem. = Nematoda; Moll. = Mollusca; Ech. = Echinodermata; Art. = Arthropoda; Che. = Chelicerata; Cru. = Crustacea; m= metros

Phylum Taxa	Profundidad (m)															
	200	498	1231	1698	2220	2662	366	3620	3635	3650	3690	3700	3760	3760	3760	
	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 9.1	E 9.2	E 9.3	E 9.4	E 9.5	E 10	E 8	E 7	E 7	
Sar	Foraminíferos	2.6	19.6	0.0	0.4	0.2	17.0	27.2	8.4	3.8	13.6	9.4	29.4	26.6		
Cni	Hidrozoarios	0.0	0.0	2.0	0.2	1.6	1.6	1.4	0.0	0.0	2.2	0.0	1.0	4.0		
Plat	Turbelarios	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4		
Pri	Priapulidos	1.2	0.8	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Ann	Poliquetos	9.8	9.8	0.4	1.0	4.6	3.2	6.2	1.8	3.2	8.8	2.4	2.2	1.0		
Tar	Tardigrados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Ect	Briozos	0.6	0.2	0.0	0.0	1.2	11.6	15.6	8.6	9.4	5.8	0.0	0.0	2.4		
Kin	Kinorinchos	2.0	2.4	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	0.4	0.6	0.2	0.4	0.4	0.2		
Sip	Sipuncúlidos	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0		
Nem	Nemátodos	102.8	77.8	1.4	10.6	82.2	175.4	157.4	74.6	159.6	104.8	141.2	206.6	231.6		
Moll	Gastrópodos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	1.6	0.2		
Moll	Bivalvos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.2	1.2	1.0	1.6	0.2	0.4	1.2		
Moll	Escafópodos	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.8	1.6	0.2	0.2		
Ech	Holoturias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2		
Ech	Equinoideos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2		
Art, Cru	Picnogónidos	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2		
Art, Cru	Cetacocaridos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Art, Cru	Ostráccodos	10.6	12.4	0.0	0.0	0.4	1.8	1.8	1.0	0.2	0.6	0.6	1.6	2.0		
Art, Cru	Copépodos	12.0	13.4	1.6	2.2	7.0	21.6	31.0	7.4	22.8	12.8	14.2	28.2	35.0		
Art, Cru	Cumáceos	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2		
Art, Cru	Tanaidáceos	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	0.0	0.0	0.2		
Art, Cru	Isópodos	0.0	0.2	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2		
Art, Cru	Anfípodos	2.2	0.2	0.4	0.0	0.6	2.8	3.0	1.0	1.6	1.2	0.8	2.6	2.8		
Art, Cru	Decápodos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0		

Apéndice II. Densidad promedio (ind.m⁻²) por estación (E #) de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México.

Profundidad	Profundidad (m)														
	200	498	1231	1698	2220	2662	366	3620	3635	3650	3690	3700	3760	3760	3760
	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 9.1	E 9.2	E 9.3	E 9.4	E 9.5	E 10	E 8	E 7	E 7
Foraminíferos	3,939	29,697	0	606	303	25,758	41,212	26,061	12,727	5,758	20,606	14,242	44,545	40,303	40,303
Hydrozoarios	0	0	3,030	303	303	2,424	2,424	2,121	0	0	3,333	0	1,515	6,061	6,061
Turbelarios	0	0	0	0	0	606	0	0	0	0	0	0	303	606	606
Pterópodos	1,818	1,212	0	0	0	909	0	909	303	0	0	0	0	0	0
Poliquetos	14,848	14,848	606	1,515	1,212	6,970	4,848	9,394	2,727	4,848	13,333	3,636	3,333	1,515	1,515
Tardígrados	0	0	0	0	0	606	0	303	303	0	0	0	0	0	0
Briozoos	909	303	0	0	0	1,818	17,576	23,636	13,030	14,242	8,788	0	0	3,636	3,636
Kinorinchos	3,030	3,636	303	0	0	0	606	303	606	909	303	606	606	303	303
Sipuncúlidos	0	303	0	0	0	0	0	0	303	0	303	0	0	0	0
Nemátodos	155,758	117,879	2,121	16,061	7,273	124,545	265,758	238,485	113,030	241,818	158,788	213,939	313,030	350,909	350,909
Gastropodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	606	0	303	2,424	303	303
Bivalvos	0	0	0	0	0	0	909	3,333	1,818	1,515	2,424	303	606	1,818	1,818
Escarapodos	0	0	303	0	0	0	0	0	0	6,364	1,212	2,424	303	303	303
Holoturias	0	0	0	0	0	0	0	606	303	0	0	0	0	303	303
Equinoideos	0	0	0	0	0	909	0	606	0	0	0	303	0	303	303
Picnogónidos	0	303	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	303	303	303
Cefalocaridos	0	0	0	0	0	0	0	303	0	0	0	0	0	0	0
Ostrácos	16,061	18,788	0	0	606	1,212	2,727	2,727	1,515	303	909	909	2,424	3,030	3,030
Capéodos	18,182	20,303	2,424	3,333	909	10,606	32,727	46,970	11,212	34,545	19,394	21,515	42,727	53,030	53,030
Cumáceos	303	0	0	0	0	0	0	303	303	0	0	0	0	303	303
Tanaidáceos	0	606	0	0	0	0	0	0	303	303	606	0	0	303	303
Isópodos	0	303	0	606	303	0	0	0	0	0	0	0	0	303	303
Anfípodos	3,333	303	606	0	0	909	4,242	4,545	1,515	2,424	1,818	1,212	3,939	4,242	4,242
Decápodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	303	0	0	0

Apéndice III. Biomasa promedio (gC.m⁻²) por estación (E #) de la meiofauna en el sector occidental del Golfo de México. Abreviatura %C.= Constante propuesta por Rowe (1983) para el cálculo de biomasa a partir del peso húmedo de cada grupo.

Taxa	%C	Profundidad (m)														
		200 E1	498 E2	1231 E3	1698 E4	2220 E5	2662 E6	366 E9.1	3620 E9.2	3635 E9.3	3650 E9.4	3690 E9.5	3700 E10	3760 E8	3760 E7	
Foraminíferos	3.4	0.001	0.010	0.000	0.000	0.000	0.009	0.014	0.004	0.002	0.007	0.005	0.015	0.013		
Hidrozoarios	3.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001		
Turbelarios	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001		
Priapulidos	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Poliqúitos	5.1	0.033	0.033	0.001	0.003	0.003	0.015	0.011	0.006	0.011	0.029	0.008	0.007	0.003		
Tardígrados	4.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Briozoos	2.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000		
Kinorinchos	4.5	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Sipuncúlidos	5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Nemátodos	3.2	0.034	0.026	0.000	0.004	0.002	0.027	0.059	0.025	0.053	0.035	0.047	0.069	0.077		
Gastropodos	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		
Bivalvos	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
Escafópodos	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000		
Holoturias	3.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Equinoideos	3.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Picnogónidos	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Cefalocarínidos	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ostrácodos	4.3	0.033	0.039	0.000	0.000	0.001	0.003	0.006	0.003	0.001	0.002	0.002	0.005	0.006		
Copépodos	4.3	0.003	0.003	0.000	0.001	0.000	0.002	0.005	0.002	0.005	0.003	0.003	0.006	0.008		
Cumáceos	3.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Tanaidáceos	4.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Isópodos	4.3	0.000	0.001	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001		
Anfípodos	3.4	0.012	0.001	0.002	0.000	0.000	0.003	0.016	0.006	0.009	0.007	0.005	0.015	0.016		
Decápodos	4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000		

Agradecimientos

A la Dra. Elva Escobar por su apoyo, paciencia y dirección en la terminación de este trabajo.

Las campañas, la investigación en laboratorio y el trabajo de gabinete se llevaron a cabo gracias al financiamiento otorgado a través de los proyectos DGAPA IN 213197, 217298 y 211200; CONACYT 0004V-T, 400356-5-050PN-1297 y G-27777B.

La beca académica para término de este trabajo fue otorgada por el proyecto "Factores que definen la variabilidad de la composición taxonómica, la densidad y la biomasa de la infauna en el Golfo de México" IN211200 DGAPA.

El espacio de laboratorio se agradece al Dr. Luis A. Soto, ICML.

El apoyo logístico, administrativo e institucional del ICML-CU se agradece a las gestiones del Dr. Antonio Peña Díaz y del Dr. Adolfo Gracia Gasca.

A la tripulación del B/O Justo Sierra de la UNAM.

A la tripulación científica participante en la campaña oceanográfica SIGSBEE.

Al Dr. David A. Salas por sus críticas, fotos y demás.

A cada uno de los profesores e investigadores del Jurado:

Dr. Javier Alcocer Durand, Biols. Laura Peralta Soriano, Luis Oseguera y. Diana Hernández por sus comentarios y críticas.

A mis compañeros de laboratorio Penélope, Toño, Suzzette, Alejandro y Manuel.