

00366

4



Estructura comunitaria meiofaunal del mar profundo del Golfo de México: Variaciones atribuidas al método de separación de muestras.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ACADEMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)
P R E S E N T A
BIOL. CITLALI DIAZ AGUILAR

Director de Tesis: DRA. ELVA ESCOBAR

Comité Tutorial DRA. MA. ANTONIETA ALADRO
DR. CARLOS A. MORTERA
DR. SAMUEL GÓMEZ
DR. MICHAEL REX

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México D.F.

Octubre 2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACIÓN DISCONTINUA

A los presentes

Los ausentes

Los que se perdieron



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3

Índice

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Antecedentes	5
Justificación	9
Hipótesis	11
Área de estudio	12
Material y método	
Trabajo de campo	16
Trabajo de laboratorio	18
Análisis de datos	21
Resultados	
Variación en la composición y riqueza taxonómica	28
Variación en la abundancia y densidad	37
Variación en la biomasa	47
Eficiencia	52
Caracterización ambiental	56
Discusión	
Riqueza y composición taxonómica	66
Abundancia y densidad	67
Biomasa	69
Eficiencia	72
Caracterización ambiental	73
Conclusiones	77
Referencias	80
Agradecimientos	87

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Índice de tablas

Tabla 1. Comparación de tamicas y técnicas empleadas por diversos autores en el estudio de la meiofauna en el Golfo de México y en el océano mundial.	8
Tabla 2. Clasificación taxonómica según Brusca y Brusca (1990) de los grupos identificados en muestras de meiofauna en el sector occidental del Golfo de México.	29
Tabla 3. Grupos taxonómicos de la meiofauna que se reconocieron en dos zonas batimétricas con los dos métodos de separación (manual y centrifugación)	30
Tabla 4. Resultados del análisis de varianza, ANOVA, de la riqueza taxonómica por método de separación y zona batimétrica.	33
Tabla 5. ANOVA De la abundancia (ind. 0.00066 m ⁻²) de la meiofauna por método y zona batimétrica.	40
Tabla 6. Resultados del análisis de varianza, ANOVA, para los valores de la densidad de la meiofauna por campaña, método de separación y zona batimétrica.	45
Tabla 7. Resultados del análisis de varianza, ANOVA, de la biomasa (mgC.m ⁻²) de la meiofauna por campaña oceanográfica, por método de separación y por zona batimétrica.	50
Tabla 8. Valores promedio y desviación estándar (s) de la eficiencia de la centrifugación calculada a partir de la abundancia obtenida para el método de centrifugación, con respecto a la abundancia obtenida manualmente (representa el 100).	52
Tabla 9. Localización de las estaciones y factores ambientales en el área de estudio, por campaña y zona batimétrica.	60
Tabla 10. Matriz de correlación de los parámetros ambientales por campaña batimétrica.	60
Tabla 11. Correlación de los parámetros comunitarios vs. ambientales.	62
Tabla 12. Comparación de la densidad y biomasa de la meiofauna obtenida por diferentes métodos de separación. En el Golfo de México y otras regiones del océano mundial tropical a más de 1,000 m.	70

Índice de figuras

Fig 1. Area de estudio. Ubicación de las localidades de muestro. Símbolos blancos Campaña Sigsbee4, Negros: campaña Sigsbee 5	15
Fig 2. Diseño experimental de los análisis realizados para evaluar el efecto de los métodos de separación sobre los parámetros de la estructura comunitaria en muestras de mar profunda	27
Fig 3. Valores promedio y desviación estándar del índice de similitud de Sørensen, en ambas zonas batimétricas para las campañas SIGSBEE4 (S4) y SIGSBEE5 (S5)	31
Fig. 4. Riqueza taxonómica de la meiofauna en ambas campañas por los métodos de separación manual y centrifugación con Ludox AM®. Panel superior: método manual, Panel inferior: centrifugación Ludox AM®.	32
Fig 5. Comparación de la riqueza taxonómica (# de taxa) de la meiofauna de ambas campañas obtenida en las dos zonas batimétricas por los dos métodos de separación, manual y centrifugación	33
Fig 6. Análisis de Oimstead y Tukey: de los valores de abundancia y frecuencia obtenidos por el método manual. a) Talud continental, SIGSBEE4; b) Talud Continental, SIGSBEE5; c) Planicie abisal, SIGSBEE4; d) Planicie abisal, SIGSBEE5.	35
Fig 7. Análisis de Oimstead y Tukey: de los valores de abundancia y frecuencia obtenidos por el método de centrifugación con Ludox AM® a) Talud continental, SIGSBEE4; b) Talud Continental, SIGSBEE5; c) Planicie abisal, SIGSBEE4; d) Planicie abisal, SIGSBEE5	36
Fig 8. Abundancia relativa en porcentaje de los taxa dominantes de la meiofauna obtenida en las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5 por el método de extracción manual y por centrifugación en dos zonas batimétricas. Panel superior: talud continental, panel inferior: planicie abisal.	38
Fig 9. Valores de abundancia (Ind. 0.00066m ⁻²) de la meiofauna obtenida en las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5 con los dos métodos de separación, manual y centrifugación.	40
Fig 10. Abundancia de la meiofauna (Ind.0.00066m ⁻²) en ambas campañas por los métodos de separación manual y centrifugación con Ludox AM®. Panel superior: método manual, Panel inferior: centrifugación Ludox AM®.	41
Fig 11. Gráfica de doble proyección en triángulos sólidos (método manual), blancos (método de centrifugación) de los dos métodos de separación empleados.	43
Fig 12. Valores de densidad (Ind.m ²) de la meiofauna obtenida en las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5 con los dos métodos de separación, manual y centrifugación con Ludox AM®.	45
Fig 13. Valores de biomasa (mgC.m ⁻²) de la meiofauna en ambas campañas por los dos métodos de separación. Panel superior: método manual, Panel inferior: centrifugación Ludox AM.	48
Fig 14. Biomasa de la meiofauna a partir de los datos obtenidos por los dos métodos de extracción (manual y centrifugación), en ambas zonas batimétricas, de ambas campañas (SIGSBEE4 y SIGSBEE5)	49

- Fig 15. Porcentaje de la biomasa de los grupos taxonómicos dominantes o constantes de la meiofauna. Panel superior: talud continental, panel inferior: planicie abisal. 51
16. Promedio de la eficiencia de la centrifugación a partir de los índices E.C.; E.C_m con y sin foraminíferos por zona batimétrica de ambas campañas. 53
- Fig. 17 Efecto de agregación del sedimento con los fijadores, formalol etanol. Panel superior: valores promedio de las muestras del talud continental. Panel inferior: Valores promedio de las muestras de la planicie abisal. 54
- Fig. 18. Promedio del tiempo empleado en la extracción de la meiofauna por los dos métodos de separación: Manual y Ludox AM®, en dos zonas batimétricas. 55
- Fig 19. Gráfica de correlación de los parámetros ambientales en las campañas SIGSBEE4 (S4) y SIGSBEE5 (S5); para las zonas batimétricas talud continental y planicie abisal. a) Concentración de pigmentos en el sedimento superficial ($\mu\text{g}.\text{cm}^{-2}$); b); Concentración de oxígeno disuelto ($\text{mg}.\text{l}^{-1}$) en el agua de fondo; c) % Nitrógeno orgánico en sedimento; d) % Carbono orgánico en sedimento. 59
- Fig 20. Histograma de frecuencias del tamaño promedio de grano del sedimento superficial. Panel superior: Talud continental; panel inferior Planicie abisal 61
- Fig 21 Grafica de correlación de la abundancia por zona con respecto a la variación a) % nitrógeno orgánico en sedimento, b) % carbono orgánico en sedimento, c) pigmentos en sedimento ($\mu\text{g}.\text{cm}^{-2}$); d) oxígeno disuelto $\text{mg}.\text{l}^{-1}$ 64
- Fig 22. Gráfica de correlación de la biomasa con respecto a la variación a) tasa C/N; b) % Nitrógeno orgánico, c) pigmentos en sedimento, d) % materia orgánica, e) oxígeno disuelto ($\text{mg}.\text{l}^{-1}$), f) proporción de limos en sedimento. 65
- Fig 23. Panel Superior. Comparación de los valores de densidad ($\text{Ind}.\text{m}^{-2}$) en diferentes áreas del Golfo de México y del océano tropical obtenido por los métodos de separación manual y centrifugación. Panel inferior. Comparación de los valores de biomasa ($\text{mg}.\text{C}.\text{m}^{-2}$) obtenidos por los métodos de separación manual y centrifugación. Símbolos negros: método de separación manual; blancos: método de centrifugación. 71

Resumen.

En los estudios abocados a describir la estructura de las comunidades meiobénticas se han utilizado diferentes técnicas para la extracción de los organismos a partir de sedimentos finos. En este estudio se presentan los resultados obtenidos al utilizar dos métodos de separación, uno manual y otro por centrifugación con Ludox AM®, de muestras provenientes de dos zonas batimétricas (talud continental [1,630-1,860] y planicie abisal [3,720-3,830 m]) del Golfo de México durante las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5. El análisis de los parámetros comunitarios (riqueza y composición taxonómica, densidad y biomasa) mostró diferencias entre campañas, entre zonas batimétricas y entre métodos de separación empleados. Por el método manual se obtuvieron un mayor número de grupos taxonómicos (14 taxa), de abundancia (47 ind 0.00066 m⁻² en el talud continental, 44 ind 0.00066 m⁻² en la planicie abisal) y de biomasa (17.93 mgC.m⁻² en el talud continental y 27.56 mgC.m⁻² en la planicie abisal) en comparación a los obtenidos por el método de centrifugación (8 grupos taxonómicos, 7 ind 0.00066 m⁻² en el talud continental, 5 ind 0.00066 m⁻² en la planicie abisal; y 3.72 mgC.m⁻² en el talud continental y 4.12 mgC.m⁻² en la planicie abisal). El patrón de distribución de la abundancia obtenida por el método manual fue diferente en ambas campañas. Los valores mayores de abundancia se obtuvieron de las muestras provenientes del talud continental de la campaña SIGSBEE5. En la campaña SIGSBEE4 la abundancia mayor se presentó en la planicie abisal. En el caso de los valores de abundancia obtenidos por el método de centrifugación en ambas campañas se obtuvo la misma tendencia con los valores más altos en el talud continental. Los valores obtenidos por el método de centrifugación con respecto a los obtenidos por el método manual se encuentran en una proporción de 1:10. Los valores de biomasa obtenida por el método manual en ambas campañas fue mayor en la planicie abisal con respecto al talud continental, en contraste a los valores obtenidos por el método de centrifugación éstos fueron menores y presentaron tendencias diferentes en ambas campañas. En la campaña SIGSBEE4 la biomasa mayor se obtuvo en el talud continental y en la Campaña SIGSBEE5 ésta fue mayor en la planicie abisal.

Se evaluó el efecto que podría tener el fijador empleado (Formol y Etanol) en la eficiencia entre los métodos al actuar como aglutinante, no encontrándose diferencias. Al evaluar la eficiencia de la centrifugación se obtuvieron valores del 80%, pero al comparar las abundancias obtenidas por el método de centrifugación con respecto a las abundancias obtenidas por el método manual éstas fueron menores al 20%, lo cual nos indica que se está perdiendo más del 80% de la información. El tiempo requerido para procesar las muestras es significativamente menor por el método de centrifugación que por el método manual ya que se reduce a casi un tercio. A partir de los resultados obtenidos en este estudio se propone el utilizar preferentemente el método de separación manual que el de centrifugación dado que la calidad de los datos es mejor, aunque requiera de un tiempo mayor en el procesado de las muestras.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Abstract

In the led studies to describe the structure of the meiobenthics communities different techniques for the extraction from the organisms from fine sediments have been used. In this study the results obtained when using two methods of separation, one manual and another one by centrifugation with Ludox AM®, the samples from two bathymetrics zones [continental slope (1,630-1,860) and abyssal plain (3,720-3,830 m)] from the Gulf of Mexico during cruises SIGSBEE4 and SIGSBEE5. The analysis of the communitary parameters (richness and taxonomic composition, density and biomass) showed differences between cruises, bathymetrics zones and used methods of separation. By the manual method they obtained a highest number of taxonomic groups (14 taxa), abundance (47 ind 0,00066 m⁻² in the continental slope, 44 ind 0,00066 m⁻² in the abyssal plain) and biomass (17,93 mgC.m⁻² in continental slope and 27,56 mgC.m⁻² in the abyssal plain) highest in comparison to obtained by the centrifugation method (the 8 taxonomic groups, 7 ind 0,00066 m⁻² in the continental slope, 5 ind 0,00066 m⁻² in the abyssal plain; and 3,72 mgC.m⁻² in continental slope and 4,12 mgC.m⁻² in the abyssal plain). The distribution pattern of the abundance obtained by the manual method was different in both cruises. The highest values of abundance were obtained from the originating samples of the continental slope of cruise SIGSBEE5. In cruise SIGSBEE4 the highest abundance appeared in the abyssal plain. In the case of the values of abundance obtained by the method of centrifugation in both cruises the same tendency with the highest values in the continental slope was obtained. The values obtained by the method of centrifugation with respect to the obtained ones by the manual method are in a proportion of 1:10. The values of biomass obtained by the manual method in both cruises were highest in the abyssal plain with respect to the continental slope, in comparison to the values obtained by the centrifugation method these were smaller and presented different tendencies in both cruises. In cruise SIGSBEE4 the highest biomass was obtained in the continental slope and in Cruise SIGSBEE5 this one was highest in the abyssal plain. The effect was evaluated that could have the fixation used (Formol and Etanol) in the efficiency between the methods when acting like aglutinante, not being differences. When evaluating the efficiency of the centrifugation values of 80% were obtained, but when comparing the abundances obtained by the method of centrifugation with respect to the abundances obtained by the manual method these were smaller to 20%, which indicates that this to us losing itself more of 80% of the information. The required time to process the samples is significantly smaller by the centrifugation method that by the manual method since it is reduced almost to a third. From the results obtained in this study using preferedly sets out the method of manual separation that the one of centrifugation since the quality of the data is better, although requires of a highest time in the processing of the samples.

Introducción

El término meiofauna fue acuñado por Mare (1942) para definir al componente del bentos de talla intermedia que se encuentran entre la macrofauna y el microbentos. La meiofauna se define como los organismos que pasan a través del tamiz de 500 μm y son retenidos en una abertura de malla de 63 μm . En mar profundo también se han utilizado aberturas de tamiz de hasta 40 μm por diversos autores (Sibuet et al. 1984; Webb 1996; Duplisea and Drgas 1999).

La meiofauna se separa a su vez en dos tipos: *temporal*, que son los organismos que en su estadio juvenil son componentes de la meiofauna y que en su fase adulta forman parte de la macrofauna (poliquetos, peracáridos) y *permanente*, que son aquellos taxa en que su fase adulta no alcanza tallas mayores a los 500 μm y permanecen en la meiofauna (Flint and Rabalais 1981). Se han reconocido como taxa dominantes de la meiofauna a los nemátodos, copépodos harpacticoides y foraminíferos (Tietjen 1984; Gooday et al. 1998). Otros grupos de la meiofauna, son los gastrotrícos, tardígrados, turbelarios, ostrácodos, ácaros, y algunos grupos especializados de hidrozorios, nemertinos, briozoarios, gasterópodos, holotúridos, priapúlidos entre otros (Vernberg and Coull 1981).

La meiofauna del mar profundo (>200 m) depende para su subsistencia de la exportación de la materia orgánica en su mayor parte de origen eufótico que se deposita sobre el fondo. Esta incluye plancton, excretas y cadáveres de organismos pelágicos (Gage and Tyler 1992; Tietjen 1992; Giere 1993). La cantidad de material que es exportado disminuye con la distancia a la costa, en donde se encuentran áreas más productivas. En los trópicos, donde la columna de agua se encuentra estratificada, casi

permanente, la exportación del material se ve reducida por la termoclina. (Relaxans et al. 1996).

La meiofauna constituye el alimento de organismos tróficos superiores (Longhurst and Pauly 1987) y proporciona sustratos para las bacterias en el sedimento superficial (Escobar et al. 1997) y subsuperficial (Coull et al. 1997) los cuales son a la vez remineralizados en el sedimento y regenerados al ambiente como nutrientes (e.g., NO_3 , SiO_4 , entre otros) (Deming and Baross 1993, Duplisea and Hargrave 1996). Así mismo, la meiofauna es responsable de mantener a la población de bacterias en su fase logarítmica de crecimiento, al alimentarse de ellas, e indirectamente influir en la tasa de la remineralización de los nutrientes en el sedimento (Montagna et al. 2002).

Los estudios de de Bovée et al. (1990), de Coull and Chandler (1992) y de Escobar et al. (1997) han reconocido que la meiofauna responde en tiempos cortos (aproximadamente 16 semanas) al efecto de las perturbaciones en los fondos. Lo anterior se atribuye a su sensibilidad a la presencia de compuestos xenobióticos (de Bovée et al. 1990). Esta respuesta rápida se debe por una parte a la reducida movilidad y a su tipo de reproducción, la cual en la mayoría de los grupos taxonómicos es de tipo directo y con cuidado parental, restringiendo la ocurrencia de estos organismos a agregación en áreas de unos cuantos mm^2 ó cm^2 (de Bovée et al. 1990). Estudios en comunidades bentónicas han permitido ejemplificar el flujo de materia y energía basada en el detrito depositado en el sedimento (Rowe et al. 1990). Pequegnat et al. (1990) reportó para el norte del Golfo de México que la meiofauna tiene una contribución mayor

de biomasa que la macrofauna, condición opuesta a lo observado en latitudes altas (Gray, 1981).

La comunidad meiobéntica es diversa y su relación con las propiedades del sedimento tiende a ser compleja. Por sus altas abundancias tiene un gran impacto con la geomorfología del suelo en la microescala (μm a cm). Los tubos que construyen algunos de los grupos favorecen el intercambio del agua intersticial modificando las propiedades físico-químicas del sedimento (e.g. la concentración de oxígeno, cementación) de igual forma que las microestructuras generadas por bio-perturbaciones donde la meiofauna puede borrar marcas topográficas de la macrofauna (Murray et al. 2002).

Antecedentes

Estudios previos en el suroeste del Golfo de México han reconocido las interacciones del meiobentos con las pesquerías en la plataforma continental, entre las que resaltan la del camarón, la jaiba y peces demersales (Soto and Escobar 1995, Escobar et al. 1997). Así mismo se ha reconocido la interacción estrecha de la meiofauna con la macrofauna (Kennedy 1993).

Tanto en estudios cualitativos como en cuantitativos abocados a describir el cambio espacio-temporal de distribución, composición y abundancia, es más común recolectar muestras de tamaño pequeño (Fleeger et al. 1988) evitando así el dragado a través de un transecto (McIntyre and Warwick 1971).

En diversos estudios se han utilizado técnicas diferentes (Tabla 1) para la separación de la meiofauna por lo que es necesario evaluar las diferencias

que existen entre éstas, permitiendo realizar comparaciones entre los diversos estudios estableciendo la eficiencia y representatividad de los resultados obtenidos.

La separación de la meiofauna en sedimentos finos (limos/arcillas) y del mar profundo se ha realizado por medio de la centrifugación y decantación de las partículas seguida de una separación manual del decantado, aprovechando el gradiente de densidad con la centrifugación (Burgess 2001).

La separación de la meiofauna por éste método se basa en que su densidad es de aproximadamente 1.15 g.ml^{-1} , la densidad del sedimento es mayor y la densidad del producto utilizado es ligeramente mayor a la densidad de la meiofauna pero menor a la densidad del sedimento y permite que la meiofauna flote y se quede en el sobrenadante de Ludox AM® después del centrifugado. El producto comercial (p.e Ludox AM®) empleado para separar la meiofauna tiene una densidad en el intervalo de 1.20 a 1.40 gr.ml^{-1} .

Otros protocolos, al usar técnicas isopícnicas han mostrado tener grandes diferencias en la eficiencia de extracción en diferentes tipos de sedimentos. Dichas diferencias pueden ser el resultado de las interacciones físicas entre el sedimento y los especímenes (de Jonge and Bouwman 1977; Nichols 1979; Barnett 1980)

De Jonge (1979), Alongi (1986), Burgess (2001) han coincidido en que utilizando la centrifugación se puede reducir el tiempo necesario para procesar muestras de sedimentos finos o con un alto contenido de detrimento, así mismo reconocen eficiencias en la extracción $> 80\%$ en muestras de fondos de aguas someras. Sin embargo, Schwinghamer (1981) y Bloem et

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

al. (1986) han observado que puede haber pérdidas de los organismos en los diferentes pasos. Otra desventaja que presenta el método de centrifugación es que requiere de muestras pequeñas ya que el sedimento más el agua debe ser menor a 10ml, debido a la capacidad máxima de los tubos de centrifugación (50 ml). Para no modificar sustancialmente la densidad del Ludox AM® se requiere dejar el mínimo de agua. Para tener una mayor columna del Ludox AM® donde queden retenidos los organismos con una densidad similar la proporción de Ludox AM® y la muestra es aproximadamente 1:3 de Ludox (Hyde pers. comm.).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 1. Comparación de tamices y técnicas empleadas por diversos autores en el estudio de la meiofauna en el Golfo de México y en el océano mundial.

Autor	Tamiz µm	Técnica	Profundidad M	Zona
GOLFO DE MEXICO				
Powell et al 1983	63	Decantación	72	Flower Garden, NW
Yings y Rhoads 1985	44	n.d	100 a 200	Flower Garden, NW
Murrel y Fleger 1989	63	Sonificación	8 a 13	Sector Norte
Montagna 1989	63	Decantación y elutriación	91 a 565	Sector Norte
Pequegnal et al. 1990	63	Sd	300 a 3,000	Sector Norte
Maya 1993	63	Manual	17 a 207	Este
Radziejewska et al 1996	63	Manual	14 a 106	Sector Norte Central
Escobar et al 1997	54	Manual	196 a 540	Talud continental superior, Oeste y Sur
Falcón 1998	54	Manual	< 400	Bahía de Campeche
Salas 2001	54	Manual	400 a 2,300	Bahía de Campeche
Díaz 2002	54	Manual	200 a 3,760	Sector Occidental
OCEANO MUNDIAL				
Thietjen 1984	44	n.d	4,143	Venezuela
Sibuet et al 1984	40	Centrifugación	4,455	Demerara, Atlántico Oeste
Thistle et al 1985	63	Manual	4,626	Elevación Escocesa W Atlántico
Tietjen et al. 1989	44	n.d	5,411	Puerto Rico
de Bovée et al. 1990	40	Centrifugación	672 a 2,300	NW Mediterráneo
Montagna, 1991	63	Centrifugación	90 a 565	Bahía de California
Vanhove et al. 1995	38	n.d	211 a 2,080	Mar de Weddell, Antártica
Relaxant et al. 1996		Centrifugación	1,500 a 4,500	Atlántico tropical NE
Webb, 1996	63	Manual	90 a 223	Nueva Escocia, Canadá
Sommer and Pfrankuche, 2000	32	Manual	3,158 a 4,414	Mar Arábigo
Accornero et al. 2003	n.d	Centrifugación	912	Golfo de Lions
Saltwedel, 1997	65 y 42	Manual	1,519 a 3,538	Atlántico E
Duplisea and Dras 1999	40	Centrifugación	12 a 14	Mar Báltico
Shimanaga and Shirayama 2000	31	Manual	1,430	Bahía Sagami
Vanreusel et al. 2000	32	Centrifugación	1,072 a 4,273	Océano ártico

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Justificación

Los trópicos se han caracterizado como ambientes oligotróficos debido a la escasa productividad primaria que se presenta en ellos (Alongi and Pichon 1988; Relaxans et al. 1996). Lo anterior conlleva, junto con la estratificación térmica, a que la exportación de materia orgánica al fondo sea reducida (Relaxans et al. 1996). La meiofauna depende principalmente de la materia orgánica exportada de la zona eufótica que se deposita en el fondo. Sin embargo, otros aportes provenientes del acarreo lateral por corrientes de turbidez, resuspensión o aquellos generados en el fondo por procesos diagenéticos (e.g. hidrocarburos y metano) proveen de fuentes alternas nutricionales locales en algunas cuencas. El efecto de aporte de material exportado es escaso en los trópicos y conlleva a que la meiofauna alcance tallas menores (Peters, 1983; Brown and Maurer, 1985) que las observadas en las zonas templadas donde existe una exportación mayor.

El problema a resolver

La meiofauna es similar en talla al tamaño promedio de las partículas del sedimento que habita (Higgins and Thiel 1988). La extracción de la meiofauna de sedimentos finos (arcillas y limos) y de sedimentos ricos en materia orgánica generalmente requiere de tiempos prolongados de separación manual de los ejemplares usando el microscopio estereoscópico (Heip et al. 1974; de Jonge 1979). Por lo anterior el tiempo resulta un factor relevante en la evaluación de la eficiencia de una técnica de trabajo. Dos factores asociados al tiempo son la precisión y replicabilidad de los resultados que se obtengan.

La tendencia de los organismos abisales, dada la reducida disponibilidad y calidad del alimento, es la de reducir su talla, debido al costo energético que tiene el mantener tallas mayores con relación a los recursos disponibles en mar profundo (Chapelle and Peck 1999; Kröncke et al. 2000). En el Golfo de México, los estudios abocados a describir la estructura de la meiofauna han incluido una gran diversidad de técnicas en su separación (Gelleson 1976; Pequegnat et al. 1990; Escobar et al. 1997). Esta gran variedad de técnicas impide en ocasiones realizar comparaciones confiables o interpretar adecuadamente los valores de riqueza y biomasa existentes. En este estudio se propone comparar la eficiencia de extracción de la meiofauna del sedimento de muestras de mar profundo y establecer criterios de calidad del estudio entre técnicas. Los resultados de este estudio contribuirán a realizar separaciones más eficientes en muestras procedentes del mar profundo en zonas tropicales. Así mismo éste estudio contribuirá con información sobre la estructura comunitaria (composición taxonómica, densidad y biomasa) de la planicie abisal y talud continental inferior en ésta cuenca.

Hipótesis

Al ser el tamaño de la meiofauna similar al tamaño promedio de las partículas del sedimento que habita se aprovechará la diferencia de densidad existente entre ambos, generando un gradiente de densidad que permitirá reducir el tiempo necesario para el procesamiento de las muestras. Así mismo los organismos de mar profundo tienden a reducir su talla promedio en relación a la disponibilidad y calidad del alimento lo que requiere de un mayor tiempo y esfuerzo para extraer a los organismos de muestras compuestas por sedimentos finos. La evaluación de la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

eficiencia entre los métodos propuestos, separación manual vs centrifugación con Ludox-AM®. se hará considerando los descriptores comunitarios riqueza taxonómica, abundancia, densidad y biomasa obtenida en dos zonas batimétricas así como el tiempo empleado en la separación de las muestras.

Eficiencia en la separación

H₀ Si habrá diferencias significativas en la composición y riqueza taxonómica, abundancia, densidad y biomasa de la meiofauna entre la separación manual y separación por centrifugación con Ludox AM®.

H₁ No se encontraran diferencias significativas en la composición y riqueza taxonómica, abundancia, densidad y biomasa de la meiofauna entre la separación manual y separación por centrifugación con Ludox AM®.

Estructura comunitaria en dos zonas batimétricas

H₀ Si habrá diferencias significativas en la composición y riqueza taxonómica abundancia, densidad y biomasa de la meiofauna entre zonas batimétricas (talud continental inferior y planicie abisal).

H₁ No habrá diferencias significativas en la composición y riqueza taxonómica abundancia, densidad y biomasa de la meiofauna entre zonas batimétricas (talud continental inferior y planicie abisal).

Objetivo

Evaluar diferencias en la estructura comunitaria (riqueza taxonómica, abundancia, densidad y biomasa) a partir de dos métodos de separación (manual y centrifugación con Ludox AM®) en muestras del talud continental inferior y la planicie abisal.

Para alcanzar este objetivo se han planteado los siguientes objetivos particulares:

1. Evaluar la eficiencia de separación de meiofauna a través de dos métodos de separación (manual y por centrifugación con Ludox AM®) a partir del número de grupos taxonómicos recuperados, abundancia, densidad y biomasa obtenidos en cada zona batimétrica y del tiempo empleado, en minutos, en cada caso.
2. Comparar la composición y riqueza taxonómica, la abundancia, densidad y biomasa obtenida en las dos zonas batimétricas (talud continental y planicie abisal) a través de la separación manual y separación por centrifugación utilizando Ludox AM®.
3. Relacionar las diferencias y semejanzas de los parámetros comunitarios descritos en el objetivo 1 con los factores ambientales como contenido de carbono y nitrógeno orgánico (%), concentración de oxígeno disuelto del agua de fondo, tamaño de grano en el sedimento superficial, pigmentos en sedimento, contenido de materia orgánica (%), tasa de C/N.
4. Evaluar la variación interanual de la meiofauna.

Área de estudio

El área de estudio se localiza en el sector occidental del Golfo de México (Fig. 1) y comprende el talud continental y la planicie abisal. Ambas zonas se caracterizan por condiciones diferentes con respecto a los factores físico-químicos tanto del sedimento como de la columna de agua suprayacente.

El talud continental tiene una profundidad de 300 a 2,000 m y la zona de estudio se ubica entre los paralelos 20 a 23°N donde se encuentran valles submarinos que configuran un relieve perpendicular denominado Cordilleras Mexicanas o Cordillera Ordóñez (Czerna 1984). A esta zona Bryant et al. (1991) la describen como una trampa de sedimentos que, al encontrarse paralelas a la línea de costa, influye en el patrón de sedimentación regional. El sedimento es de origen pelágico y de origen terrígeno por el aporte de los ríos Soto la Marina, Pánuco y Tuxpan. Esta zona se caracteriza por tener un reborde continental estrecho con talud abrupto.

La hidrodinámica en el talud del sector occidental del Golfo de México se ha descrito ampliamente debido a la importancia e influencia de la Corriente de Lazo y los giros que se desprenden de ella (Elliot 1982; Vidal et al. 1990, 1994, 1998), los cuales migran hacia el oeste conservando la vorticidad y son promotores de la producción primaria y secundaria a lo largo del reborde continental (Escobar and Soto, 1997). La transición y translación de estos giros, su tiempo de residencia y su colisión contra el talud occidental son determinantes en la distribución de las propiedades físico-químicas de las masas de agua desde la superficie hasta el fondo, intercambiando masas de agua de plataforma continental con la región oceánica del Golfo (Vidal et al. 1998).

Es a partir de mediciones *in situ* y de modelos numéricos que Elliot (1982) y Vidal et al (1990, 1992) demostraron que la colisión de los anticiclones en el margen continental constituyen el mecanismo principal que da origen a la corriente de frontera del Golfo de México, la cual alcanza velocidades de $\approx 80 \text{ cm s}^{-1}$. La magnitud de esta corriente provoca que se resuspenda

el sedimento de fondo y se genere una capa de mezcla amplia favoreciendo el aumento en la densidad de las poblaciones de crustáceos (Dagg 1988).

La planicie abisal de Sigsbee en el Golfo de México ha sido caracterizada por la presencia de montes y domos salinos intrusivos. Esta región tiene la profundidad mayor en el Golfo de México (>3,700 m) y se ha reconocido como la zona captora de los sedimentos del talud continental. En la planicie abisal se localizan colinas con elevaciones de hasta 300 m de altura denominados Montes de Sigsbee, y el Escarpe de Campeche se considera la frontera sur de la planicie abisal en la cuenca (Pica-Granados et al. 1991).

Los sedimentos son de origen terrígenos aportados por la descarga del río Mississippi y tienen un contenido de carbonatos menor al 25 % (Bouma 1972). También son de origen pelágico y son generados en la capa eufótica oceánica de la cuenca (Pica-Granados et al. 1991).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

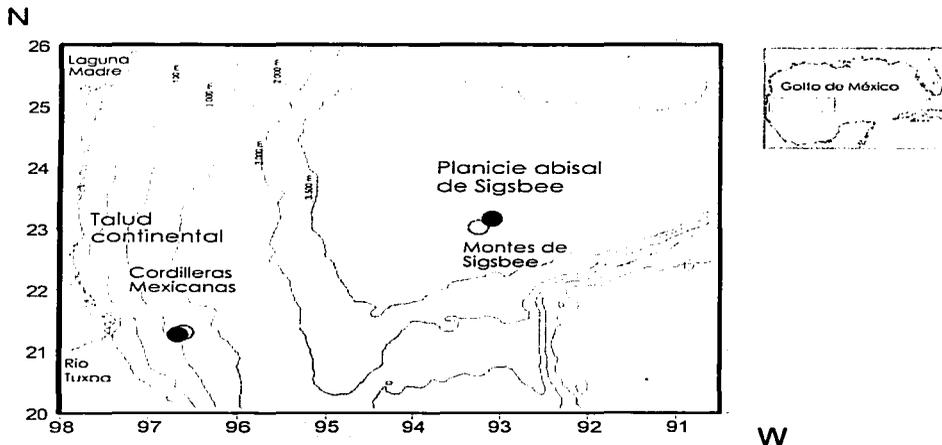


Fig 1. Área de estudio, ubicación de las localidades de muestreo. Símbolos Blancos: Campaña SIGSBEE4, Negros: Campaña SIGSBEE5.

Las velocidades de las corrientes en la zona profunda del Golfo (>2,000 m) son menores a 30 cm s^{-1} y se dan directamente por debajo de la Corriente de Lazo y de menos de 20 cm s^{-1} en el resto del golfo. Estas corrientes de fondo son coherentes en la vertical, ya que exhiben intensificación en el fondo y tienen las periodicidades de las ondas topográficas de Rossby (Hamilton 1990).

La velocidad geostrofica de la circulación de fondo del Golfo de México es $>10 \text{ cm s}^{-1}$ y está sostenida por un giro ciclónico (Hoffman and Worley

1986). Las velocidades de giro de estas estructuras de mesoescala en aguas profundas son mayores en el Escarpe de Campeche y en los montes de Sigsbee debido a fricción con el fondo (Welsh and Inoue 2000).

La masa de agua que se ha identificado por debajo de los 1,000 m. es el agua Profunda del Nor-Atlántico (Morrison and Nowlin, 1977) y tiene un valor promedio de oxígeno disuelto de 5.0 ml.l⁻¹. Morrison et al (1983) encontraron concentraciones de ¹⁴C mayores a las reportadas anteriormente lo cual puede ser debido a una incorporación de partículas de carbonatos proveniente de aguas superficiales.

En la porción oceánica del Golfo de México se presenta una condición oligotrófica en la cual la exportación de carbono orgánico es reducida. Esta falta de carbono orgánico se ve reflejada en los valores de la abundancia del bentos (Escobar et al. 1997, 1999).

Material y Método

Trabajo de campo. Las muestras de meiofauna fueron recolectadas en la porción central y occidental del Golfo de México (Fig. 1) durante las campañas SIGSBEE.4, y SIGSBEE.5 realizadas en junio de 2001 y julio 2002, respectivamente. Se recolectaron muestras en dos zonas batimétricas: [talud continental (1,630 a 1,860m) y planicie abisal (3,405 a 3,830m)] durante ambas campañas.

La fundamentación de recolectar materiales en dos campañas (Fig. 2) fue el replicar las observaciones del primer año con las del segundo con base en la ausencia de variación interanual reconocido en las zonas abisales tropicales (Gage and Tyler 1992)

En cada estación de muestreo se registró la temperatura y salinidad de fondo en tiempo real con la sonda CTD Delta Mark III C-24 WOOCE de General Oceanic, S/N 02-549. A partir de muestras de agua recolectadas con la rosette se obtuvieron mediciones de oxígeno disuelto del agua de fondo. Los valores y los datos obtenidos permitieron sustentar potenciales relaciones con los valores de composición y riqueza taxonómica, abundancia y biomasa de la meiofauna.

Las muestras de sedimento superficial se obtuvieron con un nucleador de caja (US-NEL) con un área de 0.25 m², la recolecta se realizó con base en el protocolo descrito por Hessler and Jumars (1974). En cada estación se tomaron seis réplicas del sedimento para el análisis de meiofauna, cada réplica cubrió un área de 6.6 x 10⁻⁴ m², las cuales se tomaron con 5 cm de penetración con jeringas de 50 ml recortadas de la punta con un diámetro de 2.89 cm. Adicionalmente se recolectaron muestras de sedimento para analizar los factores asociados al sedimento que permitieron interpretar los resultados obtenidos entre ambas localidades. Estos factores incluyeron la recolecta de muestras para analizar:

- a. granulometría.
- b. la concentración de pigmentos en sedimento superficial,
- c. el contenido de nitrógeno y carbono orgánico.

A diferencia de la muestra para el análisis granulométrico, las muestras para la determinación del contenido de clorofila, carbono y nitrógeno orgánicos se congelaron a bordo hasta su posterior análisis en el laboratorio.

Cada una de las réplicas obtenidas para la meiofauna se tamizó a bordo utilizando una malla de 42 μm , después de un shock con agua dulce. Posteriormente se colocaron en frascos de 75 ml. con etanol y tinción vital rosa de bengala para facilitar la separación posterior en el laboratorio. Por último se etiquetaron y se mantuvieron a -20°C a bordo hasta su traslado al laboratorio.

Trabajo de laboratorio. Cada una de las réplicas de las muestras de las dos zonas batimétricas se separó primero en forma manual usando para ello un microscopio estereoscópico con un aumento de 5X. Esta técnica incluyó colocar submuestras de sedimento en cajas de Petri y la extracción de los organismos con pinzas de punta fina y su cuantificación simultánea a la identificación de los organismos a nivel de taxon superior con base en Brusca and Brusca (1990). Se tomó en cuenta el tiempo utilizado en la revisión de cada réplica, en minutos, el número de taxa y el número de individuos extraídos.

Posteriormente los organismos se colocaron nuevamente en el sedimento el cual se homogenizó para la separación por medio de las técnica de centrifugación con Ludox-AM®.

Los nemátodos y copépodos obtenidos por el método de centrifugación se colocaron en un portaobjetos anillado (4x3) con una gota de glicerina para fotografiarlos con una cámara digital Kodak DC290 Zoom montada al microscopio óptico Zeiss con un objetivo 10/8 y posteriormente hacer el cálculo de biomasa. Con base en Feller and Warwick (1979) y Warwick and Price (1979) se hicieron los cálculos de biomasa por biovolumen. Para el cálculo de biomasa por biovolumen, la fotografía de los organismos se compara con una imagen de calibración, usando el programa SigmaScan

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Pro 5, que genera una hoja de Excel. La calibración se hizo usando un micrómetro de 2.00 mm, las medidas se tomaron en micras. Se utilizó la opción "dos puntos de calibración", la cual es utilizada para convertir píxeles a micrómetros. Posteriormente se utilizan tres medidas para la identificación y cálculo de biomasa de cada organismo. El primero es un número de identificación para cada organismo; el segundo se obtiene del rellenado del dibujo de cada organismo para obtener el área; y el tercero es una línea a lo ancho del cuerpo, que en el caso de los nemátodos es aproximadamente a la mitad del organismo y en los copépodos la línea que se traza es aproximadamente en un punto intermedio entre la parte más ancha y la más angosta, para hacer el cálculo de volumen. Con base en éstos volúmenes se hace el cálculo de biomasa de acuerdo a Feller and Warwick (1979), Warwick and Price (1979) y Warwick and Gee (1984). El factor de conversión para nemátodos es 530 y para copépodos es 440, más otro factor de conversión por la orientación del organismo que fue determinado con base en la probabilidad de encontrarse en una posición u otra.

El análisis granulométrico se realizó con el equipo Fritsch Particle Sizer Analysette 20 Sedimentograph, que utilizó el método de fotoextinción: midiendo el grado de atenuación de un rayo de luz monocromático provocado por las partículas en suspensión a lo largo del tiempo en una columna de sedimentación. Para ello se tomó una muestra de 1gr del sedimento superficial añadiéndosele 50ml de agua destilada, se sonicó durante 5 minutos para disgregar el sedimento y posteriormente se colocó en la cubeta de sedimentación con agua destilada. En cada caso se realizó la medición de un blanco. El sedimento se colocó en suspensión

hasta obtener entre un 55% y 70% de saturación y obtener la lectura aproximadamente en 1 minuto. Los datos obtenidos se recalcularon a $\frac{1}{2} \Phi$, de 4 a 12 Φ , y se describen en porcentaje.

Carbono y nitrógeno elemental. El sedimento se descongeló a temperatura ambiente en el laboratorio. El contenido de los tubos se colocó en cápsulas de porcelana y se aciduló con una solución de HCl al 0.1 N para eliminar el exceso de carbonatos. Posteriormente se enjuagó el sedimento con agua bi-desilada para eliminar el exceso de ácido. Cada muestra se dejó evaporar a temperatura ambiente en una campana de evaporación; aquellas que presentaron una humedad excesiva se secaron en un horno a 60°C. Posteriormente se tamizaron a través de una malla de 0.25 mm, para homogenizar la talla de análisis del sedimento.

El sedimento homogenizado se colocó en viales de cuarzo debidamente etiquetados para el análisis elemental. El porcentaje de carbono y nitrógeno orgánico se determinó por triplicado en un analizador elemental FISSONS modelo EA1108 siguiendo la técnica de Pella (1990). Este método se basa en una oxidación completa e instantánea de la muestra por "combustión rápida", la cual convierte todo el material y sustancias orgánicas e inorgánicas en productos de combustión. El gas, resultado de la combustión, pasa a través de un horno de reducción y éste se extiende dentro de la columna cromatográfica por el gas acarreador (helio) donde es separado y detectado por un detector térmico de conductividad (DTC) el cual lleva un rendimiento proporcional notable de la concentración de los componentes individuales de la mezcla.

Pigmentos en el sedimento. Las muestras de sedimento recolectadas para este análisis se descongelaron a temperatura ambiente en el laboratorio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una vez descongeladas se les agregó 10 ml de acetona al 90% para comenzar la extracción. Los tubos para centrifuga se dejaron en oscuridad a 4°C por 24 hrs. Posteriormente se centrifugaron a 1,700 rpm durante 15 minutos. Con una pipeta se tomaron 8 ml para tomar la lectura en un fluorómetro 10-AU-Turner Desings, en el cual se analizaron las muestras por fluorescencia a 680 nm, obteniendo los valores totales de pigmentos, los cuales se expresaron en unidades de $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Cuando las muestras presentaron concentraciones más altas, que salen del intervalo de lectura, se realizaron diluciones. En estos casos la concentración de pigmentos se obtuvo de acuerdo al siguiente protocolo de recálculo de valores:

Al valor obtenido de la lectura del fluorómetro se le restó el valor del blanco (acetona al 90%). Este valor se multiplicó por el factor de dilución. El valor resultante se multiplicó por el volumen final del extracto con acetona. Finalmente se expresó la concentración de clorofila en $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, considerando el número de diluciones.

Análisis de Datos

Los grupos taxonómicos se identificaron, en algunos casos, hasta orden, con base en Brusca and Brusca (1990). A partir de los taxa identificados por zona batimétrica se calculó el índice de similitud de Sørensen (Ec. 1)

$$CCS = 2(S \text{ comunes}) / (S_1 + S_2) \quad (\text{Ec. 1})$$

donde S= grupos taxonómicos, para reconocer similitudes en la composición taxonómica entre réplicas (Odum 1972) de la misma zona batimétrica y entre zonas batimétricas.

Con los valores obtenidos de abundancia y frecuencia de ocurrencia se identificaron los taxa dominantes, constantes, indicadores y raros mediante un análisis de Olmstead y Tukey (Sokal and Rohlf 1995).

Los resultados se representaron mediante un gráfico de cuadrantes, donde los grupos taxonómicos dominantes se obtuvieron en el cuadrante superior derecho, los constantes en el inferior derecho, los indicadores en el superior izquierdo y los grupos taxonómicos raros en el inferior izquierdo. Este método consistió en graficar el porcentaje de frecuencia de ocurrencia de cada grupo taxonómico con respecto a la abundancia de individuos expresada ésta como $[\ln(n+1)]$, donde n =abundancia.

Los valores de abundancia ($\#$: ind. 6.6×10^{-4} m²) se transformaron a densidad (ind.m⁻²). Posteriormente se determinó la biomasa expresada en mgC.m⁻², a partir de cálculos de biovolumen con base en la propuesta de Feller and Warwick (1979) y Warwick and Price (1979). Para ello se utilizaron las constantes propuestas por Gettleson (1976) para peso húmedo fijado (*phf*) y las constantes de Rowe (1983) para expresar los valores de biomasa por grupo taxonómico en porcentaje (%) de carbono. Se compararon los valores de biomasa obtenidos a partir de las constantes y los valores obtenidos por biovolumen.

Con los parámetros ambientales (concentración de oxígeno disuelto, granulometría, concentración de pigmentos en sedimento superficial, contenido de materia orgánica, nitrógeno orgánico y carbono orgánico en el sedimento superficial) se aplicó un análisis de correlación múltiple para reconocer el grado de dependencia entre ellos, aplicando la correlación de Spearman (Hair et al. 1999). Posteriormente se correlacionaron los parámetros abióticos con los parámetros biológicos (la riqueza

taxonómica, la abundancia y la biomasa de la meiofauna) reconociéndose cuales son significativos en la diferenciación de las diferentes zonas batimétricas y mediante un ANOVA se reconocieron diferencias entre las varianzas (Hair et al. 1999).

Para reconocer las diferencias en las abundancias entre zonas batimétricas y entre métodos de separación empleados, los valores de abundancia por grupo taxonómico se transformaron usando la transformación de Hellinger (Legendre and Gallagher 2001) posteriormente se aplicó un análisis canónico reducido (RDA) que permite reconocer la existencia de diferencias significativas entre los métodos empleados, las zonas batimétricas y la interacción de éstas. Las variables usadas con 14 grupos de invertebrados fueron:

Zonas:

Talud continental (n=6) Planicie abisal (n=6)

Método:

Manual. (n=12) Centrifugación con Ludox AM® (n=12)

Interacción:

Talud - Manual. (n=6) Talud - Centrifugación con Ludox AM® (n=6)

Abisal- Manual (n=6) Abisal - Centrifugación con Ludox AM® (n=6)

Abundancia

Grupo de 23 variables ortogonales que fueron codificadas usando variables alternas, debido a que es más eficiente el uso de ortogonales cuando se usa más de un factor en el análisis (Legendre and Anderson 1999).

Para lo anterior se aplicaron tres pruebas de interacción por zona y por método:

1- Interacción

Dependiente (Y): Abundancias de los grupos taxonómicos usando la transformación de Hellinger.

Independiente (X): Esta variable es el producto del factor zona y del factor método.

Covariable (W): variable codificada Método y Zonas, más 22 pares residuales PCA. Un análisis equivalente puede ser incluido entre las covariables del factor método más los 23 pares originales.

2.- Zona

Dependiente (Y): Abundancias de los grupos taxonómicos usando la transformación de Hellinger.

Independiente (X) Zonas batimétricas (talud continental vs planicie abisal).

Covariables (W) Factor método y la interacción más los 22 pares residuales PCA.

3.- Método

• **Dependiente (Y):** Abundancias de los grupos taxonómicos usando la transformación de Hellinger.

Independiente (X) Métodos empleados (separación manual vs centrifugación Ludox AM®).

Covariables (W) Factor zona y la interacción más los 22 pares residuales PCA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los cálculos estadísticos se realizaron usando el programa CANOCO versión 4.5 (ter Braak and Smilauer, 1998). Los resultados del RDA se presentan con un diagrama biplot o de proyección doble que muestra la ordenación de objetos y variables de la matriz de respuesta Y y de la matriz explicativa X. Se siguió el esquema de diseño experimental planteado en la Fig. 2. La eficiencia de la centrifugación (E.C) se calculó a partir de la ecuación 2

$$E.C. = \# \text{org Ludox} / (\# \text{total}) \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

org Ludox es el número de organismos extraídos del sobrenadante con el método de centrifugación con el Ludox AM®.

total es el número de organismos que se quedaron en el sedimento después de la centrifugación y de recuperar los organismos del sobrenadante del Ludox AM®.

Posteriormente se calculó la eficiencia de la centrifugación a partir de la abundancia obtenida por el método manual (Ec. 3), sin contar la abundancia de los foraminíferos y contando la abundancia de los foraminíferos.

$$E.C.m. = \# \text{org Ludox} / (\# \text{org. manual}). \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

org. manual es la abundancia de los organismos obtenida por el método manual.

La eficiencia se evaluó así mismo por medio del tiempo en minutos requerido en obtener los conteos de composición y abundancia con cada uno de los métodos de separación en cada una de las replicas.

El tiempo empleado se evaluó mediante un análisis de varianza, para reconocer si el tiempo es un factor determinante en la eficiencia de cada uno de los métodos empleados y se representaron en un gráfico de barras y bigotes.

Como resultado de reuniones con otros especialistas que trabajan muestras de mar profundo en el Golfo de México se propuso evaluar la posibilidad de que los fijadores distintos fueran propiedades de agregar los granos de sedimento y con ello los ejemplares de meiofauna también.

Con el objeto de descartar el efecto de agregación por el método de fijación en la abundancia de meiofauna encontrada en ambas zonas batimétricas se analizaron muestras de sedimento superficial fijadas con etanol o con formal. En ellas se buscan diferencias en la proporción de tallas del grano asumiendo que los fijadores agregan el sedimento en partículas de sedimento de mayor tamaño. Se compararon las proporciones (en porciento) de cada ϕ (Φ) por medio de un histograma de frecuencia y se evaluó si presentaron diferencias significativas mediante un análisis de varianza.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

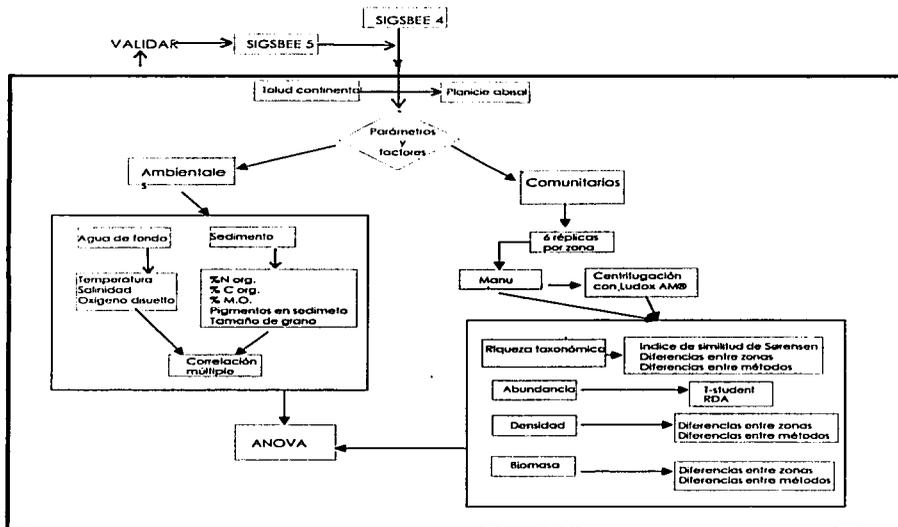


Fig 2. Diseño experimental de los análisis realizados para evaluar el efecto de los métodos de separación sobre los parámetros de la estructura comunitaria en muestras de mar profundo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resultados

Composición taxonómica

La composición taxonómica que se reconoció por el método de separación manual en ambas campañas fue de ocho Phyla que incluyeron un total de 14 grupos de invertebrados (Tabla 2). Por el método manual los foraminíferos, larvas de poliquetos, hidrozoarios, nemátodos, ácaros, ostrácodos, copépodos harpacticoides y juveniles de anfípodos fueron los grupos comunes que ocurrieron para ambas zonas batimétricas, el talud continental y la planicie abisal. Los turbelarios, tanaidáceos y leptostracos fueron los grupos taxonómicos que sólo se reconocieron en el talud continental mientras que los kinorincos, larvas de ofiúridos y juveniles de isópodos sólo se reconocieron en la planicie abisal. Los foraminíferos, larvas de poliquetos, nemátodos, ostrácodos y copépodos fueron grupos taxonómicos que se reconocieron en ambas campañas y en ambas zonas batimétricas, los turbelarios sólo se reconocieron en el talud continental en ambas campañas.

La separación por centrifugación de las muestras de ambas campañas mostró ser un método selectivo para los nemátodos, larvas de poliquetos y copépodos harpacticoides, mientras que por este método los tanaidáceos, isópodos y anfípodos sólo se obtuvieron en la campaña SIGSBEE4 y los ostrácodos y leptostracos sólo en la campaña SIGSBEE5 (Tabla 3).

El índice de similitud de Sørensen en el talud continental, entre réplicas de la campaña SIGSBEE4, reconoció valores en un intervalo de 0.33 a 0.86 ($n=15$) el valor promedio fue de 0.56 ± 0.15 ($n=15$, Fig 3). En promedio las réplicas del talud continental tuvieron entre sí un 56% de similitud. En la planicie abisal los valores de CCs obtenidos variaron de 0.60 a 0.91 entre réplicas con un valor promedio de 0.75 ± 0.12 ($n=15$, Fig 3). Lo cual nos indica que en promedio las réplicas de la planicie abisal fueron 75% similares entre sí. Los valores reconocidos en la campaña SIGSBEE5 para ambas zonas batimétricas variaron de 0.55 a

Tabla 2. Clasificación taxonómica según Brusca y Brusca (1990) de los grupos identificados en muestras de meiofauna en el sector occidental del Golfo de México.

Phylum	Subphylum	Superclase	Clase	Subclase	Superorden	Orden	Grupos
Sarcomastigophora	Sarcodina	Rhizopoda	Granuloreticulosa			Foraminifera	Foraminíferos
Platyhelminthes			Turbellaria				Turbelarios
Cnidaria			Hidrozoa				Hidrozoarios
Annelida			Polychaeta				Larvas de poliquetos
Kinorhyncha							Kinorincos
Nematoda			Nematoda				Nemátodos
Echinodermata	Eleutherozoa		Ophiuroidea				Larvas de ofiuridos
Arthropoda	Chelicerata		Acarida				Acaros
	Crustacea		Maxillopoda	Ostracoda			Ostrácodos
				Copepoda		Harpacticoida	Copépodos
						Cyclopoida	
						Calanoida	
			Malacostraca	Phylocarida		Leplostraca	Leplostracos
				Eumalacostraca	Peracarida	Tanaidacea	Tanaidáceos
						Amphipoda	Anfipodos
						Isopoda	Isópodos

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

0.91 (n=15) con un valor promedio de 0.74 ± 0.10 en el talud continental y 0.73 ± 0.07 en la planicie abisal (n=15). En las réplicas del talud de ambas campañas se reconocieron valores en un intervalo de 0.30 a 1.0 con un valor promedio de 0.62 ± 0.14 . Las réplicas de la planicie abisal los valores obtenidos variaron de 0.33 a 1.0 con un valor promedio de 0.76 ± 0.20 . Entre sí las réplicas del talud de ambas campañas fueron de 62% y las de la planicie abisal fueron similares en un 76%.

Tabla 3. Grupos taxonómicos de la meiofauna que se reconocieron en dos zonas batimétricas con los dos métodos de separación (manual y centrifugación). En negritas los taxa que se reconocieron con ambos métodos. Abreviaturas S4: Campaña SIGSBEE4 S5: Campaña SIGSBEE5

Método	MANUAL				CENTRIFUGACIÓN			
	TALUD		ABISAL		TALUD		ABISAL	
Zona batimétrica	S4	S5	S4	S5	S4	S5	S4	S5
Grupo/ Campaña	X	X	X	X				
Foraminífera	X	X	X	X				
Turbelarios	X	X						
Hidrozoarios	X		X	X				
Larvas de poliquetos	X	X	X	X	X	X	X	X
Kinorincos				X				
Nemátodos	X	X	X	X	X	X	X	X
Larva de ofiúridos			X					
Ácaros		X	X	X				
Ostrácos	X	X	X	X				
Copépodos	X	X	X	X	X	X	X	X
Leplostíracos		X				X		
Tanaidáceos	X				X			
Anfípodos	X		X	X			X	
Isópodos			X				X	
Total de taxa	9	8	10	9	5	5	5	3
Total de taxa por zona	11		11		7		5	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

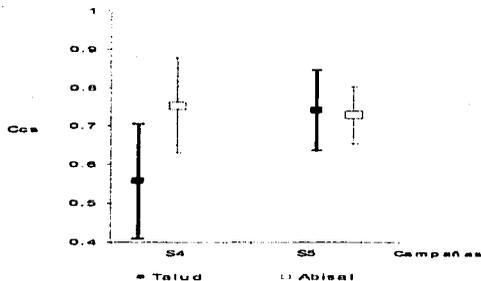
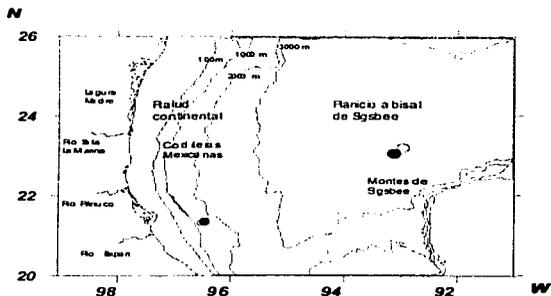


Fig 3. Valores promedio y desviación estándar del índice de similitud de Sørensen, en ambas zonas batimétricas para las campañas SIGSBEE4 (S4) y SIGSBEE5 (S5)

Riqueza taxonómica.

En las muestras de meiofauna de ambas campañas, separadas con el método manual, se reconoció un total de 14 grupos taxonómicos: 11 en el talud continental y 11 en la planicie abisal. Por zona batimétrica en las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5 se obtuvo un valor promedio de 4.41 ± 1.08 grupos taxonómicos en el talud continental ($n=12$); en la planicie abisal se obtuvo un valor promedio mayor de 5.50 ± 1.00 grupos taxonómicos ($n=12$, Fig 4 y 5). El método de centrifugación fue selectivo y permitió identificar sólo un total de ocho grupos taxonómicos (nemátodos, larvas de poliquetos, copépodos, ostrácodos, tanaidáceos, isópodos, anfípodos y leptostracos) los cuales se obtuvieron con el método de separación manual. El valor promedio de grupos taxonómicos obtenido con el método de centrifugación fue de 2.16 ± 0.93 ($n=12$) para el talud continental y de 2.41 ± 0.79 ($n=12$) en la planicie abisal (Fig 4). Se reconocieron diferencias significativas entre métodos para ambas zonas batimétricas y en ambas campañas (Tabla 4, Fig 4).



Riqueza taxonómica

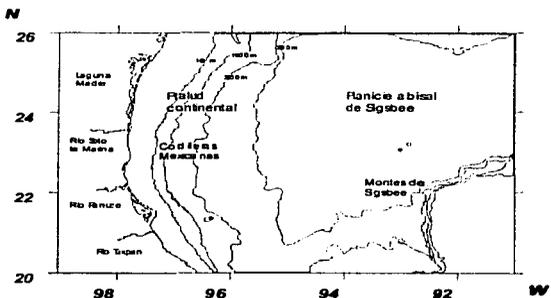


Fig. 4. Riqueza taxonómica de la megafauna en ambas campañas por los métodos de separación manual y centrifugación con Ludox AM®. Panel superior: método manual. Panel inferior: centrifugación Ludox AM®, marcadores blancos: SIGSBEE4 negros: SIGSBEE5.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

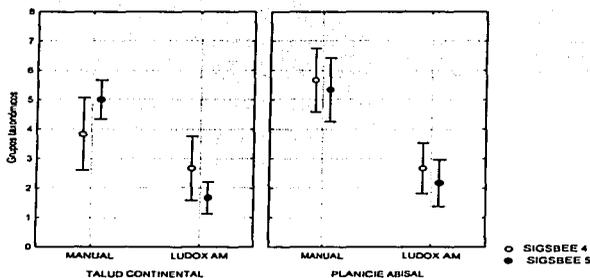


Fig 5. Comparación de la riqueza taxonómica (# de taxa) de la meiofauna de ambas campañas obtenida en las dos zonas batimétricas por los dos métodos de separación, manual y centrifugación. Las barras verticales muestran el 95% de confianza. Wilks lambda = 0.52402, F(4, 37)=8.4019, $p=0.00006$.

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza, ANOVA, de la riqueza taxonómica por método de separación y zona batimétrica Error entre MS = 0.75833, df= 40.000. Celdas con sombra muestran las diferencias significativas, Newman Keuls $p < 0.05$.

CAMPAÑA	MÉTODO	ZONA	Promedio de grupos taxonómicos por zona y método							
			4.00	5.20	2.80	2.00	4.70	5.30	2.00	2.00
SIGSBEE4	MANUAL	TALUD	0.06	0.03	0.00	0.19	0.05	0.00	0.00	
	MANUAL	ABISAL		0.00	0.00	0.33	0.74	0.00	0.00	
	LUDOX AM	TALUD			0.23	0.00	0.00	0.36	0.11	
	LUDOX AM	ABISAL				0.00	0.00	1.00	1.00	
SIGSBEE5	MANUAL	TALUD						0.00	0.00	
	MANUAL	ABISAL						0.00	0.00	
	LUDOX AM	TALUD							1.00	
	LUDOX AM	ABISAL								1.00

Por el método manual, los nemátodos se reconocieron como grupo taxonómico dominante en ambas zonas batimétricas y en ambas campañas (Fig. 6). Los foraminíferos se reconocieron así mismo como grupo taxonómico dominante en el talud continental en la campaña SIGSBEE5 y en la planicie abisal para ambas campañas. Los copépodos harpacticoides y las larvas de poliquetos se reconocieron como grupos taxonómicos constantes para ambas zonas batimétricas y en ambas campañas. Las larvas de poliquetos, los ostrácodos y turbelarios del talud continental mostraron diferencias de la frecuencia de ocurrencia y abundancia entre campañas identificándose como raros en la campaña SIGSBEE4 y como constantes en la campaña SIGSBEE5. Los hidrozorios, ácaros, anfípodos, tanaidáceos y leptostracos se reconocieron como grupos taxonómicos raros en el talud continental (Fig 6 a, b).

En la planicie abisal se reconoció a los nemátodos y foraminíferos como grupos taxonómicos dominantes, a los copépodos y larvas de poliquetos como constantes en ambas campañas. En la campaña SIGSBEE 4 los anfípodos se reconocieron como constantes y en la campaña SIGSBEE5 como raros. Los ostrácodos se reconocieron como raros en la campaña SIGSBEE4 y como taxon constante en la campaña SIGSBEE5. Los hidrozorios, isópodos, kinorincos, los ácaros y larvas de ofiúridos se identificaron como componentes raros en ambas campañas (Fig. 6 c, d).

La posición de los taxa cambio al utilizar diferentes métodos de separación, al cambiar las proporciones de ocurrencia. Con base en los valores de abundancia y frecuencia obtenidos por el método de separación por centrifugación, se reconoció a los nemátodos como grupo dominante de ambas zonas batimétricas en ambas campañas. En la campaña SIGSBEE4 los copépodos harpacticoides se reconocieron como taxon dominante en ambas zonas batimétricas y como taxa raros en ambas zonas batimétricas se reconocieron a las larvas de poliquetos y anfípodos; los tanaidáceos sólo se reconocieron en la planicie abisal en la campaña SIGSBEE4. En la campaña SIGSBEE5 en

el talud continental como taxa raras a las larvas de poliquetos, copépodos harpacticoides, éstos mismos grupos se reconocieron como taxa constantes en la planicie abisal (Fig 7). No se reconocieron taxa indicadores en ninguna de las campañas, ni con los dos métodos de separación empleados.

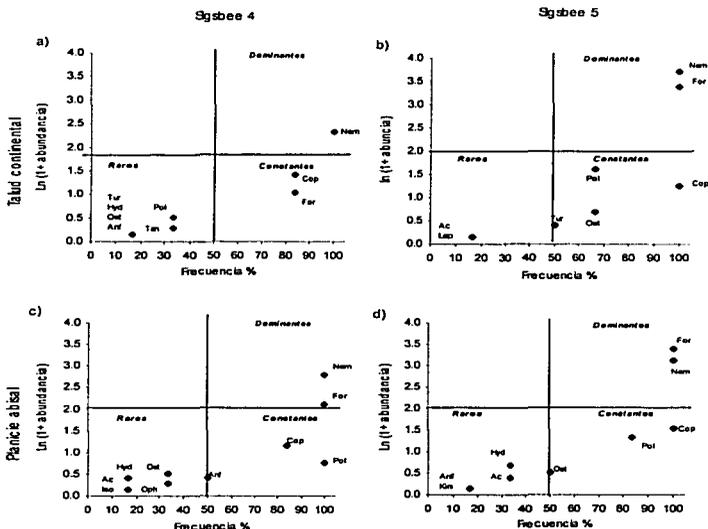


Fig 6. Análisis de Olmstead y Tukey: de los valores de abundancia y frecuencia obtenidos por el método manual. a) Talud continental, SIGSBEE4; b) Talud Continental, SIGSBEE5; c) Planicie abisal, SIGSBEE4; d) Planicie abisal, SIGSBEE5. Abreviaturas; Ac: Acaros, Anf: Anfípodos, Cop: Copépodos harpacticoides, For: Foraminíferos, Hyd: Hidrozoarios, Lep: Leptotrácos, Nem: Nemátodos, Ost: Ostrácodos, Pol: larvas de poliquetos.

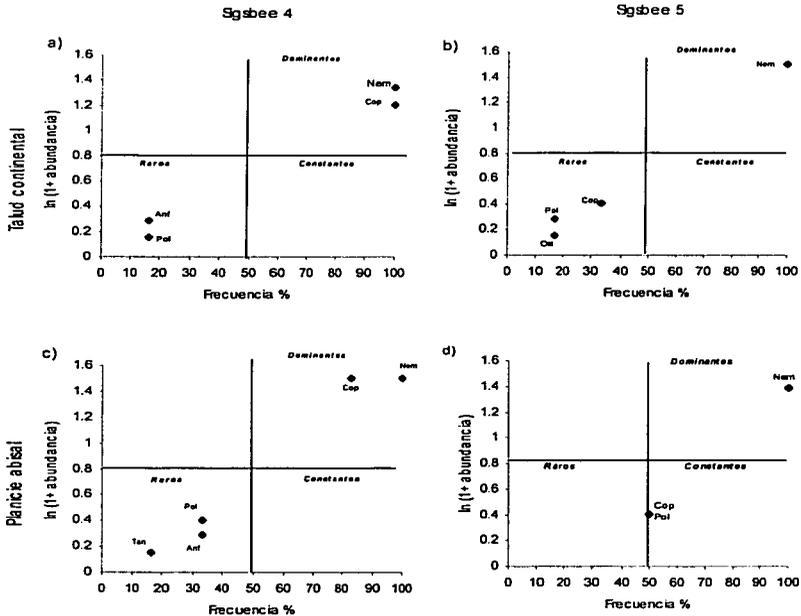


Fig 7. Análisis de Olmstead y Tukey; de los valores de abundancia y frecuencia obtenidos por el método de centrifugación con Ludox AM® a) Talud continental, SIGSBEE4; b) Talud Continental, SIGSBEE5; c) Planicie abisal, SIGSBEE4; d) Planicie abisal, SIGSBEE5. Abreviaturas: Ant: Anfipodos, Cop: Copépodos harpacticoides, Nem: Nemátodos, Ost: Ostrácodos, Pol: larvas de poliquetos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Proporción de ocurrencia de los grupos taxonómicos

Los nemátodos fueron el grupo taxonómico dominante en ambas zonas batimétricas, y en ambas campañas indistinto al método de separación usado. Los copépodos harpacticoides y los foraminíferos fueron los dos taxa que siguieron. Se reconocieron diferencias en la proporción de ocurrencia de los grupos para cada zona batimétrica y el método empleado de separación (Fig. 8). Las abundancias relativas observadas sobre el talud continental en la campaña SIGSBEE4, muestran que los nemátodos representaron el 55%, los copépodos harpacticoides el 17% y los foraminíferos el 12%, si se usa el método de separación manual. En contraste, estos tres grupos taxonómicos representaron el 52%, 37% y los foraminíferos estuvieron ausentes respectivamente con el método de centrifugación. En la planicie abisal los nemátodos representaron el 58%, los copépodos el 8% y los foraminíferos el 24% usando el método manual; por el método de centrifugación los valores obtenidos fueron 44%, 43% y los foraminíferos estuvieron ausentes respectivamente. Los valores calculados en la campaña SIGSBEE5 mostró un patrón ligeramente diferente. En el talud continental los nemátodos representaron el 48%, los copépodos el 5% y los foraminíferos 40%. Por el método de centrifugación las abundancias relativas fueron en los nemátodos del 71%, 20% en los copépodos harpacticoides y los foraminíferos estuvieron ausentes. Los nemátodos representaron 34% los copépodos harpacticoides el 7% y los foraminíferos el 50% en la planicie abisal, usando el método manual. La valores de las abundancias relativas obtenidas por el método de centrifugación representaron el 71%, 16% y los foraminíferos estuvieron ausentes respectivamente. Por el método de centrifugación se puede

presentar una sobreestimación de las abundancias relativas de los taxa en ambas zonas batimétricas, siendo más marcado en el caso de los copépodos harpacticoides (Fig 8). De lo anterior se deduce que la centrifugación no resulta efectiva para separar a los foraminíferos los cuales estuvieron ausentes.

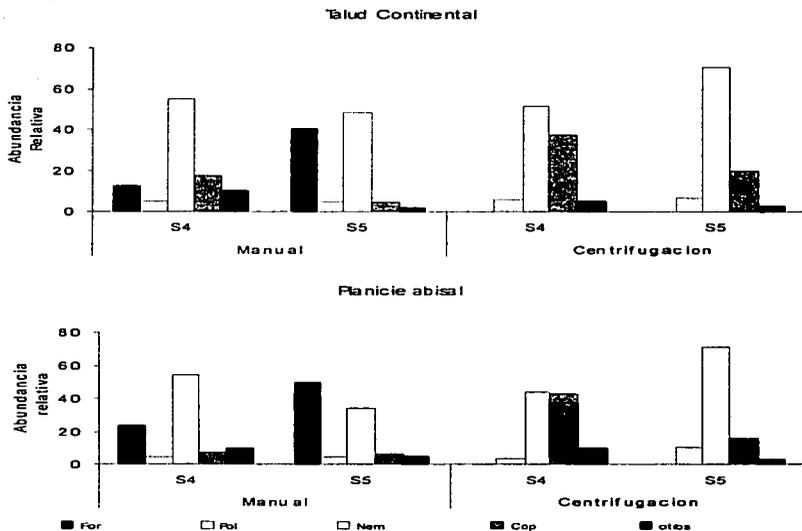


Fig 8. Abundancia relativa en porcentaje de los taxa dominantes de la meiofauna obtenida en las campañas SIGSBE4 y SIGSBE5 por el método de extracción manual y por centrifugación en dos zonas batimétricas. Panel superior: talud continental, panel inferior: planicie abisal.

Los valores más elevados de abundancia (7 a 41 Ind.) se registraron con el método de separación manual en la campaña SIGSBEE4, y los menores con el método de separación por centrifugación (1 a 19 Ind.). Los valores de la abundancia obtenidos por el método de separación manual fueron, a la vez, menores en el talud continental (7 a 31 Ind.) con un valor promedio 16 ± 11 individuos ($n=6$). En contraste, los valores de la abundancia fueron más elevados en muestras de la planicie abisal (17 a 41 Ind.), con un valor promedio de 30 ± 9 individuos ($n=6$). En ambos casos, los valores de abundancia obtenidos por el método manual de ambas localidades mostraron diferencias significativas con respecto a los obtenidos por el método de centrifugación (Newman-Keuls $p=0.03$, en el talud continental; $p=0.0001$, en la planicie abisal Fig 9).

Al comparar las abundancias obtenidas por el método manual entre campañas se observó un patrón distinto donde en la campaña SIGSBEE4 la abundancia mayor se registró en la planicie abisal mientras que en SIGSBEE5 la abundancia mayor se registró sobre el talud continental. (Fig 9). Así mismo, los valores de abundancia, para ambas zonas batimétricas, en la campaña SIGSBEE4 fueron menores con respecto a los obtenidos en la campaña SIGSBEE5. Por el método de separación por centrifugación las abundancias muestran el mismo patrón en ambas campañas, con los valores más elevados en el talud continental y los menores en la planicie abisal (Fig 9).

Los valores de abundancia en el talud continental (67-91 ind.) por el método de separación manual en la campaña SIGSBEE5 con un valor promedio de 82 ± 16 individuos fueron mayores. En contraste, los valores obtenidos en la planicie abisal fueron menores (38-87 ind) con un valor

promedio de 59 ± 18 individuos ($n=6$; Fig. 10). Los valores de abundancia (2-6 ind.) por el método de separación por centrifugación fueron mayores en el talud continental con un valor promedio de 5 ± 1 individuos ($n=6$), en la planicie abisal se obtuvo un valor promedio de 4 ± 1 individuos ($n=6$). Estos resultados muestran diferencias significativas entre ambos métodos para ambas zonas batimétricas (Newman-Keuls $p=0.0002$, en el talud continental; y $p=0.0001$, en la planicie abisal. Fig. 10, Tabla 5).

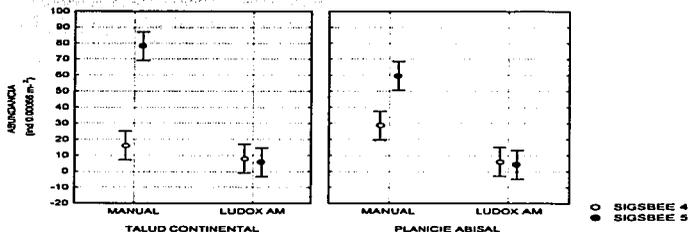


Fig 9. Valores de abundancia (ind. 0.00066m^{-2}) de la meiofauna obtenida en las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5 con los dos métodos de separación, manual y centrifugación. Las barras verticales 95% de confianza. Wilks lambda = 0.52. $F(4, 37)=8.40$, y $p=0.00$.

Tabla 5. ANOVA De la abundancia (ind. 0.00066m^{-2}) de la meiofauna por método y zona batimétrica Error MS: 118.50; $df=40.000$. Celdas con sombra las diferencias significativas Newman-Keuls <0.05

CAMPAÑA	MÉTODO	ZONA	Promedio de la abundancia por zona y método							
			16.00	28.00	8.00	6.00	78.00	59.00	6.00	4.00
SIGSBEE4	MANUAL	TALUD		0.06	0.20	0.25	0.00	0.00	0.35	0.33
	MANUAL	ABISAL			0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
	LUDOX AM	TALUD				0.75	0.00	0.00	0.93	0.93
	LUDOX AM	ABISAL					0.00	0.00	0.96	0.95
SIGSBEE5	MANUAL	TALUD						0.01	0.00	0.00
	MANUAL	ABISAL							0.00	0.00
	LUDOX AM	TALUD								0.81
	LUDOX AM	ABISAL								

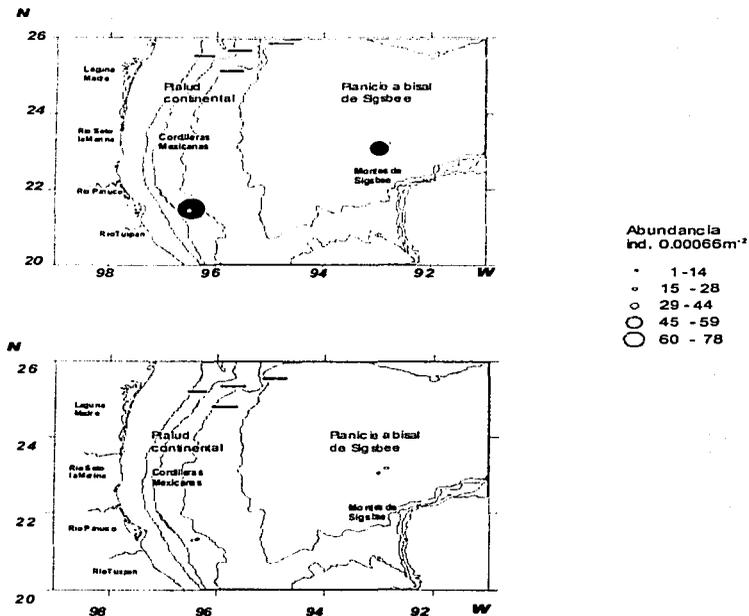


Fig 10. Abundancia de la meiofauna (ind 0.00066m⁻²) en ambas campañas por los métodos de separación manual y centrifugación con Ludox AM®. Panel superior: método manual, Panel inferior: centrifugación Ludox AM®. marcadores blancos: SIGSBEE4 negros: SIGSBEE5.

Análisis Canónico Reducido (RDA)

La interacción se explicó significativamente ($p < 0.001$) para la abundancia de los grupos taxonómicos obtenidos con los dos métodos de separación. La conclusión ecológica obtenida de este análisis apoya la hipótesis donde los dos métodos de separación producen resultados diferentes altamente significativos donde el método de centrifugación con Ludox AM® subestima la composición y abundancia con respecto al método manual. Los taxa con formas robustas como foraminíferos, ostrácodos e hidrozoarios determinan las diferencias reconocidas entre métodos. Estos tres grupos caracterizaron adicionalmente de los nemátodos y copépodos harpacticoides, al método de separación manual y estuvieron ausentes en la separación por centrifugación. A partir de un análisis canónico reducido (RDA) se reconocieron que existen diferencias significativas en las abundancias para cada uno de los métodos de separación empleados ($R^2=0.265$, $F=19.860$, $p=0.0001$; Fig 11)

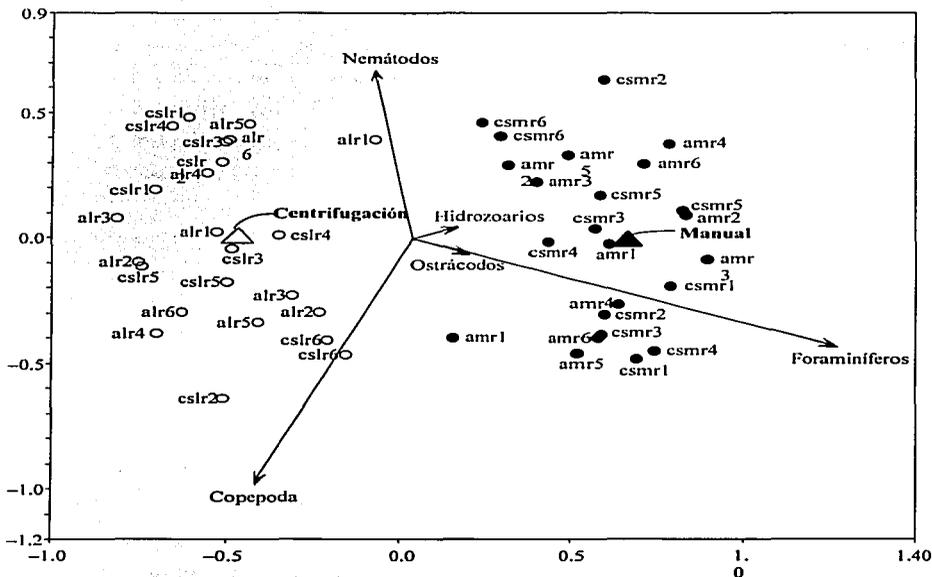


Fig 11. Gráfica de doble proyección en triángulos sólidos (método manual), blancos (método de centrifugación) de los dos métodos de separación empleados, los ejes representan los cinco grupos taxonómicos dominantes. Cada réplica se identifica en círculos; los negros a la derecha representan el método manual; los círculos blancos a la izquierda el método de separación por centrifugación. Abreviaturas cs= talud continental, a= planicie abisal, m= método manual, t= método de centrifugación con Ludox AM®; r# = número de la réplica

Densidad.

Los valores de densidad (ind.m^{-2}) de la meiofauna obtenida por el método de separación manual fueron menores para muestras del talud continental ($10,606$ a $45,455 \text{ ind.m}^{-2}$) en la campaña SIGSBEE4, con un valor promedio $23,990 \pm 15,787 \text{ ind.m}^{-2}$ ($n=6$). En contraste, los valores de densidad de la planicie abisal ($25,758$ a $62,121 \text{ ind.m}^{-2}$) fueron mayores con un valor promedio de $44,697 \pm 14,208 \text{ ind.m}^{-2}$ ($n=6$).

Los valores de densidad de la meiofauna obtenida por el método de centrifugación de la campaña SIGSBEE4 fueron más elevados para muestras del talud continental ($3,030$ a $28,788 \text{ ind.m}^{-2}$) con un valor promedio $13,131 \pm 8,660 \text{ ind.m}^{-2}$ ($n=6$). En contraste, los valores de densidad en la planicie abisal obtenidos con el método de centrifugación fueron menores ($1,515$ a $13,636 \text{ ind.m}^{-2}$), con un valor promedio de $5,303 \pm 4,365 \text{ ind.m}^{-2}$ ($n=6$). Las diferencias entre los valores de densidad de las muestras obtenidas por el método de centrifugación de ambas localidades no mostraron diferencias significativas (Newman-Keuls $p < 0.5$; Fig 12, Tabla 6).

Los valores de densidad obtenidos por el método de separación manual entre ambas campañas, mostró diferencias así mismo en el patrón o tendencia. La densidad mayor se presentó en la planicie abisal en la campaña SIGSBEE4 ($44,697 \pm 14,208 \text{ ind.m}^2$) y en el talud continental en la campaña SIGSBEE5 ($118,181 \pm 30,074 \text{ ind.m}^2$). Los valores, de densidad en ambas zonas batimétricas fueron menores ($23,990 \pm 15,787$, en el talud y $44,697 \pm 14,208 \text{ ind.m}^2$, en la zona abisal) en la campaña SIGSBEE4 con respecto a los presentados en la campaña SIGSBEE5 ($118,181 \pm 30,074$; $90,404 \pm 28,047 \text{ ind.m}^2$ respectivamente). Los valores de densidad obtenidos por el método de centrifugación presentaron el mismo patrón, con la

densidad mayor en el talud continental ($7.828 \pm 1.141 \text{ ind.m}^{-2}$) con respecto a los valores de densidad obtenidos en la planicie abisal ($6.313 \pm 2.230 \text{ ind.m}^{-2}$).

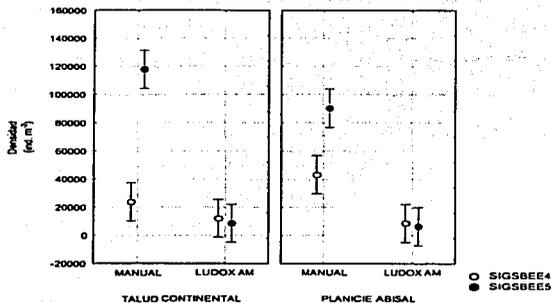


Fig 12. Valores de densidad (ind.m^{-2}) de la meiofauna obtenida en las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5 con los dos métodos de separación, manual y centrifugación con Ludox AM®. Las barras verticales al 95% de confianza. Wilks lambda=0.6156, $F(4, 37)=5.7769$, $p=0.0012$.

Tabla 6. Resultados del análisis de varianza, ANOVA, para los valores de la densidad de la meiofauna por campaña, método de separación y zona batimétrica. En sombra los que muestran diferencias significativos. Newman-Keuls $p < 0.05$.

CAMPAÑA	MÉTODO	ZONA	Promedio de la densidad por zona y método							
			24242	43182	12121	8596	118200	90404	8586	6313
SIGSBEE4	MANUAL	TALUD		0.05	0.21	0.36	0.00	0.00	0.24	0.34
	MANUAL	ABISAL			0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	LUDOX AM	TALUD				0.93	0.00	0.00	0.71	0.93
	LUDOX AM	ABISAL					0.00	0.00	1.00	0.81
SIGSBEE5	MANUAL	TALUD						0.01	0.00	0.00
	MANUAL	ABISAL							0.00	0.00
	LUDOX AM	TALUD								0.97
	LUDOX AM	ABISAL								

Los valores de densidad de la meiofauna obtenida en el talud continental por el método de separación manual en la campaña SIGSBEE5 fueron mayores (84,848 a 169,697 ind.m⁻²) con un valor promedio de 118,181±30,074 ind.m⁻² (n=6). En contraste, los valores obtenidos en la planicie abisal (57,576 a 131,818 ind.m⁻²) fueron menores, con un valor promedio de 90,404±28,047 ind.m⁻² (n=6; fig. 15), reconociéndose diferencias significativas entre las zonas batimétricas (Newman-Keuls <0.5). Los valores de densidad obtenidos por el método de centrifugación en la campaña SIGSBEE5 en el talud continental fueron mayores (6,061 a 9,091 ind.m⁻² con un valor promedio de 7,828±1,141 ind.m⁻²) con respecto a los valores obtenidos en la planicie abisal que fueron menores (3,030 a 9,091 ind.m⁻²) con un valor promedio de 6,313±2,230 ind.m⁻²).

Se reconocieron diferencias significativas entre los valores de la densidad obtenida por el método manual entre zonas batimétricas de ambas campañas y entre los métodos empleados (Tabla 6). Los valores de densidad obtenidos por el método de centrifugación con Ludox AM® en ambas zonas batimétricas de ambas campañas no mostraron diferencias significativas (Tabla 6, Fig. 12).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Biomasa.

Los valores de biomasa expresada como carbono ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) de datos obtenidos por el método manual fueron menores en el talud continental (3.80 a $15.57 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) y mostraron un valor promedio de $9.07\pm 5.08 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ ($n = 6$) para la campaña SIGSBEE4. En contraste los valores en la planicie abisal (13.41 a $33.32 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) de la misma campaña fueron mayores con un valor promedio de $19.52\pm 7.25 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ ($n=6$). Las diferencias entre los valores de biomasa obtenidos por el método manual para la campaña SIGSBEE4 mostraron diferencias significativas (Newman-Keuls $p<0.5$) en ambas zonas batimétricas (Fig 13).

Los valores de biomasa de la meiofauna obtenida por el método de centrifugación, fueron superiores en el talud continental (0.67 a $9.04 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) con un valor promedio $5.50\pm 3.35 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ ($n=6$) para la campaña SIGSBEE4. En contraste, los valores obtenidos en la planicie abisal por el método de centrifugación fueron menores (0.56 a $12.12 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$), con un valor promedio de $4.05\pm 4.21 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ ($n = 6$). En ambas zonas batimétricas los valores de biomasa obtenidos por el método de centrifugación fueron menores a los obtenidos por el método manual.

Los valores de biomasa de la campaña SIGSBEE5 de los datos observado por el método manual presentaron el mismo patrón que los obtenidos en la campaña SIGSBEE4. Los valores menores (18 a $91 \text{ mg}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$) se reconocieron en el talud continental con un valor promedio de $25.52\pm 5.97 \text{ mg}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$, que representan tres veces más a los encontrados en la campaña SIGSBEE4. En contraste los valores en la planicie abisal (21 a $48 \text{ mg}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$) fueron mayores con un valor promedio de $35.51\pm 11.43 \text{ mg}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$; que son el doble a los obtenidos en la campaña SIGSBEE4.

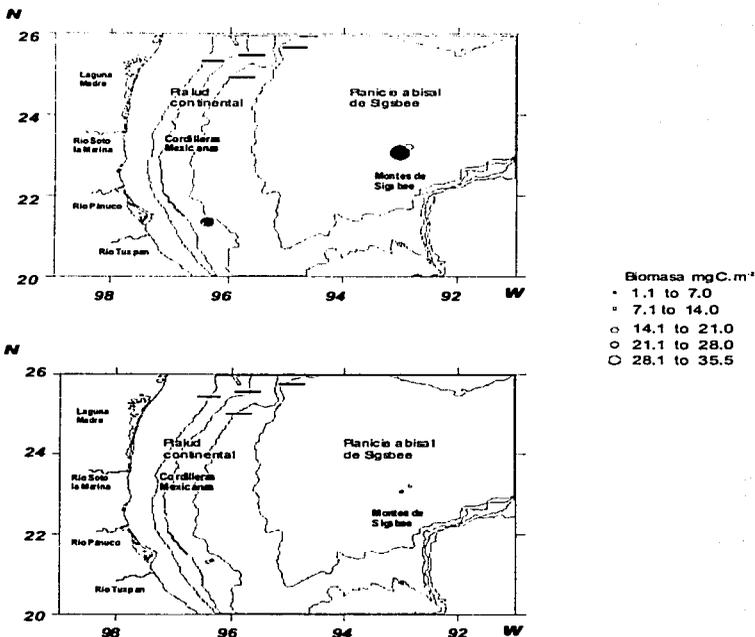


Fig 13. Valores de biomasa (mgC.m^{-2}) de la meiofauna en ambas campañas por los dos métodos de separación. Panel superior: método manual. Panel inferior: centrifugación Ludox AM®. marcadores blancos: SIGSBEE4 negros: SIGSBEE5.

Los valores de biomasa en la campaña SIGSBEE5, mostraron valores más elevados en la planicie abisal, patrón opuesto al obtenido con los datos obtenidos por el método de centrifugación que mostró valores más elevados en el talud continental que en la planicie abisal (Fig. 14). Las diferencias entre ambos métodos no fueron significativas para la zona del talud, y fueron significativas para la zona abisal (Newman-Keuls $p < 0.5$, tabla 7).

Al comparar los valores de biomasa ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2}$) reconocidos para ambas campañas, se observó que éstos, fueron en ambas ocasiones mayores en la planicie abisal. En ambas zonas batimétricas, talud continental y planicie abisal, se reconoce un aumento de la biomasa de una campaña a la otra, siendo este incremento mayor en la campaña SIGSBEE5 y en particular en la planicie abisal (Fig 15).

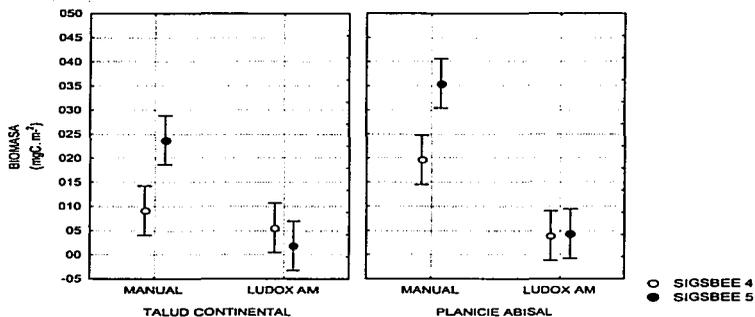


Fig. 14. Biomasa de la meiofauna a partir de los datos obtenidos por los dos métodos de extracción (manual y centrifugación), en ambas zonas batimétricas, de ambas campañas (SIGSBEE4 y SIGSBEE5)

Tabla 7. Resultados del análisis de varianza, ANOVA, de la biomasa ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) de la meiofauna por campaña oceanográfica, por método de separación y por zona batimétrica. En sombra se muestran las diferencias significativas (Newman-Keuls, $p < 0.5$)

CAMPAÑA	MÉTODO	ZONA	Promedio de la biomasa por zona y método							
			9.112	19.614	5.606	3.923	26.752	35.513	1.848	4.319
SIGSBEE4	MANUAL	TALUD	0.01	0.33	0.47	0.00	0.00	0.27	0.38	
	MANUAL	ABISAL	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00		
	LUDOX AM	TALUD	0.89	0.00	0.00	0.72	0.72	0.72		
	LUDOX AM	ABISAL	0.00	0.00	0.56	0.91	0.91	0.91		
SIGSBEE5	MANUAL	TALUD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	MANUAL	ABISAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	LUDOX AM	TALUD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	LUDOX AM	ABISAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	

Los valores de biomasa aportada por nemátodos y copépodos harpacticoides obtenidos por el método de centrifugación fueron más elevados en el talud continental (0.08 a $0.58 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) con un valor promedio de $0.3 \pm 0.20 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ ($n=6$). Los valores de biomasa en la planicie abisal obtenidos por centrifugación fueron más bajos, de 0.04 a $0.36 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$, con un valor promedio de $0.12 \pm 0.12 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ ($n=6$).

En la campaña SIGSBEE4 los foraminíferos aportaron el 10% de la biomasa, las larvas de poliquetos el 24%, los nemátodos el 34% y los copépodos harpacticoides el 8%, la proporción encontrada en la campaña SIGSBEE5 fue diferente, los foraminíferos aportaron 26%, las larvas de poliquetos 3%, los nemátodos 55% y los copépodos harpacticoides un 3%. En la planicie abisal, en la campaña SIGSBEE4 las proporciones fueron: de 19% a los foraminíferos, las larvas de poliquetos 20%, los nemátodos 26% y los copépodos harpacticoides 3%; en la campaña SIGSBEE5 las proporciones para los mismos cuatro grupos fue de 40%, 27%, 20% y 2% respectivamente (Fig. 15).

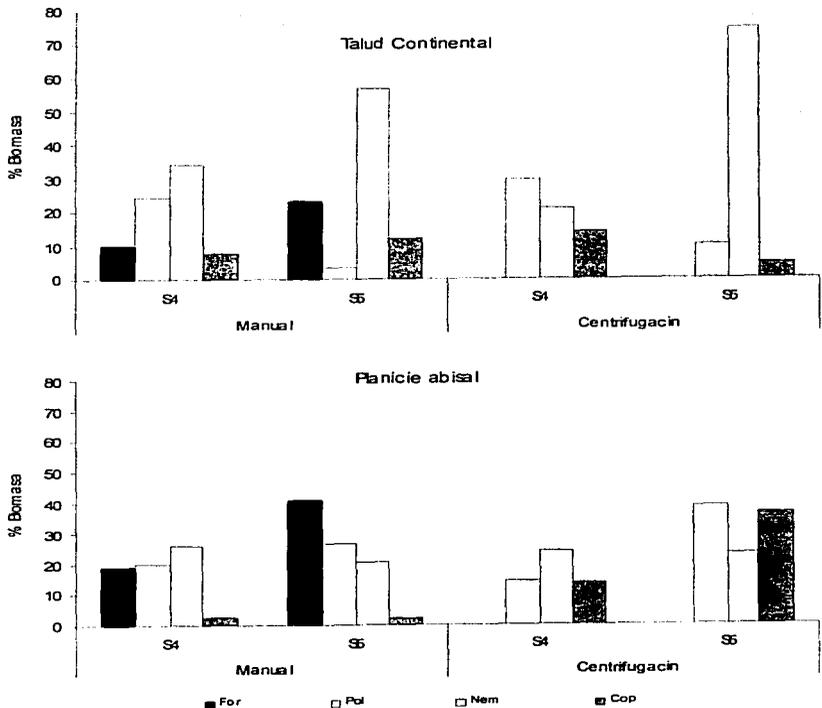


Fig 15. Porcentaje de la biomasa de los grupos taxonómicos dominantes o constantes de la meiofauna. Panel superior: talud continental, panel inferior: planicie abisal. Abreviaturas S4: SIGSBEE4, S5: SIGSBEE5.

Eficiencia.

Los valores de eficiencia en la centrifugación (E.C) en el talud continental variaron de 67 a 96% con un valor promedio de $78 \pm 15\%$ ($n=12$). Los valores de eficiencia en la centrifugación obtenidos en la planicie abisal variaron de 50 a 93% con un valor promedio de $79 \pm 19\%$ ($n=12$).

El método manual fue significativamente más eficiente que el método de centrifugación con Ludox AM®. Los valores de abundancia y composición taxonómica obtenida por el método manual fueron mayores a los valores obtenidos por el método de centrifugación.

Al comparar los valores de abundancia obtenida por el método de centrifugación con Ludox con los valores de abundancia obtenida por el método manual ($E.C_M$) se observó que los valores fueron de 7 a 83% y el valor promedio de $27 \pm 22\%$ en el talud continental ($n=12$). En la planicie abisal los valores ($E.C_M$) variaron de 6 a 55% con un valor promedio de $20 \pm 13\%$ ($n=12$). Los valores de eficiencia ($E.C_M$) fueron más bajos ($\leq 20\%$) cuando la abundancia de los foraminíferos (Fig. 16, Tabla 8) se consideró en los conteos.

Tabla 8. Valores promedio y desviación estándar (s) de la eficiencia de la centrifugación calculada a partir de la abundancia obtenida para el método de centrifugación, con respecto a la abundancia obtenida manualmente (representa el 100%). Abreviaturas $E.C_M$ = Eficiencia de la centrifugación, a partir de la abundancia obtenida manualmente. s/F= sin foraminíferos. c/F= con foraminíferos.

	E.C	$E.C_M$ s/F	$E.C_M$ c/F
Talud continental	77.61 (15.00)	39.00 (23.90)	18.48 (41.00)
Planicie abisal	78.70 (19.10)	20.40 (10.30)	14.57 (13.00)

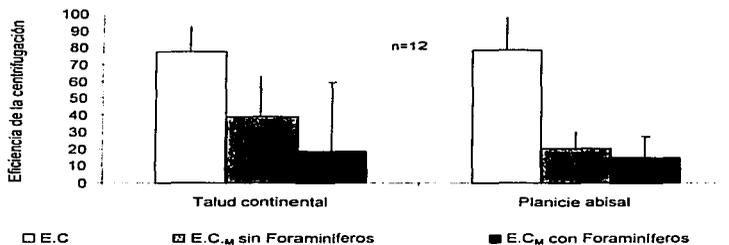


Fig 16. Promedio de la eficiencia de la centrifugación a partir de los índices E.C; E.C.M con y sin foraminíferos por zona batimétrica de ambas campañas. Abreviaciones: n=12, el número de réplicas.

Efecto de agregación del sedimento con el método de fijación empleado.

El análisis granulométrico no mostró diferencias significativas en las proporciones del tamaño de grano fijando las muestras con etanol o formol, las únicas diferencias significativas reconocidas fueron entre zonas batimétricas y se reconocieron para los tamaños de grano correspondientes a ϕ 8.5, 8.0, 7.0, 6.5 y 4.0 (Newman-Keuls $p < 0.05$) para los tamaños ϕ 8.5, 8.0, 7.0, 6.5 y 4.0 (Fig 17).

La ausencia de diferencias significativas entre métodos de fijación descartan el efecto de agregación del sedimento como interferencia entre los valores reconocidos de la abundancia de la meiofauna para los métodos de separación empleados, manual y centrifugación con Ludox AM®.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

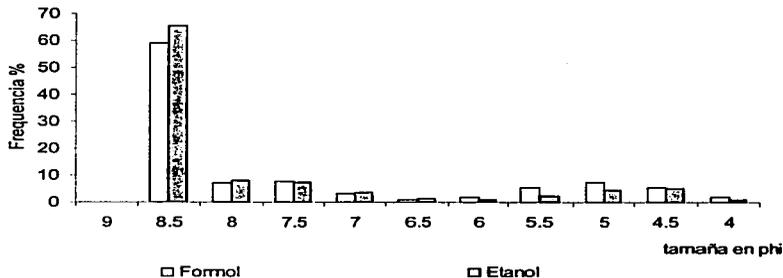
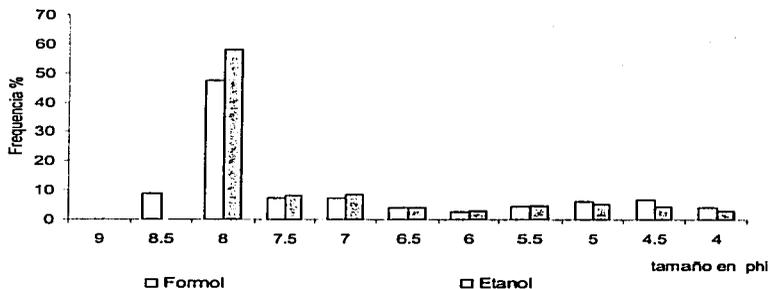


Fig. 17 Efecto de agregación del sedimento con los fijadores, formol o etanol. Panel superior: valores promedio de las muestras del talud continental. Panel inferior: Valores promedio de las muestras de la planicie abisal.

Tiempo invertido en la separación.

El tiempo requerido para procesar las muestras es significativamente diferente entre métodos para las muestras de la planicie abisal (Newman-Keuls $p=0.00015$, Fig. 18) pero no para las muestras del talud continental.

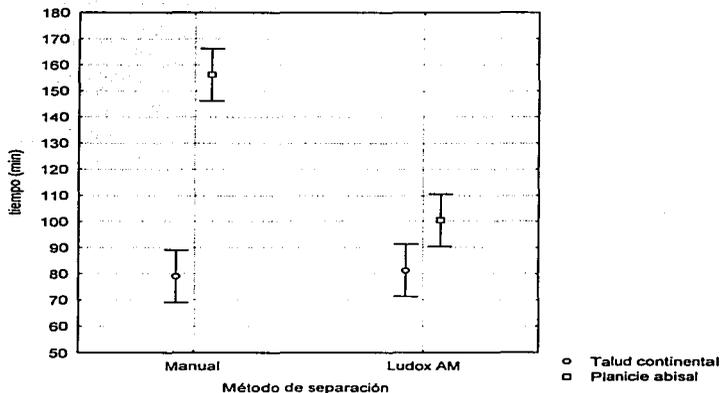


Fig. 18. Promedio del tiempo empleado en la extracción de la meiofauna por los dos métodos de separación: Manual y Ludox AM, en dos zonas baltimétricas. Barras verticales muestran el 0.95 de confianza. Wilks lambda = 0.34, $F(2,19) = 18.28$, $p = 0.00$.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Caracterización ambiental

La temperatura y salinidad en ambas campañas mostraron valores similares, la concentración de pigmentos en el sedimento y el porcentaje de carbono orgánico, la tasa de C/N, la concentración de oxígeno disuelto en agua de fondo, mostró valores más altos en la campaña SIGSBEE4 que en la campaña SIGSBEE5, el porcentaje de materia orgánica y nitrógeno orgánico mostraron valores menores en la campaña SIGSBEE4 que en la campaña SIGSBEE5. En la tabla 9 se resumen los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos del agua de fondo y sedimento superficial de las localidades estudiadas en las campañas (SIGSBEE4, SIGSBEE5).

Temperatura y Salinidad

La temperatura, y salinidad mostraron el mismo patrón en ambas campañas en las zonas batimétricas del talud continental y planicie abisal. En el talud continental la temperatura fue de 5°C y una salinidad que osciló en un intervalo de 35.02 a 35.05 ups (Tabla 9). La temperatura en la planicie abisal fue de 4°C y la salinidad de 35.43 ups. La masa de agua en el área de estudio corresponde a la Nor-Atlántica profunda.

Concentración de oxígeno disuelto

En la campaña SIGSBEE4 se obtuvieron valores mayores de oxígeno disuelto (5.4 a 5.9 mg.l⁻¹) en comparación a los obtenidos en la campaña SIGSBEE5 (4.2 a 4.4 mg.l⁻¹). En el talud continental los valores registrados fueron de 5.4 en SIGSBEE4 y 4.4 mg.l⁻¹ en SIGSBEE5, mientras que en la planicie abisal estos fueron de 5.9 y 4.2 mg.l⁻¹ respectivamente (Fig 19a; Tabla 9).

Pigmentos en sedimento.

En ambas campañas se reconoció el mismo patrón con los valores más bajos de pigmentos en sedimento encontrados en el talud continental (0.51 y $0.77 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chl-a) y los mayores en la planicie abisal (0.60 y $1.24 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chl-a). En ambas zonas batimétricas se encontraron valores más altos en la campaña SIGSBEE4 (talud $0.77 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chl-a, planicie abisal $1.24 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chl-a) en comparación a la campaña SIGSBEE5 (talud $0.51 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chl-a, planicie abisal $0.66 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ Chl-a). Se reconocieron diferencias significativas entre una campaña y otra: con los valores mayores en la campaña SIGSBEE4 ($r = 0.77$, $p = 0.00$; Fig 19b).

Materia orgánica.

El porcentaje de materia orgánica en sedimento en la campaña SIGSBEE4 fue similar en ambas zonas batimétricas (1.22% ; Tabla 9). En la campaña SIGSBEE5 los valores más altos se reconocieron en la planicie abisal (2.19%) con respecto al talud continental (1.38%). Estos valores fueron significativamente más altos en la campaña SIGSBEE5 ($r = 0.70$, $p = 0.00$) y se correlacionaron positivamente con el contenido de nitrógeno orgánico ($r = 0.99$, $p = 0.00$).

Nitrógeno orgánico: El porcentaje de nitrógeno orgánico presentó un patrón diferente de una campaña a la otra (Tabla 9). Se reconoció un incremento para ambas zonas batimétricas, de la campaña SIGSBEE4 a SIGSBEE5 (talud 0.08 a 0.09% ; planicie abisal 0.08 a 0.14%) siendo los valores casi del doble en la planicie abisal en la campaña SIGSBEE5 (Fig 19c). Se reconocieron diferencias significativas entre ambas campañas ($r = 0.77$, $p = 0.00$).

Carbono orgánico. En ambas campañas se presentó el mismo patrón en el porcentaje de carbono orgánico (Tabla 9). Los valores fueron mayores en el talud continental (con un valor promedio de 3.48%, n=2) que en la planicie abisal (con un valor promedio de 2.94%, n=2). Los valores variaron de una campaña a la otra, los valores tanto del talud continental como de la planicie abisal fueron el doble o más en la campaña SIGSBEE4 (talud 4.88% planicie abisal 4.99%) que en la campaña SIGSBEE5 (talud 2.07% y planicie abisal 0.90%) (Fig. 19 d). Se reconocieron diferencias significativas con la tasa C/N ($r = 0.99$, $p = 0.00$)

En el talud continental la tasa de C/N fue mayor, siendo para la campaña SIGSBEE4, 60.94 y para la campaña SIGSBEE5 de 21.92. En la planicie abisal la tasa de C/N fue de 66.47 para la campaña SIGSBEE4 y 6.31 para la campaña SIGSBEE5. Los valores reconocidos en el talud continental en la campaña SIGSBEE4 fueron casi tres veces mayores en comparación a la campaña SIGSBEE5, mientras que en la planicie abisal éstos fueron más de 10 veces en la campaña SIGSBEE4 con respecto a la campaña SIGSBEE5. Se reconocieron diferencias significativas entre campañas ($r = 0.97$, $p = 0.00$)

Granulometría. La proporción promedio de arenas (7.35%) fue del doble en el talud continental con respecto a la proporción promedio en la planicie abisal (3.49%). El porcentaje promedio de limos en el talud continental fue de 92.65% y en la planicie abisal de 96.51% (Fig 20). La proporción de limos en la campaña SIGSBEE4 fueron menores (talud continental 92.08%, planicie abisal 94.73%) que las encontradas en la campaña SIGSBEE5 (93.02%, 98.29% respectivamente). Se reconocieron diferencias significativas en los porcentajes de arenas ($\Phi = 4$) y de limos en los tamaños

ϕ (Φ) 8.5, 8.0, 7.0, y 6.5 entre zonas batimétricas (Newman-Keuls $p = 0.04$; $F = 175.78$; $MS = 5.84$; $df = 25$), pero no entre campañas.

En la Tabla 10 resume los valores de correlación entre los factores ambientales por campaña y por zona batimétrica.

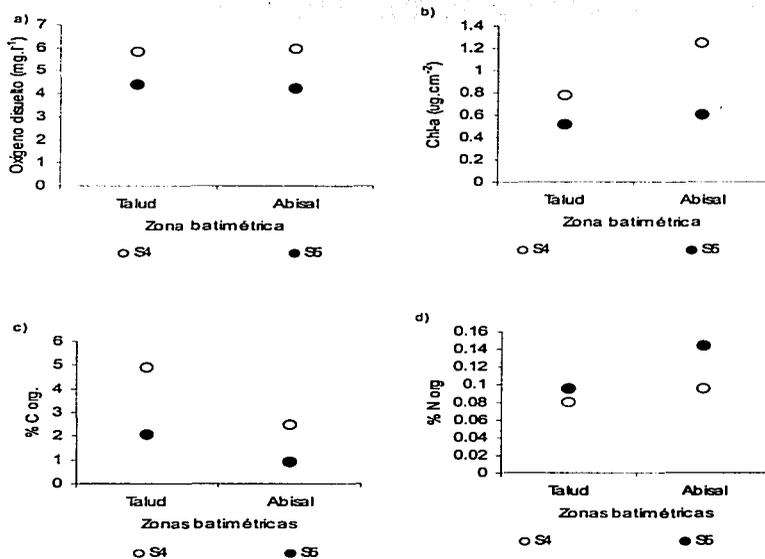


Fig 19. Gráfica de correlación de los parámetros ambientales en las campañas SIGSBEE4 (S4) y SIGSBEE5 (S5); para las zonas batimétricas: talud continental y planicie abisal. a) Concentración de pigmentos en el sedimento superficial ($\mu\text{g.cm}^{-2}$); b); Concentración de oxígeno disuelto (mg.l^{-1}) en el agua de fondo; c) % Nitrógeno orgánico en sedimento; d) % Carbono orgánico en sedimento. Con símbolos blancos los valores promedio de la campaña SIGSBEE4 y con símbolos sólidos negros los valores promedio de la campaña SIGSBEE5.

Tabla 9. Localización de las estaciones y factores ambientales en el área de estudio, por campaña y zona batimétrica. Abreviaturas. Prof: profundidad, Sal: Salinidad, ups: unidades prácticas de salinidad, OD Concentración de oxígeno disuelto del agua de fondo, %M.O: Materia orgánica en sedimento %C: Carbono orgánico en el sedimento, %N: Nitrógeno orgánico en sedimento, Chl-a: pigmentos en sedimento.

	Talud Continental		Planicie Abisal	
	SIGSBEE 4	SIGSBEE 5	SIGSBEE 4	SIGSBEE 5
Latitud (N)	21°19.09	21°21.1846	23°12.30	23°04.0635
Longitud (W)	96°25.19	96°21.4864	92°50.69	93°00.4049
Prof. (m)	1.630	1.860	3,830	3720
T°C	5	5	4	4
Sal ups	35.05	35.02	35.43	35.40
% limos	92.08	93.22	94.73	98.29
O.D mg.l ⁻¹	5.44	4.4	5.94	4.2
% M.O	1.22	1.38	1.22	2.19
% C	4.88	2.07	4.99	0.90
% N	0.08	0.09	0.08	0.14
C/N	60.94	21.92	66.47	6.31
Chl-a µg.cm ⁻²	0.77	0.51	1.24	0.60

Tabla 10. Matriz de correlación de los parámetros ambientales por campaña y zona batimétrica. . Abreviaturas: zona: zona batimétrica; %N org= porcentaje de nitrógeno orgánico; %C org= porcentaje de carbono orgánico; % M.O= porcentaje de materia orgánica en sedimento superficial; txt= tamaño de grano de sedimento; ups: unidades prácticas de salinidad; O.D= oxígeno disuelto en agua superficial; Chl-a= pigmentos en sedimento superficial; r taxa= r de acuerdo taxonómica. Cuadros sombreados muestra valores significativos (p<0.05)

Campaña	Campaña	zona	% N	% C	C/N	% M.O	txt	OD (mg.l ⁻¹)	UPS	Chl-a (µg.cm ²)	T°C
		-0.00	0.77	-0.97	-0.97	0.70	0.50	-0.99	-0.08	-0.80	-0.00
		p=1.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.01	p=0.02	p=0.72	p=0.00	p=1.00
zona			0.40	-0.15	-0.099	0.5034	0.83	-0.02	1.00	0.50	-1.00
			p=0.05	p=0.49	p=0.65	p=0.012	p=0.00	p=0.93	p=0.00	p=0.13	p=0.00
% N				-0.90	-0.89	0.99	0.85	-0.82	0.34	-0.58	-0.40
				p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.10	p=0.003	p=0.05
% C					1.00	-0.85	-0.66	0.99	-0.07	0.76	0.15
					p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.73	p=0.00	p=0.49
C/N						-0.84	-0.62	0.99	-0.02	0.80	0.10
						p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.91	p=0.00	p=0.65
% m.o							0.90	-0.76	0.45	-0.46	-0.50
							p=0.00	p=0.00	p=0.03	p=0.02	p=0.01
txt								-0.54	0.78	-0.08	-0.82
								p=0.00	p=0.00	p=0.72	p=0.00
OD (mg.l ⁻¹)									0.06	0.82	0.02
									p=0.79	p=0.00	p=0.93
UPS										0.56	-1.00
										p=0.00	p=0
CHLA (µg.cm ²)											-0.50
											p=0.01
T°C											

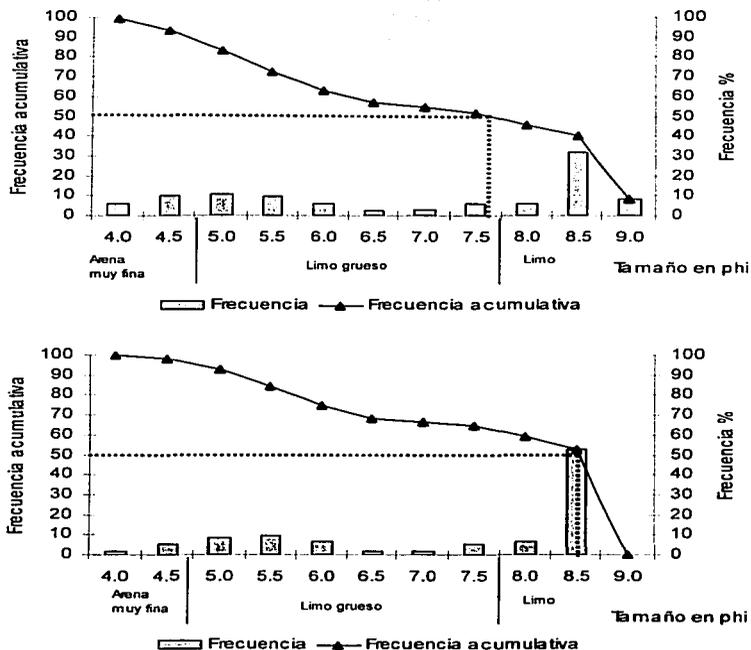


Fig 20. Histograma de frecuencias del tamaño promedio de grano del sedimento superficial. Panel superior: Talud continental; panel inferior Planicie abisal.

Tabla 11. Correlación de los parámetros comunitarios vs. ambientales. Abreviaturas: zona: zona batimétrica; %N org= porcentaje de nitrógeno orgánico; %C org= porcentaje de carbono orgánico; % M.O= porcentaje de materia orgánica en sedimento superficial; txt= tamaño de grano de sedimento; UPS= unidades prácticas de salinidad; O.D= oxígeno disuelto en agua superficial; Chl-a= pigmentos en sedimento superficial; r taxa= riqueza taxonómica. Cuadros sombreados muestra valores significativos (p<0.05)

	Campaña	zona	% N org	% C org	C/N	% M.O	txt	OD (mg.l ⁻¹)	UPS	Chl-a (µg.cm ⁻²)	°C	
Manual	abundancia	r=0.82 p=0.00	r=-0.05 p=0.80	r=0.78 p=0.02	r=0.74 p=0.00	r=0.74 p=0.00	r=0.41 p=0.04	r=0.30 p=0.15	r=-0.79 p=0.00	r=-0.12 p=0.59	r=-0.59 p=0.00	r=0.05 p=0.80
	densidad	r=0.83 p=0.00	r=-0.05 p=0.81	r=0.46 p=0.00	r=0.75 p=0.00	r=0.74 p=0.00	r=0.42 p=0.00	r=0.30 p=0.15	r=-0.79 p=0.00	r=-0.11 p=0.59	r=-0.59 p=0.00	r=0.05 p=0.81
	biomasa	r=0.83 p=0.00	r=0.46 p=0.02	r=0.68 p=0.00	r=0.69 p=0.00	r=0.67 p=0.00	r=0.69 p=0.00	r=0.70 p=0.00	r=-0.64 p=0.00	r=0.41 p=0.05	r=-0.28 p=0.18	r=-0.46 p=0.02
	r taxa	r=0.20 p=0.35	r=0.44 p=0.03	r=0.27 p=0.20	r=-0.24 p=0.26	r=-0.21 p=0.31	r=0.30 p=0.15	r=0.43 p=0.03	r=-0.19 p=0.36	r=0.42 p=0.04	r=0.10 p=0.64	r=-0.44 p=0.03
Ludox AM®	abundancia	r=-0.32 p=0.12	r=-0.34 p=0.10	r=-0.40 p=0.05	r=0.41 p=0.04	r=0.40 p=0.05	r=-0.41 p=0.05	r=-0.43 p=0.03	r=0.38 p=0.06	r=-0.29 p=0.16	r=0.13 p=0.54	r=0.32 p=0.12
	densidad	r=-0.36 p=0.08	r=-0.38 p=0.06	r=-0.39 p=0.00	r=0.39 p=0.06	r=0.37 p=0.07	r=-0.40 p=0.05	r=-0.46 p=0.02	r=0.36 p=0.08	r=-0.33 p=0.11	r=0.08 p=0.70	r=0.36 p=0.08
	biomasa	r=0.06 p=0.76	r=0.02 p=0.91	r=-0.02 p=0.94	r=0.20 p=0.35	r=0.19 p=0.36	r=0.01 p=0.96	r=0.00 p=0.99	r=0.24 p=0.26	r=0.09 p=0.69	r=0.14 p=0.51	r=-0.06 p=0.76
	r taxa	r=-0.27 p=0.20	r=-0.30 p=0.15	r=-0.18 p=0.39	r=0.26 p=0.23	r=0.24 p=0.27	r=-0.19 p=0.37	r=-0.29 p=0.17	r=0.25 p=0.24	r=-0.25 p=0.23	r=-0.01 p=0.97	r=0.27 p=0.20

La riqueza taxonómica se correlaciono positivamente con la proporción de limos en sedimento ($r=0.43$) y negativamente con la temperatura ($r= -0.44$)

La abundancia obtenida por el método manual se correlaciono positivamente con el porcentaje de materia orgánica y ésta correlación fue significativo ($r= 0.39$, $p=0.062$), la con el porcentaje de nitrógeno orgánico ($r= 0.45$, $p=0.027$; Fig. 21a), se correlaciono negativamente con el porcentaje de carbono orgánico ($r= -0.64$ $p=0.001$; Fig. 21b), con la concentración de pigmentos en sedimento ($r=-0.60$, $p=0.0.002$; Fig 21c) y con la concentración de oxígeno disuelto ($r=-0.73$, $p=0$; Fig. 21d).

Los valores de biomasa obtenidos por el método manual, presentaron una correlación negativa con la proporción de C/N ($r=-0.67$, Fig.22a) con la porcentaje de carbono orgánico ($r= -0.69$, Fig. 22b) y con la concentración de oxígeno disuelto ($r= -0.64$ Fig.22c) y una correlación positiva con el porcentaje de nitrógeno orgánico ($r= 0.68$, Fig. 22d), con el contenido de materia orgánica ($r= 0.69$, Fig. 22e) y con la proporción de limos en sedimento ($r= 0.70$; Fig. 22f). Los valores se resumen en la Tabla 11.

Los valores de abundancia obtenidos por el método de centrifugación se correlacionaron negativamente con la proporción de limos en sedimento ($r=-0.45$) y una correlación positiva con el contenido de carbono orgánico ($r= 0.41$).

TESIS CON
SELLA DE ORIGEN

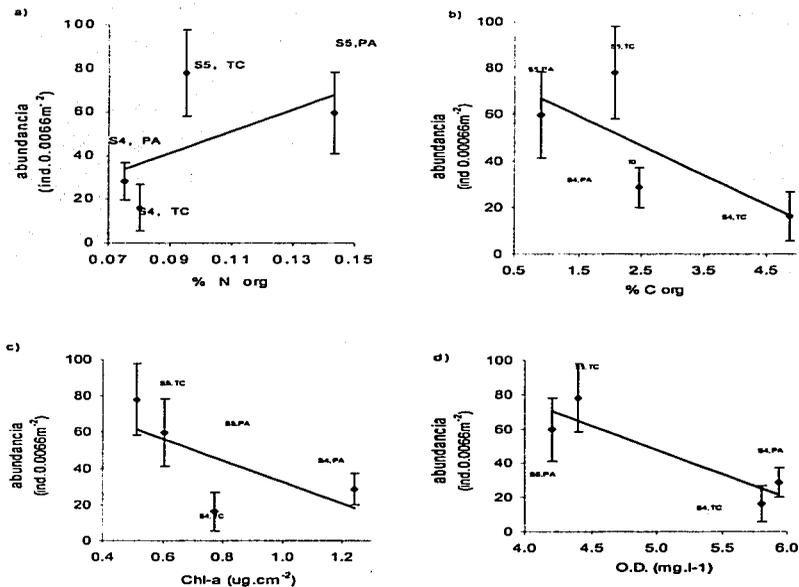


Fig. 21 Grafica de correlación de la abundancia por zona con respecto a la variación a) % nitrógeno orgánico en sedimento, b) % carbono orgánico en sedimento ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$); c) pigmentos en sedimento ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$); d) oxígeno disuelto $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Abreviaturas S4= Campaña SIGSBEE4, S5= Campaña SIGSBEE5, TC= Talud continental, PA= Planicie abisal.

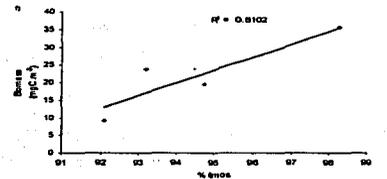
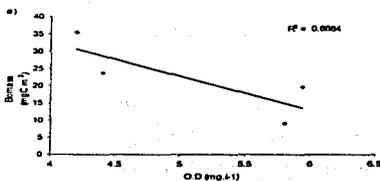
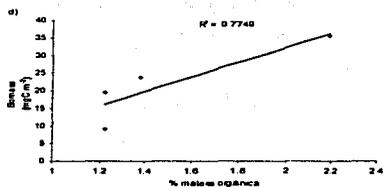
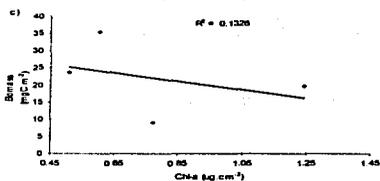
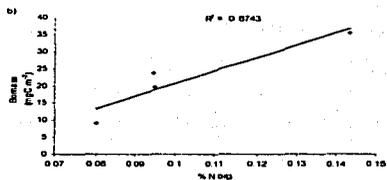
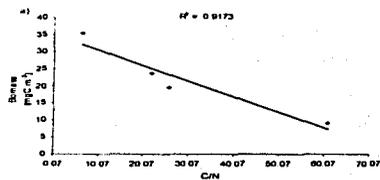


Fig 22. Gráfica de correlación de la biomasa con respecto a la variación a) tasa C/N; b) % Nitrógeno orgánico, c) pigmentos en sedimento, d) % materia orgánica, e) oxígeno disuelto (mg.l⁻¹), f) proporción de limos en sedimento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Discusión

Composición y riqueza taxonómica

Los grupos taxonómicos reconocidos en este estudio son similares a los conocidos por Neira et al. (2001) en Perú; y por Salas (2001) y Díaz (2001) en otros transectos del sector occidental del Golfo de México. Comparar la composición taxonómica con otros trabajos en ocasiones resulta difícil debido a que citan solamente los nemátodos y copépodos harpacticoides, ya que en general constituyen aproximadamente el 80% de la meiofauna y el resto de los grupos taxonómicos se agrupan comúnmente en otros o misceláneos.

El hecho de haber observado valores más altos del coeficiente de similitud (74%) por la composición faunística en la planicie abisal que en el talud continental (65%) indica que la composición taxonómica es menos variable entre años en la planicie abisal que en el talud continental ya que éste es un sistema más dinámico debido a las condiciones hidrográficas de la cuenca y su tasa de exportación al fondo.

Al ser la planicie abisal un ambiente muy estable (Gage and Tyler, 1992) ha permitido que un mayor número de especies se especialicen resultando en diversidad alta (Dayton and Hessler, 1972). Esta especialización podría estar representada en los hábitos alimenticios debido a que el recurso nutricional es limitado en la zona abisal reconociéndose mayor aún en los trópicos donde son denominados sistemas oligotróficos (Sanders 1968). Sin embargo ésta no es la única teoría propuesta para explicar la diversidad alta en las zonas abisales, también se ha propuesto que hay un mecanismo de exclusión de competencia la cual permite que un número mayor de especies co-existan (Dayton and Hessler 1972). La diversidad alta en la

planicie abisal no puede ser explicada en un esquema de causa-efecto sino en el marco de un sistema dinámico. Los gradientes en la productividad se han considerado relevantes en los patrones reconocidos en la diversidad de especies (Waide et al. 1999), siendo unimodales en los sistemas terrestres por la relación que existe entre vegetación y animales (Rosenzweig 1995) y que se ha escrito en forma similar en el ambiente marino con respecto a la profundidad (Rex 1981) mostrando una correlación con biomasa, abundancia (Cosson et al. 1997) y la productividad primaria suprayacente (Lampitt and Antia 1998).

Abundancia y densidad.

En diversos estudios se ha reconocido una tendencia de la abundancia de la meiofauna a disminuir con la profundidad. Esto está correlacionado con la calidad y cantidad de materia orgánica que llega al fondo que sustenta a las comunidades benthicas y con la distancia a la costa donde se encuentran áreas más productivas (Alongi and Pichon 1988; de Bovée et al. 1990).

Los valores reconocidos de densidad en este estudio obtenidos en la campaña SIGSBEE4 muestran la misma tendencia presentada por Sibuet et al. (1984) con los valores más altos a una profundidad mayor. En general son parecidos a los presentados por Salas (2001) en el Golfo de México y son mayores a los encontrados en otras áreas del mar tropical; desde un factor de 2 hasta 10.

La variación anual que se se presentó en la abundancia de la meiofauna entre campañas podría ser resultado de un incremento de la exportación de materia orgánica al fondo ya que la meiofauna responde directamente

a la depositación de alimento aumentando su población en un intervalo muy corto (de Bovée 1990).

El comparar datos obtenidos por diferentes autores resulta complicado por las diferencias que existen en los protocolos usados. Thiel (1983) al comparar muestras tomadas simultáneamente por Racher (1975) y Thiel (1975) al utilizar diferente malta de tamiz 50 μm y 42 μm respectivamente obtuvieron valores de 86 ind. 10cm^{-2} y 571 ind. 10cm^{-2} respectivamente lo cual muestra diferencia significativas de casi 6 veces más utilizando una malta de tamiz menor. Si a esto se le añade la variación que puede existir por el método de separación empleado es necesario proponer un método ideal que tenga una mejor calidad en la obtención de datos o aplicar un modelo matemático que nos permita el comparar los datos obtenidos por los diferentes grupos de estudio.

La tabla 12 resume algunos valores reconocidos en diferentes áreas del Golfo de México y áreas tropicales del océano mundial. En la zona del talud continental los valores de densidad obtenidos por los diferentes métodos son más homogéneos que los reconocidos en la planicie abisal. Las diferencias existentes entre métodos de separación empleados pueden ser amplificadas si se analizan diferencias que puedan existir por las variaciones entre los tamices empleados en cada estudio.

Resulta interesante reconocer una tendencia de incremento en la densidad con la profundidad (Fig. 23) al graficar los valores de diversos autores, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en la campaña SIGSBEE4, lo cual se opone con descripciones de grupos donde los patrones muestran en la densidad del bentos una disminución con la profundidad (Gage and Tyler 1992) después de un incremento a

profundidades intermedias (Rex, 1981). En contraste, por el método de centrifugación la tendencia de los resultados presentados en la Tabla 12 muestran fue a disminuir con la profundidad, lo cual es consistente con lo presentado en este estudio. Un aspecto que requiere un mayor análisis es el de la variabilidad local de la comunidad y de los patrones que pudieran reconocerse entre latitudes y climas latitudinales ya que éstas se vinculan a las escalas espaciales (Jahnke, 1996)

Biomasa.

Las proporciones obtenidas del aporte de la biomasa para los diferentes grupos son parecidas a las presentadas por Díaz (2001) en el mismo sector de la cuenca.

Los foraminíferos se les ha reconocido como un grupo importante dentro de la meiofauna, en particular en las zonas abisales (Alongi and Pichon 1988), y que junto con los nemátodos se consideran más tolerantes a condiciones de estrés (e.g. condiciones hipóxicas y anóxicas; Gooday et al. 2000). Siendo ambos grupos taxonómicos dominantes, el uso de técnicas distintas de separación se ve reflejado en los valores de biomasa, lo cual es de gran importancia en su uso en modelación de simulación de flujos de energía. Los valores de biomasa (Tabla 12), independientemente del método de separación empleado mostraron una tendencia a incrementar con la profundidad.

Los patrones de biomasa pueden variar a lo largo de gradientes ambientales en los cuales las interacciones bióticas pueden ser la causa más importante de los patrones observados por productividad superficial, flujo de partículas, concentración de oxígeno, heterogeneidad espacial y perturbación biótica como se ha descrito para la diversidad por Levin et al

(2001). Resultados del Golfo de Lions han reconocido que los patrones observados en la melofoauna asemejan los reconocidos por bacterias (Accornero et al. 2002).

Tabla 12 Comparación de la densidad y biomasa de la melofoauna obtenida por diferentes métodos de separación. En el Golfo de México y otras regiones del océano mundial tropical a más de 1,000 m. Abreviaturas n.d.= sin dato, aprox.= aproximada.

Zona	Prof. aprox. (m)	Tamiz (µm)	Técnica	Densidad (ind. m ⁻²)	Biomasa (mgC.m ⁻²)	Referencia
GOLFO DE MÉXICO						
Norte	1,350 3,000	63	n.d.	1,500	10.00	Pequegnat et al. 1990
Centro	1,716 3,600	54	manual	14,242 322,466	8.00 124.00	Díaz 2001
Bahía de Campeche	1,300 1,500	54	Manual	30,370 23,055	70.00 60.00	Salas 2001
Norte	1,500 3,000	45	Centrifugación	100,000 60,000	60.00 44.00	Montagna et al. 2002
Centro	1,630 1,840 3,830 3,720	54	Manual	24,242 118,200 43,182	9,112 26.61 19.61	Este estudio
			Centrifugación	90,404 12,121 8,586 8,596 6,313	35.51 5.61 1.85 3.92 4.32	
ZONAS TROPICALES						
Costa W de África	1,868 3,810	42	manual	7,107 4,505	47.61 24.92	Saltwedel 1997
Mar Mediterráneo (E)	1,490	45	Centrifugación	13,801	26.18	Donavaro et al. 1995a
Mar Mediterráneo (E)	969	37	Centrifugación	1,470	14.80	Donavaro et al. 1995b
Perú	1,210	40	Decantación	5,480	n.d.	Neira et al. 2001
Pianicie abisal de Demerara (O. Atlántico)	4,455	40	Centrifugación	3,184	9.7	Sibuet et al. 1984
Costa Mauritania NW Atlántico	1,500 3,110 4,500	n.d.	Centrifugación	10,390 5,250 1,270	9.63 4.34 1.12	Relaxans et al. 1996
Bahía Salami, Japón	1,430	31	Manual	10,380	1.90	Shimanaga and Shirayama 2000
Puerto Rico	5,411	44	n.d.	1,140	14.78	Thieljen et al. 1989
Mar Coral	1,355	45	Manual y centrifugación	11,950	n.d.	Alongi and Pichon 1988

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

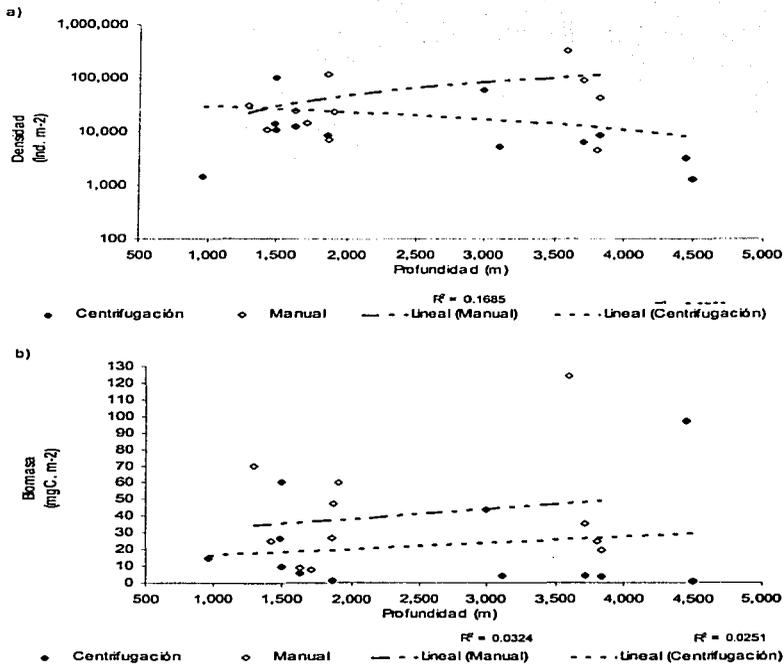


Fig 23. Panel Superior. Comparación de los valores de densidad (ind.m⁻²) en diferentes áreas del Golfo de México y del océano tropical obtenida por los métodos de separación manual y centrifugación. Panel Inferior. Comparación de los valores de biomasa (mg C. m⁻²) obtenidos por los métodos de separación manual y centrifugación. Símbolos negros: método de separación manual; blancos: método de centrifugación.

Eficiencia.

Schwinghamer (1981) de Jonge and Bouwman (1977) Burgess (2001) observaron que la eficiencia de la extracción de nemátodos y copépodos son mayores a 95%, mediante el método de centrifugación. Sin embargo, Cromar and Williams (1991) al comparar el número de nemátodos recuperados por ambos métodos observaron que los nemátodos fueron más numerosos por el método manual, no así para los copépodos que fueron más numerosos por centrifugación. Las abundancias de los anfípodos también fueron mayores por el método manual. En los anélidos no hubo diferencia entre un método y otro y reportan eficiencias >95% cuando toman en cuenta el total de la meiofauna obtenida. Este patrón coincide con los resultados obtenidos en éste estudio al presentarse una proporción mayor de los copépodos harpacticoides con el método de separación por centrifugación que con el manual.

Con las abundancias de los diferentes grupos pueden utilizarse como índices bióticos (BI) que permiten establecer las condiciones tróficas del habitat, así como el grado de contaminación que pueda estar presente en el sistema (Borja et al.2000). En la zona del talud se obtuvo un índice de BI = 5 en el cual prevalecen especies oportunistas, mientras que en la zona abisal fue de BI = 2, en el cual prevalecen especies especialistas.. Las diferencias que se encuentran en la proporción de los grupos taxonómicos, abundancia y biomasa por ambos métodos se pueden llevar a interpretaciones erróneas. En relación a la proporción de los copépodos harpacticoides con respecto al total, por el método de centrifugación tiende a ser mayor al 40% y por el método manual es menor al 20%.

Los resultados del estudio coinciden también con los presentados por de Jonge and Bouwman (1977), Olafsson and Elmgren (1997) y Kröncke et al. (2000) donde los foraminíferos, moluscos y ostrácodos no se pueden extraer eficientemente por el método de centrifugación, lo cual se relaciona a que presentan una densidad mayor, similar a la del sedimento, así mismo son formas más compactas.

En relación a los valores calculados de la eficiencia en la centrifugación calculados como E.C. son similares a los presentados por otros investigadores (Burgess 2001; Schwinghamer 1981; Alongi 1990). Las diferencias que se pueden presentar están más relacionadas a la experiencia al emplear el método. Con el uso frecuente de este método se pueden obtener eficiencias mayores, hasta de un 95%. En estudios realizados por Kröncke et al. (2000) se tomaron muestras para meiofauna y otras para foraminíferos, las cuales fueron revisadas por el método manual. Se reconoció que el estudio de Kröncke et al. (2000) no incluyó a los foraminíferos como parte de la meiofauna. Sin embargo, Alongi and Pichon (1988) reconocieron que la abundancia, en general, disminuye con la profundidad. Cuando se incluye a los foraminíferos la abundancia se puede incrementar significativamente llegando a constituir entre el 29 y 99% de la abundancia total en las zonas abisales.

Caracterización ambiental.

Más que la temperatura o la salinidad, el O_2 disuelto es un factor determinante para la presencia de fauna en el mar profundo. Este factor varía de 0 a 7 ml.l⁻¹ a nivel mundial (Tyler, 1995). Aunque comúnmente ocurre cerca de la saturación existen regiones donde éste está ausente afectando la densidad de la fauna asociada al sedimento (Levin et al.

2000). A pesar de que el número de estudios es reducido para la meiofauna, se ha reconocido que los foraminíferos y algunos otros taxa muestran picos de densidad en las fronteras de oxígeno mínimo (Levin et al. 2000) y que por su talla están confinados a dichas condiciones anóxicas casi inmediatamente (Jorissen et al. 1998) sin afectar los valores de densidad (Cook et al. 2000)

Los valores obtenidos de oxígeno disuelto reportados en este estudio son más bajos a los valores reportados por Morrison and Nowlin (1977). 7.14mg.l⁻¹ en la zona abisal. Uno de los retos al interpretar el efecto y la importancia relativa del estrés fisiológico y las interacciones bióticas que ocurren en el mar profundo (Levin et al. 2000). Entre los mecanismos más comúnmente empleados que facilitan la oxigenación del sedimento esta la bioirrigación, la construcción de madrigueras, valores de densidad con el margen de Oman alcanzan 2.533 ind. por c/10 cm⁻² de foraminíferos solamente (Gooday et al. 2000)

Los valores obtenidos de la concentración de pigmentos en sedimento para la zona del talud son similares a los obtenidos en años anteriores (Hernández 2002). En la planicie abisal los valores obtenidos en la campaña SIGSBEE4 duplicaron a los encontrados anteriormente. Sin embargo, Beaulieu (2002) menciona que se han encontrado valores de hasta 129 µg.g⁻¹ de pigmentos en el sedimento en zonas abisales. Modelos comparativos de la exportación y uso de C_{bio} en comunidades bénticas han reconocido que la cantidad exportada esta en balance con la biomasa en el talud con respecto a la plataforma continental (Accornero et al. 2000). En el caso del Mar Árábigo la distribución de la biomasa y

diversidad de foraminíferos meiofaunales se relaciona estacionalmente con las surgencias generadas por los monzones.

Los valores del contenido de carbono orgánico encontrados en este estudio para la zona del talud continental son mayores a los reportados anteriormente para misma zona de estudio (Hernández 1999) mientras que para la zona de la planicie abisal son similares. Los valores de concentración de nitrógeno orgánico, materia orgánica y C/N son similares a los reportados por Hernández (1999) para la misma área de estudio. Resultados de los estudios en el Mar Árabe permiten reconocer que los foraminíferos benthicos de menor talla (30-125 μm) juegan un papel relevante en la caracterización de habitats oligotróficos, donde el flujo de partículas y alimento es limitado (Kurbjewall et al. 2000), donde la correlación mayor fue entre la porosidad y contenido de O_2 en el sedimento y en menor grado con pigmentos cloroplásticos.

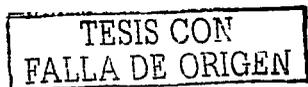
La presencia de concentraciones menores de oxígeno disuelto permite que la calidad de la materia orgánica depositada en el fondo tenga una mayor calidad con una mayor proporción de compuestos nitrogenados (Neira et al. 2001; Duplisa and Hargrave 1996) lo cual se refleja en valores de abundancia de la meiofauna más altos. Las concentraciones altas de clorofila-a y de materia orgánica conllevan a una abundancia mayor de la meiofauna (Shimanaga and Shirayama 2000). Alongi and Pichon (1988) reportan que puede haber altas concentraciones de clorofila a y baja abundancia de meiofauna, lo cual puede indicar que esta recién depositada. La abundancia de la meiofauna en mar profundo depende más de la calidad del alimento que se esta depositando que de la cantidad. (Donavaro et al. 1995a; Soltwedel 1997). La calidad depende de

la velocidad de depositación donde el material alcanza velocidades de depositación mayores al conformarse en agregados, heces de salpas y otros (Gage and Tyler 1992, Beaulieu, 2002). Los efectos estacionales de COP en el Mar Árábigo han mostrado que a tasas mayores los nemátodos se distribuyen más al interior del sedimento y alcanzan tallas mayores (Sommer and Pfannkuche, 2000) con similitudes a las registradas a profundidades iguales en el Golfo de México. La variabilidad es regional determinado por flujo de COP, clorofila-a y biomasa bacteriana como carbono biodisponible (Accornero et al. 2003).

En cuanto a los valores de abundancia, densidad y biomasa al correlacionarlos con los diferentes parámetros ambientales permitieron reconocer diferencias significativas cuando se utilizaron los valores obtenidos con el método manual no así cuando se utilizaron los datos obtenidos con el método de centrifugación. Por lo cual es importante elegir el método más eficiente en la obtención de datos ya que se puede llegar a conclusiones erróneas sobre que factores que están afectando o modulando la comunidad que se está estudiando. Al correlacionar los parámetros ambientales con los comunitarios es necesario aplicar el método que nos de una mejor calidad de datos. Ya se ha planteado que pueden existir diferencias significativas entre el método de separación empleado. Thiel (1983) lo planteo para las diferentes mallas de tamiz, y Shirayama and Fukushima (1995) plantearon que se presenta una diferencia significativa al usar nucleador de caja US-NEL en comparación con usar un nucleador múltiple, ya que no se presenta el efecto de lavado en éste último.

Conclusiones

1.
 - a) La composición taxonómica mostró diferencias entre los métodos empleados. El mayor número de grupos taxonómicos se obtuvo manualmente (11 grupos taxonómicos) con respecto al número obtenido con el método de separación por centrifugación con Ludox AM® (7 en el talud continental y 5 en la planicie abisal).
 - b) Los foraminíferos, turbelarios, hidrozooarios, kinorincos, larvas de otiuridos, ácaros fueron grupos taxonómicos que no se recuperaron por el método de centrifugación, si por el método manual.
 - c) Los foraminíferos y nemátodos se determinaron como dominantes por el método manual. Los copépodos harpacticoides y las larvas de poliquetos se identificaron como taxa constantes.
 - d) Por el método de centrifugación los foraminíferos se encontraron ausentes. Los nemátodos se reconocieron como dominantes, los copépodos harpacticoides y las larvas de poliquetos se determinaron como taxa raros en ambas zonas batimétricas..
2.
 - a) En la zona del talud continental el coeficiente de similitud de Sørensen (CCs) nos indicó que el 65% de los taxa es similar entre las réplicas.
 - b) En la zona de la planicie abisal el 74% de los taxa fue similar entre las réplicas.
 - c) La composición taxonómica entre zonas batimétricas fue similar en 70 %.
3.
 - a) Los valores de abundancia entre los métodos de separación manual o por centrifugación mostraron diferencias significativas.
 - b) El valor promedio de la abundancia fue de 47 ± 35 ind 0.00066 m^{-2} ($n=12$) en la zona del talud.



- c) El valor promedio de la abundancia fue de 7 ± 3 ind 0.00066 m^2 ($n=12$) en la zona del talud con el método manual con el método de centrifugación.
- d) El mismo patrón con los valores más altos, de abundancia, obtenidos con el método manual 44 ± 23 ind 0.00066 m^2 ($n=12$) se presentó en la planicie abisal; en contraste, los valores encontrados con el método de centrifugación fueron menores con un promedio de 5 ± 2 ind 0.00066 m^2 ($n=12$).
4. a) Los valores más altos de biomasa obtenidos con el método manual se reconocieron en la planicie abisal ($27.56 \text{ mgC} \cdot \text{m}^2$) en comparación a los valores obtenidos en el talud continental ($17.93 \text{ mgC} \cdot \text{m}^2$).
- b) Los valores de biomasa obtenidos por el método de centrifugación fueron ocho veces menores a los obtenidos por el método manual; los valores más altos ocurrieron en la planicie abisal ($4.12 \text{ mgC} \cdot \text{m}^2$) y fueron menores a los registrados en el talud continental ($3.72 \text{ mgC} \cdot \text{m}^2$).
- c) El grupo taxonómico que aportó la mayor biomasa en el talud continental fue el de los nemátodos con más del 40% del total de la separación manual, en contraste en la planicie abisal el grupo que aportó una mayor proporción de biomasa fueron los foraminíferos con más del 30% del total.
- d) En el talud continental los nemátodos también fueron el grupo taxonómico con mayor aporte de biomasa más del 50% del total, usando el método de centrifugación, y en el caso de la planicie abisal los valores promedio y proporción de los grupos taxonómicos recuperados fueron muy similares.
5. a) La correlación entre zonas batimétricas positiva significativa y significativa con los valores concentración de materia orgánica, el tamaño promedio del grano del sedimento y la concentración de pigmentos en sedimento superficial.

- b) Los valores de abundancia, densidad (ind.m^{-2}) y biomasa (mgC.m^{-2}) obtenidos con el método manual mostraron una correlación positiva significativa con el nitrógeno orgánico y con la materia orgánica; la correlación fue negativa y significativa con el carbono orgánico, con la tasa de C/N, la concentración de oxígeno disuelto y la concentración de pigmentos en sedimento.
- c) Los valores de abundancia obtenidos por el método de centrifugación mostraron una correlación positiva significativa con el carbono orgánico, y una correlación negativa significativa con el nitrógeno orgánico, el porcentaje de materia orgánica, y con el tamaño de grano del sedimento superficial.
- d) La concentración de oxígeno disuelto, la calidad de la materia orgánica, así como el tamaño de grano del sedimento superficial y la concentración de pigmentos en el sedimento superficial fueron determinantes tanto en la composición taxonómica, de la abundancia y la biomasa de la meiofauna.
6. El tiempo empleado en la separación de la meiofauna no resultó ser un factor determinante de la eficiencia entre métodos de separación (manual y centrifugación); la pérdida considerable de información fue más relevante en la riqueza taxonómica, la composición taxonómica, la abundancia, la densidad y la biomasa que se mostraron empobrecidos al emplear el método de separación por centrifugación.
7. El uso de etanol y de formol como fijador no generaron agregación del sedimento por lo cual se descarta que el fijador influya en los resultados obtenidos de este estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Literatura citada

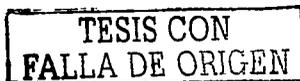
Formato: Limnology and Oceanography: Methods

- Accornero, A., P. Picon, F. de Bovée, B. Charnière and R. Buscail. 2003. Organic carbon budget at the sediment-water interface on the Gullf of Lions continental margin. *Cont. Shelf. Res.* **23**: 79-92.
- Alongi, D.M. 1986. Quantitative estimates of benthic protozoa in tropical marine systems using Silica Gel: A comparison of methods. *Est. Coast. Mar. Sci.* **23**:443-450.
- Alongi, D.M., and M. Pichon. 1988. Bathyal sediments of the western Coral Sea: Distribution and abundance in relation to microbial standing stocks and environmental factors. *Deep-Sea Res.* **35**: 491-503.
- Alongi, D.M. 1990. Bacterial growth rates, production and estimates of detrital carbon utilization in deep-sea sediments of the Solomon and Coral Sea. *Deep-Sea Res.* **37**:731-746
- Barnett, B.E. 1980. A physico-chemical method for the extraction of marine and estuarine benthos from clays and resistant muds. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* **40**:225-256.
- Beaulieu, S.E. 2002. Accumulation and fate of phytodetritus on the sea floor. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* **40**:171-232.
- Bloem, J., B. Bär-Gilissen and T.E. Cappenberg 1986. Fixation, counting, and manipulation of heterotrophic nanoflagellates. *App. Env. Microb.* 1266-1272.
- Borja, A., J. Franco, and V. Pérez. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pol. Bull.* **40**:1100-1114.
- Bouma, H. A. 1972. Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of México p35-65. 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 Pub., Houston, Texas
- Bovée, F. de, D.G. Laurence and J. Soyer 1990. Quantitative distribution of deep-sea meiobenthos in the northwestern Mediterranean Gulf of Lions. *Cont. Shelf. Res.* **10**:1123-1145.
- Brown, J.H and B. A. Maurer 1985. Body size, ecological dominance and Cope's rule. *Nature* **324**:248-250.
- Brusca, R and G. Brusca 1990. *Invertebrates*. Sinauer Assoc. Inc. Pub. Sunderland, M.A. 922
- Bryant, W.R., J. Lugo, C. Córdova and A. Salvador 1991. *Physiography and Bathymetry*, p 13-30 In A. Salvador [ed]. *The Gulf of Mexico Basin, The Geology of North America Vol. J, The Geological Society of America, Inc.*
- Burgess, R. 2001. An improved protocol for separating meiofauna from sediments using colloidal silica sols. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **214**:161-165.
- Chapelle, G., and L. Peck 1999. Polar gigantism dictated by oxygen availability. *Nature* **399**:114-115.
- Cook, A. A., P. J. D. Lamshead, L. E. Hawkins, N. Mitchell and L. A. Levin. 2000. Nematode abundance at the oxygen minimum zone in the Arabian Sea
- Cosson, N., M. Sibuet, J. Galeron. 1997. Community structure and spatial heterogeneity of the deep-sea macrofauna at three contrasting sections in the tropical northeast Atlantic. *Deep-Sea Res.* **44**:247-269.
- Coull, B.C., R.I. Ellison, J.W. Fleeger, R. Higgins, W.D. Hope, W.D. Humon R.M. Rieyer, W.E. Sterrer, H. Thiel and J.H. Tietjen 1997. Quantitative estimates of the meiofauna from the deep-sea off North Carolina. *Mar. Biol.* **39**:233-240.
- Coull, B. C., and T. Chandler 1992. Pollution and meiofauna: field, laboratory and mesocosm studies *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **30**:191-271.

- Cromar, G. L. and D. D. Williams 1991. Centrifugal flotation as an aid to separating invertebrates from detritus in benthic samples. *Hydrobiologia*, **209**:67-70.
- Czerno, Z. 1984. Margen continental de colisión en la parte sur occidental del Golfo de México. *Rev. Inst. Geol.* **5**:255-261.
- Dagg, M.J. 1988. Physical and biological responses to the passage of a winter storm in the coastal and inner shelf waters of the northern Gulf Of Mexico. *Cont. Shelf. Res.* **8**:167-178.
- Dayton, P., and R. Hessler 1972. Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep-sea. *Deep-Sea Res.* **19**: 199-208.
- Deming, J.W. and J. A. Baross 1993. The early diagenesis of organic matter: bacterial activity, p 119-143. In: M.H Engel, and S.A. Macko [Eds.], *Organic Geochemistry*. Plenum Press New York.
- Díaz, C. A. 2001. Patrón de distribución de la riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la meiofauna en un gradiente batimétrico del sector occidental del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. UNAM
- Donavaro, R., N. Della Croce, A. Eleftheriou, M. Fabiano, N. Papadopoulou, C. Smith and A. Tselepidis 1995a. Meiofauna of the deep sea eastern Mediterranean Sea: distribution and abundance in relation to bacterial biomass, organic matter composition and other environmental factors. *Prog. Oceanogr.* **36**:329-341.
- Donavaro, R., M. Fabiano, G. Albertelli, N. Della Croce 1995b. Vertical distribution of meiobenthos in bathyal sediments of the eastern Mediterranean Sea: Relationships with labile organic matter and bacterial biomasses. *Mar. Ecol.* **16**:103-116.
- Drazen J.C., J. Baldwin and K. L. Smith 1998. Sediment community response to a temporarily varying food supply at an abyssal station in the NE Pacific. *Deep-Sea Res.* **45**:893-913.
- Duplisa D.E. and B. T. Hargrave 1996. Response of meiobenthic size structure, biomass and respiration to sediment organic enrichment. *Hidrobiologia* **339**:161-170.
- Duplisa D.E. and A. Drgas A. 1999. Sensitivity of a benthic, metazoan biomass size spectrum to differences in sediment granulometry. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **177**:73-81
- Elliot, B.A. 1982. Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. *J. Phys. Oceanogr.* **12**:1292-1309
- Escobar, E and L. A. Soto, 1997(3). Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of Mexico. *Cont. Shelf. Res.* **17**:585-604.
- Escobar, E; M. López, L. A. Soto y Signoret, M. 1997. Densidad y biomasa de la meiofauna del talud continental y superior de dos regiones del Golfo de México. *Ciencias Marinas*, **23**: 463-487.
- Escobar, E. M. Signoret, y D. Hernández 1999. Variación de la densidad de la infauna macrobentónica en un gradiente batimétrico: Oeste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*, **25**:193-212.
- 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. UNAM.
- Feller, R. J. and R. M. Warwick 1979. *Energetics*, p.181-196. In: R. P. Higgins and H. Thiel [eds.], *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian, Washington.
- Flint, R. W. & N. N. Rabalais 1981. *Environmental studies of a marine ecosystem*. University of Texas Press. pp:91-96

- Fleeger, W. J., D. Thistle and H. Thiel 1988. Sampling equipment, p 115-125. In: R.P. Higgins and H. Thiel [eds.], *Introductions to the study of meiofauna* Smithsonian Institution Press.
- Gage, J.D. and P.A. Tyler 1992. *Deep-sea biology: A natural history of organisms at the deep-sea floor*. Cambridge University Press.
- Gottleson, D.A 1976. An ecological study of the benthic meiofauna and macroinfauna of a soft bottom on the Texas outer continental shelf. Ph. D. Thesis. Univ. Texas, A&M.
- Giere, O. 1993. *Meiozoobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Goody, A. J., B. J. Bell, R. Shires, P. J. D. Lamshead 1998. Deep-sea benthic foraminiferal species diversity in the NE Atlantic and NW Arabian sea: a synthesis. *Deep-Sea Res.* II **45**:165-201.
- Goody, A. J., J. M. Bernherd, L. A. Levin and S. Suhr. 2000. Foraminifera in the Arabian Sea OMZ and other oxygen deficient settings: taxonomic composition, diversity and relation to metazoan faunas. *Deep-Sea. Res.* **47**: 54-73.
- Gray, J. S. 1981. *The ecology of marine sediments*. Cambridge Studies in modern Biology 2. Cambridge U. Press.
- Hair J. F., R. E. Anderson, R.L. Tatham and W. C. Black 1999. *Análisis multivariante*. 5ª ed. Prentice Hall.
- Hamilton, P. 1990. Deep currents in the Gulf of Mexico. *J. Phys. Oceanogr.* **20**:85-90.
- Help, C., N. Smol and W. Hautkiel 1974. A rapid method of extracting meiobenthic nematodes and copepods from mud and detritus. *Mar Biol.* **28**:79-81.
- Hernández, D. R. 1999. *Riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la infauna macrobentónica a lo largo de un gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México*. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M.
- Hernández, D. R. 2002. *Riqueza de familias de distribución y variabilidad genética de los tanaladóceos (Crustacea: Peracárido) del mar profundo del oeste del Golfo de México*. Tesis M en C. U.N.A.M.
- Hessler, R. R. and P. A. Jumars 1974. Abyssal community analysis from replicate box cores in the central North Pacific. *Deep-Sea Res.* **21**:185-209.
- Higgins, P. R., and H. Thiel 1988. *Introduction to the study of meiofauna* Smithsonian Institution Press.
- Hoffman, E.E. and S. J. Worley 1986. Circulation of the Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.* **91**:14221-14236
- Jahnke, R. 1996. The global ocean flux of particulate organic carbon, areal distribution and magnitude *Global. Biogeochem. Cycles* **10**:71-88.
- Jonge, V.N. de 1979. Quantitative separation of benthic diatoms from sediments using density gradient centrifugation in the colloidal silica Ludox-TM. *Mar.Biol.* **51**:267-278.
- Jonge, V.N. de, and L. A. Bouwman 1977. A simple density separation technique for quantitative isolation of meiobenthos using the colloidal silica Ludox-TM. *Mar. Biol.* **42**:143-148.
- Kennedy, A. D. 1993. Minimal predation upon meiofauna by endobenthic macrofauna in the Eze Estuary, south west England *Mar. Biol.* **117** 319-331
- Kröncke, I., A. Vanreusel, M. Vincx, J. Wollenburg, A. Mackensen, G. Liebbezeit and B. Behrends 2000. Different benthic size-compartments and their relationships to sediment chemistry in the deep Eurasian Arctic Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **199**:31-41

- Kurbjewall, F., G. Schniedl, R. Schiebel, C. Hemleben, O. Pfannkuche, K. Wallmann and P. Schäfer. 2000. Distribution, biomass and diversity of benthic foraminifera in relation to sediment geochemistry in the Arabian Sea. *Deep-Sea Res.* **47**:54-73.
- Lampitt, R. and R. Antia. 1997. Particle flux in the deep seas: regional characteristics and temporal variability. *Deep-Sea Res.* **44**:1377-1373.
- Legendre, P. and M. J. Anderson. 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecol. Mon.* **69**: 1-24.
- Legendre, P. and E. Galleger 2001. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecol. Mon.* **69**:271-280.
- Levin, L. A., J. D. Gage, C. Martin and P. A. Lamont. 2000. Macrabenthic community structure within and beneath the oxygen minimum zone, NW Arabian Sea. *Deep-Sea Res.* **47**:189-226.
- Levin, L. A., R. J. Etter, M. A. Rex, A. J. Gooday, C. R. Smith, J. Pineda, C. T. Stuart, R. R. Hessler and D. Pawson. 2001. Environmental influences on regional deep sea species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **32**:51-93.
- Longhurst, A. R., and D. Pauly 1987. *Ecology of tropical oceans*, p 62-104. In: *Biological communities of tropical oceans*. Academic Press, Inc. USA
- Mare, M. 1942. A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* **25**:517-554
- Maya E.C. 1993. Patrones de distribución de la meiofauna de la plataforma continental del Golfo de México. Reporte UAM, México
- McIntyre A. D and Warwick R. M. 1971. Meiofauna techniques p 217-244. In: N.A. Holme and A.D McIntyre (eds.), *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell, 2nd edition.
- Montagna P. A. 1991. Meiobenthic communities of the Santa Barbara Basin on the California continental shelf. *Cont. Shelf Res.* **11**:1355-1378.
- Montagna, P., J. Baguley and L. Hyde 2002. Meiofauna. *Infauna Report MMS DGOMB-JSSD*
- Morrison, J. M., and W. D. Nowlin 1977. Repetead nutrient, oxygen, and density section through the Loop Current. *J. Mar. Res.* **35**:105-128.
- Murray, J. M. H., A. Meadows and P. S. Meadows 2002. Biogeomorphological implications of microscale interactions between sediment geotechnics and marine benthos: a review. *Geomorph.* **47**:15,30.
- Murrel, C. M. and J. W. Fleeger 1989. Meiofauna continental shelf affected by hypoxia. *Cont. Shelf Res.* **9**: 1049-1062.
- Neira, C., J. Sellanes, L. Levin, and W. Arntz 2001. Meiofaunal distribution on the Peru margin: relationship to oxygen and organic matter availability. *Deep-Sea Res.* **48**:2453-2472.
- Nichols, J. A. 1979. A simple flotation technique for separating meiobenthic nematodes from fine grained sediments. *Trans. Am. Microsc. Soc.* **98**:127-130.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. Nueva Colección Interamericana. SA de CV.
- Olafson E and R. Elmgren 1997. Seasonal Dynamics of sublittoral meiobenthos in relation to phytoplankton sedimentation in the Baltic Sea. *Est. Coast Shelf Sci.* **45**:149-164.
- Pella, E. 1990. Elemental organic analysis. Part 1. *Am. Lab.* **22**: 116-125



- Pequegnat, W.E., B. J. Gallaway and L.H. Pequegnat 1990. Aspects of the ecology of the deep-water fauna of the Gulf of Mexico. *Am. Zool.* **30**:45-64.
- Peters, H.R. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press. 329pp.
- Pica-Granados, Y., M. G. Ponce Vélez, y A. Barron-Echaury, 1991. Oceanografía geológica del Golfo y Mar Caribe. p 1-29. In: De la Lanza, G. [comp] Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor, S.A.
- Powell E. N., T. J. Bright, A. Woods, and S. Gittings. 1983. Meiofauna and the Thiobios in the East Flower Gardens Grine seep. *Mar. Biol.* **73**: 269-283.
- Rachor, E. 1975. Quantitative Untersuchungen über Meiobenthos der nordostatlantischen Tiefsee. *Meteor Forschungsber.* Ser. **21**:317-329.
- Radziejewska, T., J. W. Fleeger, N. N. Rabalais and K. R. Carman. 1996. Meiofaunal and sediment chloroplastic pigments on the continental shelf off Louisiana. U.S.A. *Cont. Shelf. Res.* **16**: 1699-1723.
- Relaxans J.C, J. Deming, A. Dinét, J. F. Gaillard and M Sibuet 1996. Sedimentary organic matter and micro-meiobenthos with relation to Irphic conditions in the tropical northeast Atlantic. *Deep-Sea Res.* **43**:1343-1368.
- Rex, M. A. 1981. Community structure in the deep-sea benthos. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **12**:331-353
- Rosenzweig, H. L. 1995. Species diversity in space and time. Cambridge U. Press.
- Rowe, G. T. 1983. Biomass and production of the deep-sea macrobenthos p 97-121. in Rowe G. T. [Ed], *The Sea*. Vol. 8. John Wiley & Son, USA.
- Rowe, G.T, M. Sibuet, J. Deming, J. Tietjen, A. Khripounoff 1990. Organic carbon turnover time in deep-sea benthos. *Prog. Oceanogr.* **24**:141-160.
- Salas, J. A. 2001. Variación espacial y batimétrica de la biomasa de la meiofauna del suroeste del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M.
- Sanders, H. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.* **102**:243-282.
- Schwinghamer, P. 1981. Extraction of living meiofauna from marine sediments by centrifugation in a silica-sol-sorbitol mixture. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* **38**:476-478
- Shimanaga, M., and Y. Shirayama 2000. Response of benthic organism to seasonal change of organic matter deposition in the bathyal Sagami Bay, central Japon. *Oceanol. Acta.* **23**:91-107.
- Shirayama, Y. and T. Fukushima 1995. Comparisons of deep-sea sediments and overlying water collected using multiple corer and box corer. *J. Oceanogr.* **51**:75-82.
- Sibuet, M., C. Monniot, D. Desbruyères, A. Dinét, A. Khripounoff, G. Rowe and M. Segonzac 1984. Benthic populations and trophic characteristic in the Demarea Abyssal Basin Atlantic Ocean. *Oceanol. Acta.* **7**:345-358
- Sokal, R.R., and F. J. Rohlf 1995. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 3rd ed. W.H. Freeman and Co. N.Y.
- 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
- Sommer, S. and O. Pfannkuche. 2000. Metazoan meiofauna of the Arabian Sea: Standby stocks, size spectra and regional variability in relation to monsoon induced enhanced sedimentation regimes of particulate organic matter. *Deep Sea Res.* **47**:2957-2977.

Soto, L.A and E. Escobar 1995. Coupling mechanisms related to benthic production in the SW Gulf of Mexico. p 233-242. In: A. Eleftheriou, A.D., Ansell and J. Smith (eds.), Biology and ecology of Shallow Water 28th European Marine Biology Symposium series. Olsen and Olsen, Denmark.

ter Braak, C. J. F. and P. Smilauer. 1998. Canoco reference manual and user's guide to Canoco for Windows - Software for canonical community ordination (version 4). Centre for Biometry, Wageningen.

Thiel, H. 1975. The size structure of deep-sea benthos. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **60**: 575-606.

Thiel, H. 1983. Meiobenthos and nanobenthos of the deep-sea. p 167-230. In: G.T. Rowe (ed) *Deep-Sea Biology*. Wiley, NY:

Thistle, D., J. Y. Yings and K. Fauchald 1985. A deep-sea benthic community exposed to strong near-bottom currents on the scotian rise (Western Atlantic). *Mar. Geol.* **64**: 91-112.

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., J. W. Deming, G. T. Rowe, S. Macko and R. J. Wilke 1989. Meiobenthos of the haterras abyssal plain and Puerto Rico trench: abundances, biomass and associations with bacteria and particulate fluxes. *Deep-Sea Res.* **36**: 1567-1577.

Tietjen, J. H. 1992. Abundance and biomass of metazoan meiobenthos in the deep-sea. p 45-62. In: G. T. Rowe & V. Pariente (eds.), *Deep-sea Food Chains and the Global Carbon Cycle*. Kluwer Acad. Publ.

Tyler, P. A. 1995. Conditions for the existence of life at the deep sea floor: an update. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.* **33**:221-244.

Vanhove, S., J. Wittoeck, G. Desmet, B. Van den Berghe, R. L. Herman, R. P. M. Bak, G. Nieuwland, J. H. Vosean, A. Boldrin, S. Rabilli, M. Vincx 1995. Deep-sea meiofauna communities in Antártica: structural analysis and relation with the environment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **127**:65-76.

Vanreusel, A., L. Clough, K. Jacobsen, W. Ambrose, J. Jivaluk, V. Ryheul, R. Herman and M. Vincx. 2000. Meiobenthos of the central Arctic ocean with special emphasis on the nematode community structure. *Deep-Sea Res.* **47**:1855-1879

Vernberg W. B. and B. C. Coull 1981. Meiotauna. p 147-177 In: F. J. Vernberg and W. B. Vernberg (eds.), *Physiological ecology*. Academia Press NY.

Vidal, V.M., F. V. Vidal y A. F. Hernández 1990. Atlas oceanográfico del Golfo de México. Vol 2. Instituto de investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos, México.

Vidal, V.M., F. V. Vidal and J. M. Pérez-Molero 1992. Collision of a loop current anticyclonic ring against the continental shelf slope of the western Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.* **97**:2155-2172.

Vidal, V.M., F. V. Vidal, A.F. Hernández, E. Meza and J.M. Pérez-Molero 1994. Baroclinic flows transports and kinematic properties in a cyclonic-anticyclonic-cyclonic ring triad in the Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.* **99**: 7571-7597.

Vidal, F. V., V. M. Vidal, P. F. Rodríguez, L. Zambrano, J. Casillas, L. Rendon y B. Jaimes de la Cruz B. 1998. Circulación del Golfo de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* **46**:1-15

Waide, R. B., M. R. Willig, C. F. Steiner, G. Mittelbach and L. Goujh. 1999. The relationship between productivity and species richness. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **30**:257-300.

Warwick R. M. and R. Price 1979. Ecological and metabolic studies of free-living nematodes from an estuarine mud-flat. Est. Coast. Mar. Sci. 9:257-271.

Warwick, R. M. and J. M. Gee 1984. Community structure of estuarine meiobenthos Mar. Ecol. Prog. Ser. 18: 97-111.

Webb, D. 1996 Response of macro - meiobenthos from carbon-poor sand to phytodetrital sedimentation J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 203:259-271.

Welsh, S.E. and M. Inoue 2000. Loop current rings and deep circulation in the Gulf of Mexico. J. Geophys. Res. 105: 951-959.

Yings, J. Y. and D. C. Rhoads 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

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Agradecimientos

Las campañas, la investigación en el laboratorio de gabinete se llevaron a cabo gracias al financiamiento otorgado a través de los proyectos CONACyT 050PÑ-1297, G-27777B, SEP-CONACYT 40158 y DGAPA UNAM IN211200.

El apoyo logístico, administrativo e institucional del ICML-CU durante la gestión del Dr. Adolfo Gracia Gasca.

Al personal del B/O Justo Sierra de la UNAM, por su apoyo durante las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5.

A la tripulación científica que colaboro en las campañas SIGSBEE4 y SIGSBEE5.

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

A cada uno de los investigadores del jurado por sus valiosos comentarios y constante retroalimentación:

Dra. Ma. Antonieta Aladro, Dr. Samuel Gómez Dr. Carlos Montero, Dra. Adela Monreal, y Dr. Michael Rex.

Al Dr. Rowe, por su apoyo en el financiamiento del proyecto MMS DGOMB-JSSD para mi Estancia de investigación y entrenamiento técnico en el Instituto de Ciencias Marinas de la Universidad de Texas en Port Aransas, Texas con el Dr. Paul Montagna.

Al Dr. Paul Montagna, Jeffrey Baguley y Larry Hyde por el entrenamiento técnico en la técnica de centrifugación con Ludox AM®.

Al Dr. Pierre Legendre de la Universidad de Montreal por su guía y asesoría en el análisis estadístico e interpretación de los datos.

Al Dr. José Luis Macías y M en C Teresa Scolamacchia por el apoyo y entrenamiento para el análisis granulométrico en el Instituto de Geofísica, UNAM. .

Al Biol. Carlos Illescas técnico del laboratorio por su apoyo.

A mis compañeros de laboratorio Nohemi Dimas, Erika Estrada, Diana Hernández, Manuel Ocampo, Penélope Rodríguez, Antonio Salas y Suzzette Tamez, por su apoyo y consejos.

A la Dra Elva Escobar por la dirección y apoyo para la realización de este trabajo.

