

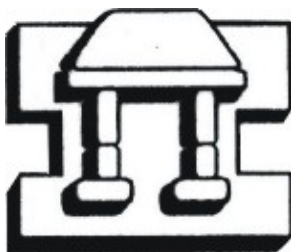


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Macroinfauna béntica del cañón de Campeche, SW del
Golfo de México**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A :
ERIKA LAURA ESTRADA SANTILLAN



DIRECTORA DE TESIS
DRA. ELVA ESCOBAR BRIONES
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*El espíritu te ha otorgado la posibilidad de
estudiar en la universidad de la naturaleza*

Proverbio assiniboine

El camino de cada hombre se halla en su propio corazón.

Allí encuentra todas las verdades de la vida

Proverbio cheyenne

POEMA DE TEMILOTZIN

He venido, oh amigos nuestros:
con collares ciño,
con plumajes de tzinitzcan doy cimientó,
con plumas de guacamaya rodeo,
pinto con los colores del oro,
con trepidante plumas de quetzal enlace
al conjunto de los amigos.
Con cantos circundo a la comunidad.
Lo haré entrar al palacio,
allí todos nosotros estaremos,
hasta que nos hayamos ido a la región de los
muertos.
Así nos habremos dado en préstamo los unos a
los otros.

Ya he venido me pongo de pie,
forjaré cantos,
haré que los cantos broten,
para vosotros, amigos nuestros.
Soy enviado de Dios,
soy poseedor de las flores,
yo soy Temilotzin,
he venido ha hacer amigos aquí.

Ye ni hualla, antocnihuan in:
noconcozcazoya,
nictzinitzcamana,
nictlahquecholihiuimolohua,
nichteocuitla icuiya,
nicquetzalhuixtoilpiz
in icnihyotli.
Nic cuicailacatzoa cohuayotli.
In techan nicquixtiz,
An ya tonmochin,
Quin icuac tonmochin in otiyaque ye Mictlan.
In yuh ca zan tictlanehuico.

Ye on ya nihualla,
ye on ninoquetza,
cuica nonpictihuz,
cuica nonquixtihuz,
antocnihuan.
Nech hualihua teotl,
Nehua ni xochhuatzin,
Nehua ni Temilotzin,
Nehua ye nonteicniuhtiacó nican.

*A mis papas, Ignacio Estrada Galván y María de
Carmen Santillán Terán, por su amor y apoyo incondicional,
los amo.*

A mis hermanitos Erick y Susana

A mi abuelito Nachito

AGRADECIMIENTOS

- ⊗ Apoyo institucional del ICML UNAM-CU durante la gestión del Dr. Adolfo Gracia Gasca y de la Unidad Académica Sistemas Oceanográficos y Costeros del ICML UNAM-CU
- ⊗ Dra. Elva Escobar por la dirección de tesis, su paciencia y apoyo en el término de este trabajo.
- ⊗ Dr. David Salas de León por su continuo apoyo en la realización de esta tesis y como investigador responsable del proyecto.
- ⊗ Financiamiento de investigación que cubrió el costo de tiempo de buque, trabajo de laboratorio y becas de Erika L. Estrada Santillán apoyado por los proyectos: CONACYT G-27777B, SEP-CONACyT 2002 40158 y DGAPA UNAM IN 217928, IN224503.
- ⊗ Apoyo en el campo a la tripulación del buque oceanográfico Justo Sierra.
- ⊗ Dr. Javier Alcocer FES Iztacala Proyecto de investigación en Limnología Tropical, el espacio y material brindado en la separación de las muestras en laboratorio.
- ⊗ Dr. José Luis Macías y M. en C. Teresa Scolomacchia por el apoyo y entrenamiento en el análisis granulométrico realizado en el Instituto de Geofísica UNAM.
- ⊗ M. en C. Pedro Morales y Edith Cienfuegos en el apoyo para procesar muestras de sedimento en el laboratorio de isótopos estables Instituto de Geología UNAM.
- ⊗ Dr. Carlos Mortera Instituto de Geofísica UNAM, por su valiosa asesoría en la geología del cañón.
- ⊗ A cada uno de los revisores del comité: Dr. Sergio Cházaro, Biol. Laura Peralta, M. en C. Penélope Rodríguez Pliego, M. en C. Ignacio Winfield Aguilar FES-Iztacala, por sus acertados comentarios.
- ⊗ Dr. Pierre Legendre de la Universidad de Montreal por su asesoría en el análisis estadístico.
- ⊗ A mis compañeros de laboratorio: León Álvarez, M. en C. Citlatli Díaz Aguilar; Adriana Gaytán Caballero, Balam Jiménez, Manuel González Ocampo, Inna Plaza y Juan Antonio Salas Hernández, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología por sus consejos y amistad.
- ⊗ Dr. Luís A. Soto González por el espacio físico y facilidades otorgadas a la Dra. Escobar para la realización de la tesis de Erika L. Estrada Santillán en el laboratorio de Ecología del Bentos en el ICML UNAM-CU.
- ⊗ Biol. Carlos Illescas Monterroso técnico académico del laboratorio de Ecología de Bentos, por la ayuda prestada en la estancia en laboratorio.
- ⊗ Alicia Cruz, Aurora García, Nancy Márquez, Rosa Paredes y Verónica Sánchez... por todo.
- ⊗ A mis compañeros y amigos de la licenciatura: Tomas Espinoza, Luís Cárdenas, Nancy Muñoz.
- ⊗ A mis compañeras de Pumas Oro: Carolina, Daniela, Laura, Mariana, Nancy, Susana, Tania.

ÍNDICE

PÁGINA

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Justificación	6
Antecedentes	6
Área de estudio	11
Objetivo	14
Metas	14
Hipótesis	14
Material y Método	
Trabajo de campo	15
Trabajo de laboratorio	17
Análisis de datos	19
Resultados	
Descripción del hábitat: factores ambientales	22
Composición taxonómica	27
Similitud	30
Correlación con los factores	32
Densidad	34
Biomasa	39
Diversidad taxonómica	43
Análisis canónico	46
Discusión	
Riqueza	48
Densidad	49
Biomasa	52
Conclusiones	53
Sugerencias y estudios futuros	56
Referencias	57
Agradecimientos	61
Apéndice I	62
Apéndice II	63
Apéndice II	64

Figura 1. Ubicación del cañón de Campeche en el Golfo de México.	12
Figura 2. Ubicación de las estaciones estudiadas en el cañón de Campeche, Golfo de México, durante la campaña oceanográfica PROMEBIO I.	16
Figura 3. Variación de temperatura y salinidad con la profundidad, para identificar las masas de agua observadas en el cañón de Campeche.	25
Figura 4. Nitrógeno orgánico en sedimento y su variación con la profundidad.	25
Figura 5. Carbono orgánico en sedimento y su variación con la profundidad.	25
Figura 6. Valores promedio de Carbono y Nitrógeno en sedimento por estación.	26
Figura 7. Variación de clorofila "a" en sedimento por estación	26
Figura 8. Clorofila "a" en sedimento y su variación con la profundidad.	26
Figura 9. Riqueza taxonómica por estación y su variación con la profundidad en el cañón de Campeche, Golfo de México.	27
Figura 10. Variación geográfica de la riqueza taxonómica de la macroinfauna en el cañón de Campeche, Golfo de México.	29
Figura 11. Análisis de similitud entre estaciones con el índice de Jaccard usando el algoritmo de unión simple.	30
Figura 12. Caracterización de los taxa en dominantes y raros de acuerdo a su frecuencia y abundancia, estaciones localizadas en el cañón de Campeche.	33
Figura 13. Caracterización de los taxa en dominantes y raros de acuerdo a su frecuencia y abundancia en la plataforma continental.	33
Figura 14. Densidad por estación y su variación con la profundidad en el cañón de Campeche, Golfo de México.	35
Figura 15. Variación geográfica de la densidad de la macroinfauna, en el cañón de Campeche en el suroeste del Golfo de México.	36
Figura 16. Contribución relativa de la densidad por los diferentes taxa de la macroinfauna en el cañón de Campeche.	38
Figura. 17. Biomasa por estación y su variación con la profundidad en el cañón de Campeche, Golfo de México.	40

Figura 18. Variación geográfica de la biomasa de la macroinfauna, en el cañón de Campeche, Golfo de México.	40
Figura 19. Biomasa relativa y biomasa acumulativa de lo grupos taxonómicos con mayor biomasa en el cañón de Campeche.	41
Figura 20. Variación geográfica de la diversidad taxonómica de la macroinfauna, en el cañón de Campeche, Golfo de México.	44
Figura 21. Relación de la diversidad taxonómica con la profundidad, distancia a la costa, riqueza taxonómica, dominancia y equitatividad en el cañón de Campeche, Golfo de México.	45
Figura 22. Relación entre abundancia promedio con riqueza taxonómica, y riqueza taxonómica con abundancia del cañón de Campeche, Golfo de México.	46
Figura 23. Gráfica de doble proyección del análisis RDA, de los grupos taxonómicos y las variables.	47
Figura 24. Procesos hidrográficos que influyen en el transporte de carbono.	49
Figura 25. Diagrama que ilustra el aporte de materia orgánica al sedimento en el cañón de Campeche, Golfo de México.	54

Tabla 1. Valores comparativos de densidad y biomasa para macroinfauna en diversas zonas del océano mundial.	10
Tabla 2. Posición geográfica, distancia a la costa y profundidad de las estaciones muestreadas en el cañón de Campeche durante la campaña oceanográfica PROMEBIO I.	16
Tabla 3. Clasificación de Wentworth de los tamaños de las partículas y escala Phi.	18
Tabla 4. Valores puntuales de las variables ambientales, valores promedio de carbono y nitrógeno orgánico en sedimento de cada una de las estaciones estudiadas del cañón de Campeche.	24
Tabla 5. Grupos taxonómicos identificados en las localidades del cañón de Campeche.	28
Tabla 6. Riqueza taxonómica por estación valores promedio y desviación estándar de abundancia y biomasa.	29
Tabla 7. Presencia y ausencia de los taxa identificados en cada estación del cañón de Campeche, Golfo de México.	31
Tabla 8. Matriz de similitud de la comparación de la composición taxonómica entre estaciones usando el índice de Jaccard.	31
Tabla 9. Correlación de las variables ambientales con la riqueza taxonómica, densidad y biomasa en el cañón de Campeche, Golfo de México.	32
Tabla 10. Análisis de varianza de la riqueza taxonómica correspondiente a cada una de las ocho estaciones estudiadas.	34
Tabla 11. Densidad promedio y desviación estándar por estación y su representación porcentual con respecto al total.	36
Tabla 12. Porcentaje de taxa con respecto al total de organismos, su densidad promedio y desviación estándar.	38
Tabla.13. Análisis de varianza de la densidad correspondiente a cada una de las ocho estaciones estudiadas.	39
Tabla 14. Valores promedio y desviación estándar de biomasa, y su contribución relativa con respecto a la biomasa total.	41
Tabla 15. Biomasa relativa y biomasa promedio para cada taxón.	42

Tabla. 16. Análisis de varianza de la biomasa correspondiente a cada una de las ocho estaciones estudiadas.	43
Tabla 17. Valores promedio de diversidad taxonómica, diversidad máxima, equitatividad, dominancia y riqueza taxonómica, para cada estación.	44
Tabla 19. Valores únicos (eigenvalores del análisis de correlación múltiple para el análisis de canónico reducido) de macroinfauna del cañón de Campeche, Golfo de México.	47

RESUMEN

El cañón de Campeche, en la bahía de Campeche en el Golfo de México, es el área de estudio en la cual se muestrearon siete estaciones distribuidas a lo largo del eje del cañón de 2,320 m a 2,900 m de profundidad para el estudio de la macroinfauna béntica. Se recolectó así mismo sedimento de una estación sobre la plataforma continental a 54 m, con el fin de estudiar la variación de la estructura de la macroinfauna béntica a lo largo de un eje de la costa a la base del cañón, con la hipótesis de que a distancia de la costa y profundidad se vería un cambio significativo en la composición, abundancia y biomasa de la comunidad macroinfaunal. Las muestras se recolectaron a bordo del B/O Justo Sierra de la UNAM en agosto de 1999 como parte del proyecto PROMEBIO I. Los resultados reconocieron 20 taxa agrupados en diez phyla, doce clases, una subclase, dos superórdenes y seis ordenes. Los poliquetos y los nemátodos fueron los componentes dominantes en las estaciones localizadas en el cañón. En contraste los poliquetos dominaron en la estación de la plataforma continental, y donde los nemátodos fueron un grupo raro. La composición taxonómica y la densidad de macroinfauna mostraron un patrón de disminución desde la plataforma continental (15 taxa, 9,466.67 ind.m⁻²) a mayor profundidad y distancia a la costa (8 taxa, 1,551.00 ind.m⁻²) la cual fue aportada por los hidroides. La biomasa reconocida en la E-38 a 2,320 m cerca de la cabeza del cañón fue más elevada (27.44 mg C.m⁻²) que la biomasa de las otras estaciones donde se apreció un patrón de disminución de la biomasa (3.64 a 0.03 mg C.m⁻²) con el incremento en la distancia a la costa y la profundidad. Los patrones de distribución de la densidad y biomasa de la macroinfauna béntica del cañón de Campeche se encuentran definidos por la profundidad y distancia de la costa y por el contenido de carbono y nitrógeno orgánico en el sedimento. Los valores elevados de carbono y nitrógeno orgánico (0.124 y 0.90 %, respectivamente) son resultado de la surgencia que ocurre cerca de la cabeza del cañón y a lo largo del eje principal. De este estudio se concluye que el cañón actúa como una vía para exportación y el transporte de materia orgánica, provee con alimento de importancia para la agregación de la macroinfauna.

ABSTRACT

The sampling program to study the macrobenthic community structure of the Campeche Canyon in the Southwestern Gulf of Mexico, considered seven locations at depths of 2,320m to 2,900m distributed along the main axis of the canyon. Additional samples were collected on the continental shelf at 54m to evaluate the changes in composition, species richness, abundance and biomass of the macrobenthic community with increasing depth and distance from the coast. The samples were collected onboard UNAM's R/V Justo Sierra in August 1999 within the program PROMEBIO I. The results recorded 20 taxa grouped in ten phyla, 12 classes, one subclass, two suborders and six orders. The polychaete and nematode worms were dominant components in the canyon in contrast with the continental shelf where only polychaete worms were abundant. The number of species and abundance values displayed a diminishing trend with increasing depth (continental shelf: 15 taxa, 9,466.67 ind.m⁻²) and distance from the coast (canyon: 8 taxa, 1,551.00 ind.m⁻²) where the contribution by hydroids was significant. The biomass values near the head of the canyon in location E-38 at 2,320m were larger (27.44 mg C.m⁻²) than the biomass values elsewhere, where values were notable lower (3.64 to 0.03 mg C.m⁻²) with increasing depth and distance from the coast. The distribution patterns of the density and biomass values in the Campeche canyon are defined by the content of organic carbon and nitrogen in sediment in addition to depth and distance from the coast. The high values of organic carbon and nitrogen (0.124 and 0.90 %, respectively) are result of the export of biogenic carbon in an upwelling area at the head of the canyon distributing along the main axis. This study concludes that export of biogenic carbon in the Campeche canyon is the main pathway of organic matter supporting the macrobenthic community.

INTRODUCCIÓN

Cerca del 70% de la superficie del planeta se encuentra cubierta por océanos, la profundidad promedio de éstos es de 3.8 km, no obstante se llegan a encontrar zonas con profundidades que alcanzan hasta 10 km (McConnaughey, 1974). La parte submarina del continente se ha subdivido en tres grandes regiones: a) *la plataforma continental* que se encuentra cercana a la línea de costa, es poco profunda y desciende gradualmente desde la costa hasta alcanzar alrededor de 200 m, su margen hacia el mar se denomina reborde continental; b) *el talud continental* se encuentra más allá del reborde continental donde la pendiente del fondo del mar se hace cada vez más inclinada, puede llegar hasta los 2,000 m de profundidad; y c) *la cuenca oceánica* comprende, entre otros aspectos geomorfológicos la zona abisal con profundidades de 4,000 m o más (Tait, 1987). El talud continental raramente presenta una inclinación regular y se encuentra cortado perpendicularmente por cañones submarinos (Tait, 1987). La mayoría de los cañones comienzan en el talud continental, normalmente en la boca de los grandes ríos y continúan hacia la cuenca oceánica (Keen, 1968), son profundos y cortados verticalmente en forma de "V" a modo de valles sumergidos (Keen, 1968; Boillot, 1984; Cifuentes *et al.*, 1986), con paredes empinadas (Keen, 1968), además de una considerable irregularidad del suelo. Algunos cañones se extienden a profundidades de más de tres kilómetros (Kennett, 1982) y comienzan a profundidades de 80 ó 90 m (Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, 1972). La región donde el cañón se abre hacia el talud continental es llamada la boca, y la zona donde se une a la plataforma continental se denomina la cabeza del cañón (Allen *et al.*, 2001). Estos cañones se extienden como canales extensos, creados por corrientes de turbidez originadas en los cañones. Estas estructuras continúan hasta llegar a la planicie abisal y tienen un efecto importante en la estructura comunitaria asociada al sedimento (Emery y Uchupi, 1984).

Las corrientes de turbidez resuspenden el sedimento, son imprevisibles y favorecen la erosión, por lo que las paredes en forma de "V" de los cañones son el efecto de la erosión provocada por dichas corrientes (Gage y Tyler 1991) resultado de la mezcla de agua y sedimento, más

densa que el agua de mar circundante, y que se mueve hacia el fondo transportando el sedimento hacia el piso del mar profundo (Keen, 1968; Gross, 1990), erosionando rápidamente el fondo suave. Las corrientes de turbidez pueden ser originadas por la descarga de ríos, tormentas en la costa o por otras corrientes (Keen, 1968). Estas corrientes bajan rápidamente desde la plataforma continental, la superficie del talud se cubre principalmente con sedimentos finos provenientes de la plataforma continental (Keen, 1968). En su descenso por el talud continental a través de los cañones estas corrientes juegan un papel importante ya que acarrear organismos de aguas someras y fragmentos de plantas hacia el suelo del océano profundo (Gross, 1990).

Los cañones se vuelven importantes en los océanos, son responsables de la acumulación del material orgánico (Vetter y Dayton, 1999), pues actúan como vías para el transporte de sedimentos y materia orgánica desde la costa hasta el océano profundo (Gage y Tyler, 1991; Vetter y Dayton, 1998; Vetter y Dayton, 1999), son el conducto de transporte de contaminantes y detrito (Vetter, 1994), incluyendo algas. En la ausencia de cañones mucho del detrito se consumiría o simplemente se retendría en la plataforma continental (Vetter y Dayton, 1999); por lo anterior, mucho del carbono orgánico disponible puede exportarse al fondo marino y llegar al bentos, a lo largo de los cañones desde las aguas superficiales (Vetter y Dayton, 1998).

El ecosistema marino se encuentra conformado, en el marco de los componentes biológicos por el plancton, el necton y el bentos. Este último incluye a los organismos que viven en relación íntima con el fondo, ya sea para fijarse en él, excavarlo, transitar sobre su superficie o nadar en sus proximidades (Nybakken, 1993). Las comunidades bénticas que habitan en el fondo de los océanos, incluyen hábitats como las praderas de pastos marinos y arrecifes de coral en las zonas costeras, hasta la fauna asociada a los fondos de la zona abisal (Fincham, 1986). A los organismos bénticos que habitan dentro del sustrato se les denomina infauna o endofauna, en contraste con los organismos que viven sobre la superficie del sustrato se les llama epifauna

(Gross, 1990). El mar profundo ha sido considerado por mucho tiempo como uno de los ambientes más difíciles sobre la tierra (Dayton y Hessler, 1971).

Una forma de clasificar la infauna es de acuerdo a su talla, en esta clasificación se reconocen la microfauna (1 μm), la meiofauna ($> 63 \mu\text{m}$), y la macroinfauna ($>0.5\text{mm}$) (Higgins y Thiel, 1992). Los organismos que forman parte de la infauna conforman comunidades cuya distribución es afectada por factores como la estabilidad del sedimento, el oxígeno disuelto en el agua intersticial, temperatura, el tamaño de las partículas del sedimento y el espacio intersticial son importantes, ya que ejercen influencia en el tipo de organismos que lo habitan (Gray, 1974, Castro y Huber, 1997), y tienen efectos biológicos sobre la distribución de los organismos a través del movimiento y retención del agua, y el contenido de materia orgánica (McConnaughey, 1974; Gray, 1981). De igual forma, la relación entre el sedimento y el individuo tiene influencia sobre la selección de la larva o del adulto para su establecimiento en lugares idóneos para el desarrollo de las poblaciones (Gray, 1974).

En el mar profundo no existe virtualmente producción primaria por lo que en estos hábitats los organismos dependen para alimentarse del aporte del material exportado de la superficie o de la costa (McLusky y McIntyre, 1988), siendo dependientes de la importación de energía orgánica fuera del entorno; esto es, un sistema alóctono (Rowe, 1981). El alimento disponible a la fauna béntica proviene de la exportación de carbono biogénico, en forma de cadáveres, fitoplancton, agregados de diatomeas y heces fecales del zooplancton de las capas superficiales de la columna de agua (Marshall, 1973; McLusky y McIntyre, 1988).

La densidad y biomasa de la fauna béntica muestra un patrón en el que decrece exponencialmente con la profundidad y la distancia a la costa. Cuando se compara a lo largo de un gradiente de profundidad la disminución de la biomasa y densidad con la profundidad exhibe una variabilidad geográfica (Rowe, 1983). Las condiciones cambiantes en la disponibilidad de alimento, la hidrodinámica, las condiciones de hipoxia y las interacciones biológicas influyen

sobre la diversidad de la infauna en el mar profundo geográfica y batimétricamente (Etter y Grassle, 1992).

Los cañones submarinos promueven densidades altas alrededor del acumulo de alimento que refuerzan la migración vertical de animales. Muchos de los peces pelágicos y zooplancton localizan y aprovechan estas zonas ricas en alimento. Estas agregaciones en zonas de hiperproductividad son ecológicamente importantes y sostienen a las pesquerías deportivas y comerciales (Vetter, 1995).

Las condiciones físicas en la plataforma y talud continental son a menudo diferentes en cañones, y afectan la estructura de las comunidades del cañón (Vetter y Dayton 1999). Los cañones submarinos son zonas con perturbaciones continuas, como lo son las corrientes de turbidez, la resuspensión el sedimento, el aporte de material terrígeno y nutrientes lo que genera un gran interés en conocer como estos fenómenos influyen en la estructura de la comunidad de la macroinfauna béntica.

ANTECEDENTES

Muchos de los estudios realizados sobre macroinfauna en cañones submarinos se han hecho esencialmente en zonas templadas o subtropicales (Escobar, 2003; Tabla 1), la información en mares tropicales es prácticamente inexistente, por lo que en el Golfo de México no hay conocimiento previo sobre este tema y este estudio es la primera contribución.

La existencia de "hot-spots" o zonas con una gran disponibilidad de alimento, son de importancia crucial para algunas especies y han sido reconocidos por Vetter (1995). Los "hot-spots" de la producción béntica en los cañones se explican por el acoplamiento o subsidio existente entre ecosistemas (pelágico y costero sobre el béntico) e influyen en la biomasa disponible (Vetter, 1995). La información existente sobre la macroinfauna en cañones es diversa y ha creado polémica por los resultados inconsistentes encontrados por diferentes autores.

La biomasa, densidad y diversidad de los cañones la Jolla y del cañón Scripps fue comparada por Vetter y Dayton (1999) en relación con los valores reconocidos para la plataforma y el talud continental encontrando un enriquecimiento orgánico aportado por el detritus de macrófitas en la cabeza del cañón. La densidad y biomasa fue más elevada en los cañones que fuera de ellos a profundidades similares. La comunidad mostró diferencias dentro de los cañones y fuera de ellos. La diversidad de especies fue generalmente alta pero decreció con la profundidad fuera del cañón e incrementó con la profundidad en el cañón, la diversidad alta es atribuida a la combinación de enriquecimiento orgánico y la perturbación física.

La biomasa y composición taxonómica en el cañón de Whittard fue estudiada por Duineveld (2001) quién comparó sus datos con el talud continental, estableció que la densidad y biomasa decrecen con la profundidad y la distancia a la cabeza del cañón. La biomasa fue más alta dentro del cañón que en el talud continental adyacente, así como un enriquecimiento orgánico más alto en el cañón que en el talud continental.

La distribución vertical de foraminíferos en cañón de Wilmington se estudio por Frans *et al.* (1994) quienes encontraron densidades bajas en comparación con otros cañones de la región a profundidades similares. Las bajas densidades indican una disponibilidad baja de alimento, de interpretarse éstas como un fenómeno temporal, ello podría reflejar perturbaciones físicas recientes en el fondo, tales como un evento episódico de sedimentación, o un periodo de corrientes intensas. La inestabilidad propia de los cañones submarinos son determinantes en la variabilidad encontrada en la densidad (Frans, *et al.* 1994).

Houston y Haedrich (1984) reportan que la abundancia y biomasa de macroinfauna en el cañón Carson no mostró diferencias dentro y fuera del cañón, explican que puede ser debido a que el alimento es reciclado en la columna de agua.

Gili *et al.* (1998) estudiaron la comunidad de hidromedusas en cuatro cañones submarinos del noroeste del mar Mediterráneo y han postulado la existencia de una singular comunidad planctónica en estos cañones que son probablemente mantenidos por el flujo y deposición de material orgánico que proviene de la plataforma continental. Las medusas bento-pelágicas son importantes componentes de estos ambientes.

Harrold *et al.* (1998) investigaron el enriquecimiento orgánico del cañón Carmel por exportación de microalgas. Hallaron a lo largo del eje del cañón evidencia de corrientes, que pueden proveer un medio efectivo de transporte de microalgas de las zonas someras a las agua profundas. De este estudio se concluyó que las microalgas proporcionan una fuente de nutrientes sobre el bentos a magnitudes que pueden alterar la estructura de la comunidad béntica.

Flach y Thomsen (1998) realizaron estudios en el talud continental del noreste del océano Atlántico, sus resultados sugieren que la estructura de la comunidad de la macroinfauna se encuentra relacionada con la profundidad del agua lo que hace diferentes a las comunidades de la plataforma continental, del talud superior y del talud inferior. El total de la densidad de la

macroinfauna decrece con la profundidad con valores más altos en la plataforma. Las estaciones a 2,200 m de profundidad mostraron similitudes en densidad. En general la biomasa decreció con el incremento de la profundidad, no fue significativamente diferente entre las estaciones poco profundas ubicadas a 208 m, 670 m y 1,034 m. La biomasa fue variable entre estaciones de la plataforma continental, los valores más altos se encontraron en la estación ubicada a 1,034 m.

Los resultados del estudio de comunidades macroinfaunales en el Atlántico tropical reconocieron que la riqueza y la densidad disminuyen con la profundidad y con la distancia a la costa (Cosson *et al.* 1997). Las densidades mayores se reconocieron en la estación caracterizada como eutrófica localizada a una profundidad promedio de 1,700 m con 5,403 ind.m⁻²; en esta estación se reconocieron afloramientos generados por viento, luz y nutrimentos en primavera. Las densidades menores se obtuvieron en la estación oligotrófica. La densidad de la macroinfauna tuvo una correlación positiva con el flujo de carbono calculado. De este estudio se reconoce que el flujo de carbono orgánico influye en la talla mayor de los grupos y se concluyó que la comunidad béntica responde poco a los cambios estacionales.

Tabla 1. Valores comparativos de densidad (ind.m⁻²) y biomasa (mg C.m⁻²) para macroinfauna en diversas zonas del océano mundial. Prof.=profundidad, E=Estación, I.N.D.= Información No Disponible.

Océano	Localidad	Latitud N	Longitud W	Prof. (m)	Número de taxa	Densidad Ind.m ⁻²	Biomasa (g.m ⁻²)	Autor (año)
Océano Atlántico	Atlántico oriental e. oligotrófica	I.N.D.	I.N.D.	4,700	15	231.5	I.N.D.	Cosson et al. (1997)
	e. mesotrófica	I.N.D.	I.N.D.	3,100	15	2,856	I.N.D.	
	e. eutrófica	I.N.D.	I.N.D.	1,700	9	5,403	I.N.D.	
	Talud continental noreste del Atlántico	47°46.9' - 49°29.7'	10°11.8 - 11°08.4'	208-4,470	21	I.N.D.	I.N.D.	Flach y Thomsen (1998)
Océano Pacífico	cañón Carson	45°30'	48°40'	76-119	7	56-2,334	0.2-43.0	Houston y Haedrich (1984)
	cañón Wilmington	I.N.D.	I.N.D.	1,914 1,915 1,832 1,567	1	2,180 1,034 174 96	I.N.D.	Frans et al. (1994)
	cañón Whittard	48°33.54' - 48°06.97' - 47°24.47'	10°45.55' - 10°25.97' - 10°15.27'	2,735 3,760 4,375	6	2,717 1,339 696	4,739 1,827 1,592	Duineveld (2001)
	cañón Scrips	32°55' - 32°51'	117°26' - 117°34'	100-900	112	240,000	I.N.D.	Vetter y Dayton (1999)
	cañón La Jolla	32°52' - 32°54'	117°15' - 117°19'	100-900	112		I.N.D.	

ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México, subcuenca del océano Atlántico, colinda con el mar Caribe y con el océano Atlántico (Britton y Morton, 1989), se extiende con un área total de 1,768 000 km². Se une con el Atlántico por el estrecho de Florida y con el mar Caribe mediante el Canal de Yucatán (Anderson, 1954).

La estructura fisiográfica de primer orden más importante del océano Atlántico es la cordillera Centro-Atlántica. Las estructuras fisiográficas secundarias incluyen las plataformas continentales, la elevación continental y las planicies abisales. Los cañones corresponden a estructuras fisiográficas de tercer orden y son particularmente numerosos en el margen continental del Atlántico y en el Golfo de México. Estos cañones se extienden como canales extensos y se continúan hasta llegar a la planicie abisal (Emery y Uchupi, 1984).

Antoine (1972) estableció siete provincias geológicas para el Golfo de México, el cañón de Campeche se ubica dentro de la cuarta provincia que corresponde al Banco de Campeche (Fig. 1). La porción oeste del Escarpe de Campeche forma el flanco este del cañón de Campeche, el extremo oriental de la provincia de las colinas de Campeche constituyen el límite occidental de Cañón de Campeche (Bryant *et al.*, 1991). El cañón de Campeche es la frontera entre la zona carbonatada y la zona terrígena del Golfo de México (Mortera, comunicación personal). El origen del cañón se encuentra relacionado con la evolución tectónica de esta zona (Weaver, 1950). Su eje corre a lo largo de 125 km entre los 20°00'N 92°22'W a 21°00'N 92°42'W, con una anchura de 30 km (Creager, 1958). El cañón de Campeche es considerado una región pequeña y topográficamente compleja del noreste de la Bahía de Campeche; se ubica aproximadamente a 160 m de profundidad en la plataforma y alcanza 2,800 m en su parte más profunda (Salas y Monreal, en prensa).

Los valores totales de materia particulada suspendida encontrados sobre la cabeza del cañón de Campeche son de 2.8-33.1 mg l⁻¹ y la máxima concentración de clorofila "a" son de 0.15-0.29

mg m⁻³ localizado a profundidades de entre 78 y 89 m. La desviación de corrientes hacia el cañón pueden transportar masas de agua con nutrientes dentro de la capa eufótica promoviendo la producción biológica. El máximo de saturación de oxígeno se registro cerca del cañón de Campeche entre los 150 y 300 m de profundidad, a los 40 m el porcentaje de saturación de oxígeno son de 150%. Cerca del cañón de Campeche los valores más bajos de oxígeno son del 80%, y a 80 m de profundidad menor al 60%. El incremento de materia particulada suspendida cerca del máximo de clorofila puede ser relacionada a una contribución del material biogénico, debido a la fotosíntesis del fitoplancton. Esta característica concuerda con el decremento en la concentración de oxígeno disuelto observado justo debajo de la capa eufótica probablemente debido a la oxidación de la materia biogénica suprayacente. Los valores de mínimo de oxígeno se encontraron entre los 100 y 120 m (Salas y Monreal, no publicado).

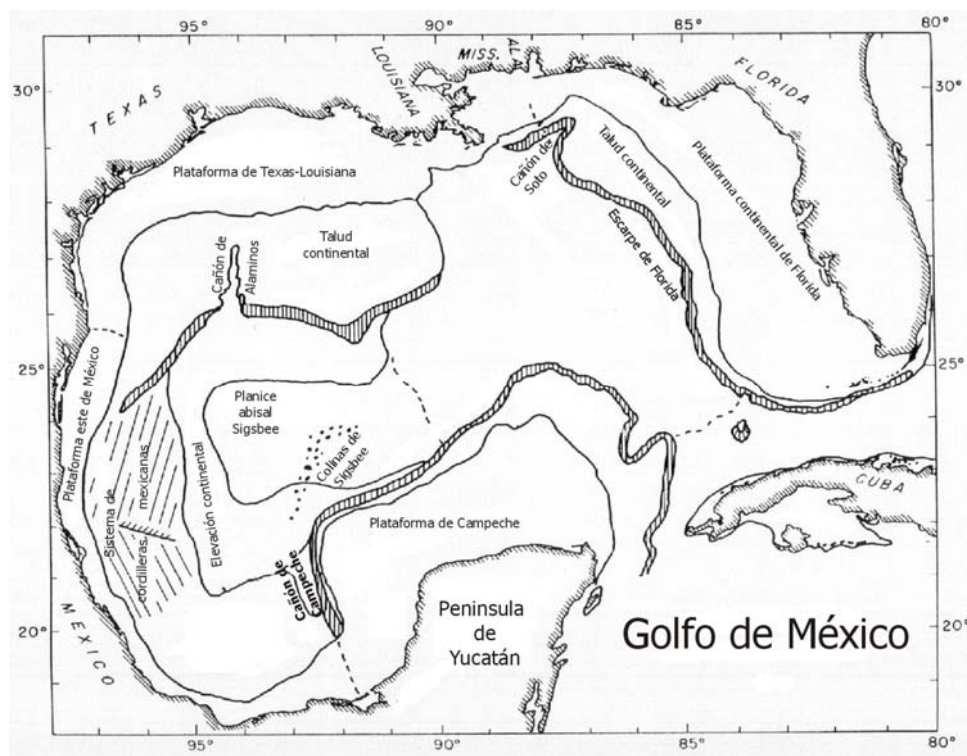


Figura 1 Ubicación del cañón de Campeche en el Golfo de México. Tomado de Bouma, 1972.

El cañón se encuentra dentro de las zonas marinas prioritarias mexicanas, para su estudio y conservación; la zona de estudio abarca la región de Cayos Campeche (56) y la Sonda de Campeche (59). La problemática que presentan las zonas donde se ubica el cañón es en

primera instancia la falta de conocimiento, precedida por la contaminación por desechos sólidos, aguas residuales, desechos industriales, las actividades de exploración y producción petrolera, entre otras (Arriaga *et al.*, 1998).

El Golfo de México se encuentra caracterizado por las siguientes masas de agua: 1) Agua común del Golfo con (ACGM) una temperatura de 23.5°C y una salinidad de 36.8 ups (Vidal, *et. al.* 1994). 2) Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (AStSsC) con alta salinidad y temperatura 36.50 ups y 22.5°C (Elliot, 1982). 3) Agua Subtropical Subsuperficial del golfo de México (AStSsGM) 36.40 ups 22°C se presenta a una profundidad de 200 m. 4) La masa de agua Antártica Intermedia (AIA), se encuentra debajo de los 900 m y se extiende cerca de los 1,050 m de profundidad, la salinidad que la caracteriza es de 34.8 ups y tiene una temperatura de 6.2°C. 5) La masa de Agua Profunda Nor-Atlántica (APNA), se encuentra bien caracterizada con 4°C y 34.96 ups y ocurre a partir de una profundidad de 1,500 m (Vidal, *et. al.* 1994; Monreal y Salas, 1997).

La circulación a gran escala dentro del Golfo de México está dominada por la corriente de Lazo que se relaciona con la influencia de aguas cálidas y salinas que entran a través del canal de Yucatán y salen por el estrecho de Florida, y un gran giro anticiclónico, aunado al cual se distingue la circulación de tipo ciclónica y anticiclónica. La primera se localiza casi en forma permanente en la plataforma de Texas y Louisiana, y se desplaza hacia la plataforma oeste de Florida y en la Bahía de Campeche, a esta circulación se le conoce como giros fríos. La segunda se desprende de la corriente de Lazo, son giros cálidos (Monreal y Salas, 1997).

Uno de estos giros produce una surgencia en el Escarpe y en el Cañón de Campeche, y juega un papel importante en la fertilización de esta zona. Los giros anticiclónicos generan remolinos que provocan el hundimiento del agua enriquecida por encima del cañón de Campeche y ayudan en la exportación de partículas. Este proceso influye en la materia particulada suspendida, el fitoplancton y la distribución del oxígeno disuelto. El máximo de clorofila se

localizo a una profundidad promedio de 85 m y a 110 m el mínimo de oxígeno (Salas y Monreal, en prensa).

OBJETIVO

Describir la estructura comunitaria (composición, riqueza taxonómica, densidad y biomasa) de la macroinfauna béntica del cañón de Campeche en el suroeste del Golfo de México y relacionarla con parámetros ambientales.

METAS

1. Describir las variables ambientales del sedimento superficial: porcentaje de carbono y nitrógeno, tamaño de grano y concentración de clorofila "a".
2. Describir las variables del agua cercana al fondo: temperatura, salinidad.
3. Describir la estructura comunitaria (riqueza taxonómica, densidad y biomasa) de la macroinfauna béntica en el patrón de distancia a la costa y en el patrón batimétrico.
4. Determinar los parámetros ecológicos diversidad, equidad y dominancia.
5. Relacionar la variación batimétrica y distancia a la costa de las variables de la estructura comunitaria macrobéntica, con los factores ambientales de sedimento y del agua de fondo.

HIPÓTESIS

H₀ Los patrones de distribución de la estructura comunitaria de la macroinfauna béntica del cañón de Campeche están definidos por las variables ambientales del sedimento y agua de fondo, consecuencia de la diversidad de procesos hidrográficos que ocurren en el cañón a lo largo del eje principal.

H_A Los patrones de distribución de la estructura comunitaria de la macroinfauna béntica del cañón de Campeche están definidos por la materia orgánica que refleja la disponibilidad de alimento a la comunidad en los fondos marinos.

MATERIAL Y METODO

TRABAJO DE CAMPO

Las muestras fueron recolectadas a bordo del B/O Justo Sierra en la campaña oceanográfica PROMEBIO I (Procesos Oceánicos y Mecanismos de Producción Biológica en el sur del Golfo de México) a lo largo del eje principal del cañón de Campeche en ocho estaciones georeferenciadas con GPS (Fig. 2, Tabla 2) de acuerdo al teorema de Nyquist (Salas, 1998, apéndice II). Las muestras de sedimento se obtuvieron con un nucleador de caja US-NEL. En cada núcleo se trazaron cuatro cuadrantes (0.04m^2), tres de ellos se destinaron a las muestras de macroinfauna, denominadas réplicas. El cuadrante restante se submuestreo para tomar muestras del contenido de carbono (C) y nitrógeno (N) orgánico, tamaño de grano, y la presencia de clorofila "a" en sedimento. El sedimento de las tres réplicas de macroinfauna se tamizó a bordo a través de una malla con abertura de $250\ \mu\text{m}$ para retener solamente la macroinfauna béntica. El material retenido en los tamices se fijó con etanol al cual se le añadió Rosa de Bengala como tinción vital; se guardó en frascos de vidrio rotulados con el nombre de la campaña, estación y número de réplica y se procesó en el laboratorio. Para el análisis de carbono y nitrógeno orgánico las muestras de sedimento superficial se congelaron a bordo para posteriormente analizarlas en laboratorio. La muestra tomada para analizar de tamaño de grano del sedimento se colocó en frascos de vidrio etiquetados. En cada una de las localidades de muestreo se realizó el registro en tiempo real de la temperatura y la salinidad usando para ello una sonda CTD Neil Brown. La toma de muestras de agua del fondo se realizó con botellas Niskin operadas en la rosette del CTD. Toda la información se documentó a bordo en bitácoras de campo.

Tabla 2. Posición geográfica y profundidad de las estaciones muestreadas durante la campaña oceanográfica PROMEBIO I.

ESTACIÓN	PROF. (m)	LATITUD N	LONGITUD W	DISTANCIA A LA COSTA EN Km
42	54	19°30' 04.2"	92°10'06.0"	63.02
38	2,320	20°23'00.0"	92°31'30.0"	81.77
37	2,420	20°29'13.2"	92°36'34.2"	123.29
36	2,460	20°34'36.0"	92°36'35.4"	129.48
26	2,560	20°40'12.6"	92°45'25.8"	147.78
20	2,750	20°55'33.0"	92°45'27.0"	167.78
11	2,840	21°05'03.0"	92°55'33.0"	186.41
9	2,900	23°58'34.8"	92°59'35.4"	222.86

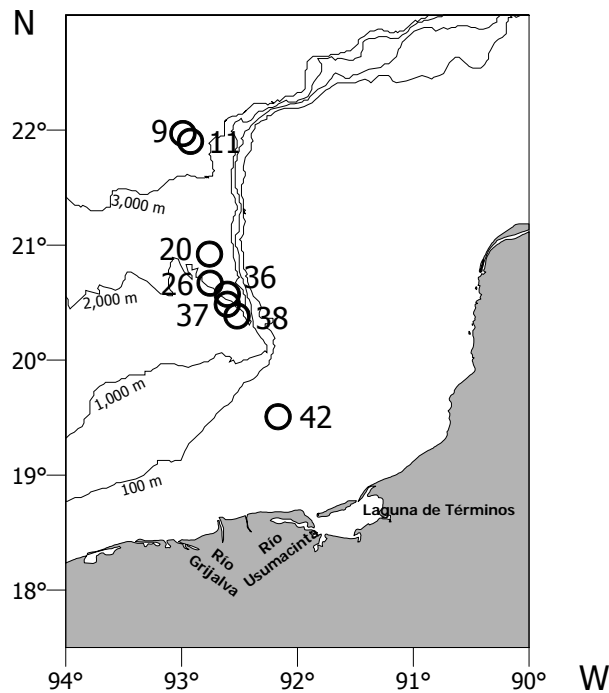


Figura 2. Ubicación de las estaciones muestreadas en el cañón de Campeche sur del Golfo de México, durante la campaña oceanográfica PROMEBIO I. Los números a cada lado de los marcadores indican el número de estación.

En laboratorio el material retenido por el tamiz se enjuagó con agua corriente y se separó bajo un microscopio de disección a quince aumentos en cajas de Petri. Los organismos se identificaron en grandes grupos con base en el sistema de clasificación propuesto por Brusca y Brusca (1990). Posteriormente se etiquetaron y colocaron en viales organizados por taxón y se postfijaron con etanol al 70%. Cada vial se rotuló por medio de etiquetas con los datos de la

campaña oceanográfica, estación y réplica. Los datos obtenidos se capturaron en bitácoras de laboratorio que se incorporaron en hojas de cálculo. La densidad se calculó a partir de los valores de abundancia (0.04 m^2) y se expresó como individuos por metro cuadrado (ind.m^{-2}). La biomasa se registró en miligramos de peso húmedo fijado (mg phf) en una balanza analítica Sartorius efectuando el cálculo por taxón y por réplica. Los datos obtenidos se transformaron de mg phf a mg C con base en las constantes de transformación de biomasa propuestas por Rowe (1983) para cada uno de los diferentes grupos de macroinfauna, y se expresaron como mg C.m^{-2} . A partir de estos datos transformados se elaboraron gráficas de cada uno de los parámetros comunitarios a lo largo del gradiente de profundidad y de distancia a la costa. Esta última se calculó tomando como referencia el faro de Ciudad del Carmen, Campeche en la carta náutica de la sonda de Campeche, las coordenadas de cada estación se introdujeron en la página de internet "shortest distance between two points on Earth" www.Geocities.com./TheTropics/shores/3098/distance.html y permitió expresar la distancia de cada punto en kilómetros.

El análisis del tamaño del grano en el sedimento se efectuó con ayuda de un equipo Particle Sizer Analysette 20 Sedimentograph por medio del método de fotoextinción que mide el grado de atenuación de un rayo de luz monocromático provocado por las partículas en suspensión en una columna de sedimentación. El equipo se ajustó a una densidad de 2.71 que corresponde a sedimentos de origen carbonatado. Para lo anterior se tomó un gramo de sedimento superficial al que se le agregó 50 ml de agua destilada, se sonicó durante 5 minutos para disgregar el sedimento y se vació en la cubeta de lectura (200 ml) con agua destilada. En cada caso se realizó la medida de un blanco, consistente en agua destilada; posteriormente el sedimento se colocó en suspensión hasta obtener entre 55% y 70% de saturación de sedimento resuspendido, medido y se obtuvo la lectura, que proporcionó el tamaño de las partículas en micras (μm) en aproximadamente 1 minuto. Posteriormente se obtuvo el equivalente del valor phi (ϕ), basado en la escala de Wentworth (Tabla 3) para la conversión de micras a phi, clasificándose como arenas, arcillas o limos y se estimó su contribución en por ciento.

Tabla 3. Clasificación de Wentworth de los tamaños de las partículas y escala phi, tomado de Gray (1981).

Tamaño de grano Mm.	Escala phi (ϕ)	Tipo de Sedimento
256	-8	Guijarro
64	-6	Guijarro
16	-4	Grava
4	-2	Grava
2	-1	Gránulos
1	0	Arena muy gruesa
0.5	1	Arena gruesa
0.25	2	Arena mediana
0.125	3	Arena fina
0.0625	4	Arena muy fina
0.031	5	Limos gruesos
0.0039	8	Limos
0.002	9	Limos
0.00006	14	Arcillas

Para realizar el análisis de carbono y nitrógeno orgánico, se descongeló el sedimento a temperatura ambiente en el laboratorio. El sedimento se colocó en cápsulas de porcelana y se aciduló con una solución de HCl 0.1 N para eliminar el exceso de carbonatos evitando así medir el carbono inorgánico. Posteriormente se enjuagaron con agua bidestilada para eliminar el exceso de ácido. Cada muestra se dejó evaporar a temperatura ambiente en una campana de evaporación. Posteriormente se tamizaron y se homogeneizaron a través de una malla de 0.25 mm. El sedimento se colocó en viales de vidrio debidamente etiquetados para su posterior análisis elemental. El porcentaje de carbono y nitrógeno orgánico se determinó por triplicado en un analizador elemental FISIONS modelo EA1108 siguiendo la técnica de Pella (1990).

La evaluación de clorofila "a" en sedimento se realizó descongelando las muestras a temperatura ambiente en el laboratorio. Una vez descongeladas se agregó a 17 ml de sedimento de muestra, 10 ml de acetona al 90% para comenzar la extracción. Los tubos se mantuvieron en oscuridad y a 4°C por no más de 24 horas para evitar la degradación de los clorofila "a". Cada muestra se centrifugó a 1,700 r.p.m. durante 15 minutos. El sobrenadante se tomó con una pipeta y se colocó en cubetas de 15 ml para tomar la lectura en un Fluorómetro de mesa 10-AU Turner Designs, en el cual se analizaron las muestras vía fluorescencia a 680

nm, obteniendo los valores totales de clorofila "a" que se expresaron en $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ (Arar y Collins, 1997).

En aquellas ocasiones en que las muestras presentaron concentraciones altas, fuera del intervalo de lectura del fluorómetro se realizaron diluciones. En estos casos la concentración de clorofila se obtuvo con el siguiente procedimiento para recalcular los valores. Al valor registrado en el fluorómetro se le restó el valor del blanco (acetona 90%); este valor se multiplicó por el factor de dilución. El resultado 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 datos obtenidos se analizaron realizando una correlación múltiple con el fin de reconocer la relación entre variables ambientales (profundidad, distancia a la costa, temperatura, salinidad del agua del fondo, textura del sedimento y porcentaje de carbono y nitrógeno orgánico) con la densidad y biomasa. Se realizaron gráficas del porcentaje relativo que representa cada taxón con respecto al total de la riqueza taxonómica, densidad y biomasa. Se comparó la similitud de la composición taxonómica entre estaciones por medio del índice de similitud de Jaccard, ecuación (1):

$$J = c/a + b + c * 100 \quad (1)$$

Donde:

a = número de especies de la muestra uno

b = número de especies de la muestra dos

c = número de especies en ambas muestras

Se calculó la diversidad taxonómica por réplica en las ocho estaciones y para ello se usó el índice de Shannon-Wiener para especies (Gray, 1981) que se define con la ecuación (2):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad (2)$$

Donde:

$p_i = n_i/N$ (n_i número de individuos de la especie, N es el total de individuos)

De igual forma se analizó el índice de equitatividad de Pielou para cada réplica de las ocho estaciones, (ver eq. 3) y tuvo como objetivo reconocer si la abundancia se distribuye homogéneamente entre los taxa ($J=1$) o es desigual ($J=0$).

$$J = \frac{H'}{H_{\max}} \quad (3)$$

Finalmente se estimó el índice de dominancia de Simpson que permitió reconocer el predominio de un taxón con respecto a los otros taxa, su ecuación (ver eq. 4) se describe como:

$$D = \sum (n_i/N)^2 \quad (4)$$

Donde:

n_i = número o valor de importancia

N = total de los valores de importancia

El patrón de distribución a lo largo del cañón de la riqueza taxonómica, densidad, biomasa y diversidad se ilustró a nivel gráfico por medio del programa Surfer 8, para reconocer visualmente zonas de mayor y menor concentración. Con los datos de abundancia y frecuencia de ocurrencia se identificaron los taxa dominantes, constantes y raros mediante un análisis de Olmstead Tukey. El análisis de varianza (ANOVA) evaluó el nivel de significancia de la comparación y correlación de las estaciones muestreadas. Para reconocer las variables

ambientales que ejercieron una mayor influencia en la estructuración de la comunidad se realizó un análisis canónico reducido (RDA), para lo cual se utilizó el programa CANOCO versión 4.5. El análisis realizado examinó la presencia y ausencia de los taxa y su relación con el porcentaje de nitrógeno, carbono, la distancia a la costa y la profundidad, cabe señalar que se omitió la estación 42 correspondiente a la plataforma continental, con el fin de obtener mejores resultados comparando exclusivamente las estaciones abisales. Se realizó una matriz de presencia-ausencia de taxa contra estaciones y sus respectivas tres réplicas. Para lo cual se utilizó el programa CANOCO versión 4.5. Los datos se transformaron usando la transformación de Hellinger, los resultados se representaron con un diagrama de doble proyección. Se realizó un análisis de correlación múltiple entre la biomasa, densidad, riqueza taxonómica y las variables ambientales.

RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DEL HÁBITAT: FACTORES AMBIENTALES

PROFUNDIDAD. Las estaciones muestreadas se ubicaron en el sector interno de la plataforma continental E-42 con 54 m de profundidad y en el talud continental inferior en un intervalo de 2,320 a 2,560 m de profundidad (E-38 a E-26) y en la elevación continental en un intervalo de 2,750 a 2,900 m (E-20 a E-9) (Tabla 4).

TEMPERATURA. La temperatura del agua de fondo varió de 22.46°C en la estación 42 a 4.13°C en la estación ubicada a 2,900 m, en el resto de las estaciones permaneció en 4.3 °C (Tabla 4).

SALINIDAD. Los valores de salinidad del agua del fondo registraron variabilidad baja, la estación 42 ubicada en la plataforma continental registró 36.10 ups. Las estaciones ubicadas en el talud y elevación continental presentaron valores de salinidad promedio de 34.78 ups sin variaciones, independientemente a la distancia a la costa y profundidad (Tabla 4).

MASAS DE AGUA RECONOCIDAS. Con base en la temperatura y salinidad registradas en la zona de estudio se reconocieron dos masas de agua, la denominada Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (AStSsC) que se registró sobre la plataforma continental (E-42), y la masa Agua Profunda NorAtlántica (APNA) que caracterizó la masa de agua de fondo en las estaciones del cañón (Fig. 3).

CONTENIDO DE NITROGENO Y CARBONO ORGANICO EN SEDIMENTO. El valor más elevado de nitrógeno (0.162%) se registró en la plataforma continental (E-42), estos valores descendieron gradualmente de 0.124% a 0.009% conforme aumentó la profundidad y la distancia a la costa. La excepción a este patrón se observó en la estación 26 con un valor de 0.145% (Tabla 4, Fig. 4). El contenido de

carbono orgánico fue más elevado en la plataforma continental (E-42) con 1.15%. El porcentaje de carbono orgánico decreció con la distancia a la costa y la profundidad en las estaciones 38, 37, 36, y 26 de 0.90% a 0.47% y mostró un ligero aumento en las estaciones 20, 11 y 9 de 0.57% a 0.72% (Tabla 4, Fig. 5). La relación entre el carbono y el nitrógeno orgánico en sedimento (C/N) registró los valores más elevados en las estaciones 11 y 9 (8.11 y 7.98 respectivamente). En las estaciones 20, 42, 38, 37, 36 y 26 esta relación decreció (7.12, 7.11, 7.27, 7.53, 7.30 y 3.24, respectivamente Fig. 6).

CLOROFILA "a" EN SEDIMENTO. Los valores de clorofila en cinco de las ocho localidades (Fig. 7) descendió con la profundidad de 158.89 $\mu\text{g.cm}^{-2}$ a 0.18 $\mu\text{g.cm}^{-2}$, la excepción fueron las estaciones 37 y 26 ubicadas en el talud continental con valores de 21.47 y 6.88 $\mu\text{g.cm}^{-2}$, respectivamente. El valor mayor de contenido de clorofila "a" en sedimento se registró en la estación 42 (158.89 $\mu\text{g.cm}^{-2}$) ubicada en la plataforma continental, seguida de la estación 37 (21.47 $\mu\text{g.cm}^{-2}$) y la estación 26 (6.88 $\mu\text{g.cm}^{-2}$) en el cañón. Los valores de clorofila en sedimento en las estaciones subsecuentes disminuyeron conforme aumentó la profundidad (Fig. 8, tabla 4) los valores para las estaciones 38, 36, 20, 11 y 9 fueron 0.25 $\mu\text{g.cm}^{-2}$, 0.21 $\mu\text{g.cm}^{-2}$, 0.21 $\mu\text{g.cm}^{-2}$, 0.18 $\mu\text{g.cm}^{-2}$ y 0.19 $\mu\text{g.cm}^{-2}$ respectivamente. La correlación de clorofila "a" con el carbono y nitrógeno orgánico en sedimento ($R=0.51$ y $R=0.49$), mostró los valores más altos en la plataforma continental.

Tabla 4. Valores puntuales de los factores ambientales y valores promedio de carbono y nitrógeno orgánico en sedimento de cada una de las estaciones del cañón de Campeche.

Estación	Prof. m	Distancia a la costa km	T °C	Salinidad ups	% N	% C	C/N	Chla $\mu\text{g.cm}^{-2}$	% Limos	% Limos gruesos	% Arena muy fina	% Arena fina
42	54	63.02	22.46	36.10	0.163	1.159	7.11	158.89	61.1	30.5	8.2	0.0
38	2,320	81.77	4.31	34.78	0.124	0.902	7.27	0.25	96.0	3.6	0.2	0.0
37	2,420	123.29	4.32	34.78	0.120	0.904	7.53	21.47	64.3	21.5	14.0	0.0
36	2,460	129.48	4.31	34.78	0.104	0.759	7.30	0.21	73.4	19.7	6.8	0.0
26	2,560	147.78	4.33	34.77	0.145	0.470	3.24	6.88	47.4	21.8	17.6	13.8
20	2,750	167.78	4.33	34.78	0.08	0.576	7.12	0.21	39.1	24.4	24.8	11.5
11	2,840	186.41	4.31	34.76	0.09	0.689	8.11	0.18	60.6	11.6	25.6	0.94
9	2,900	222.86	4.13	34.76	0.09	0.729	7.98	0.19	43.5	23.3	18.4	14.7

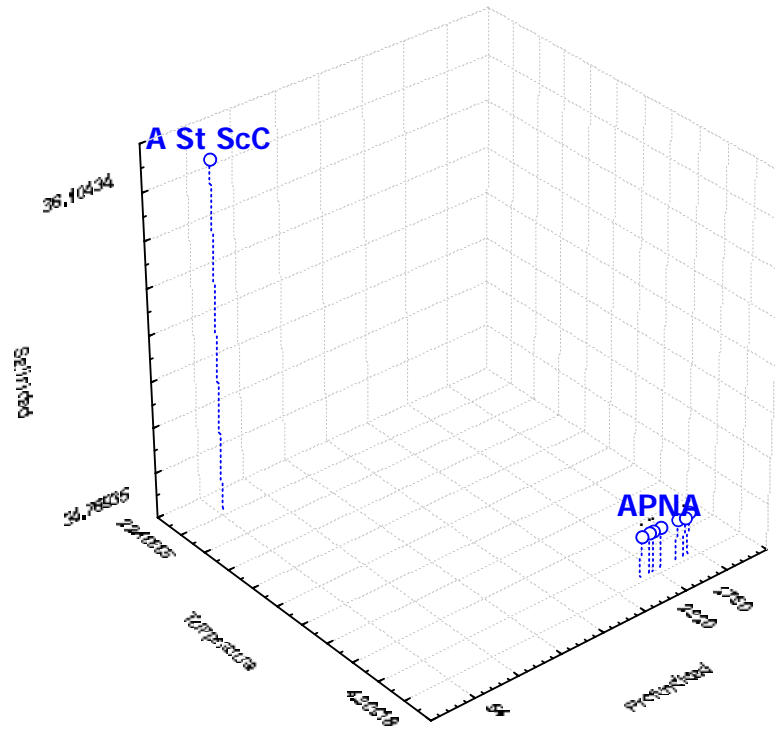


Figura 3. Variación de temperatura y salinidad con la profundidad para identificar las masas de agua observadas en el cañón de Campeche. APNA = Agua profunda del Noratlantica, A St ScC = Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe.

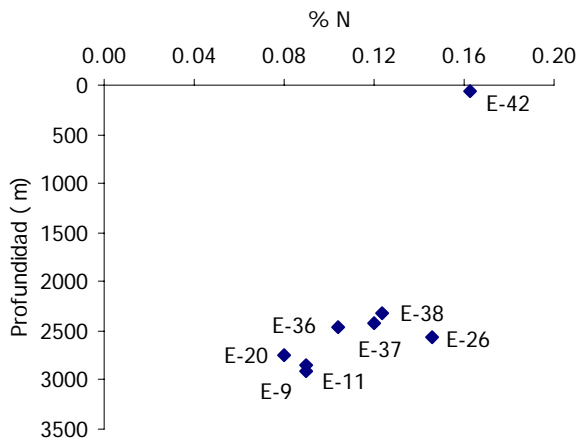


Figura 4. Nitrógeno orgánico en sedimento y su variación con la profundidad.

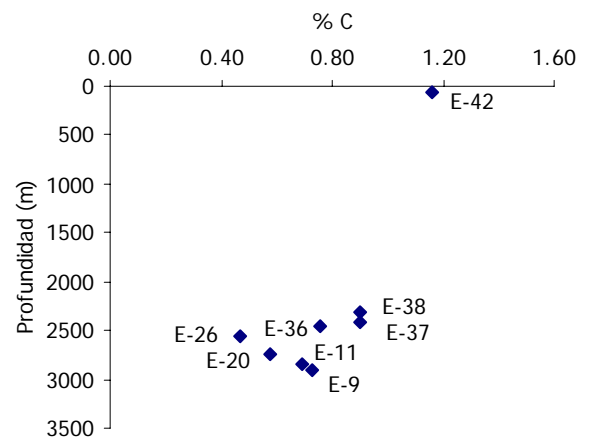


Figura 5. Carbono orgánico en sedimento y su variación con la profundidad.

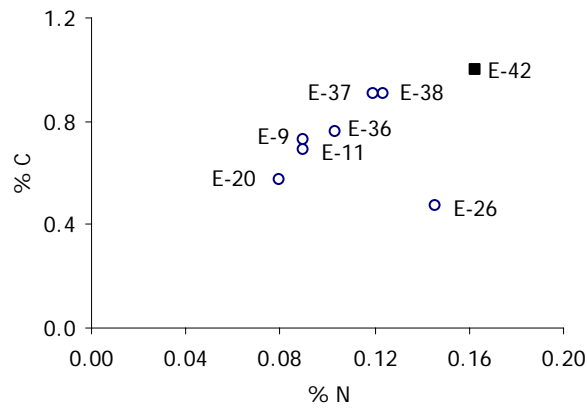


Figura 6. Valores promedio de carbono y nitrógeno en sedimento por estación. ■ plataforma continental, ○ talud continental.

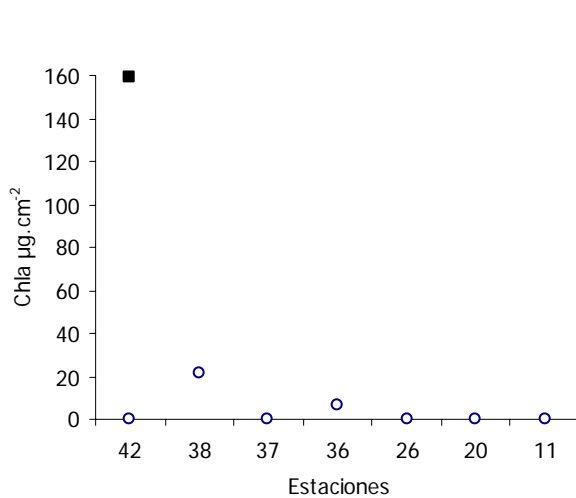


Figura 7. Valores de clorofila "a" en sedimento por estación, ■ plataforma continental, ○ talud continental.

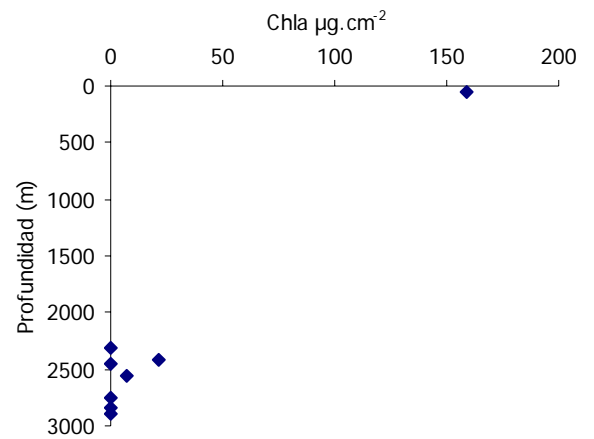


Figura 8. Clorofila "a" en sedimento y su variación con la profundidad, ■ plataforma continental, ○ talud continental.

TAMAÑO DE GRANO. El sedimento es de naturaleza hemipelágica. Las fracciones dominantes en el sedimento superficial de las estaciones muestreadas fueron los limos y los limos gruesos con 43.5 a 96 % y 3.6 a 30.5% respectivamente. Las fracciones de tamaño de grano siguientes fueron las arenas muy finas y arenas finas, compuestas por testas de foraminíferos calcáreos con 0.2 a 25.6% y 0.94 a 14.7% respectivamente. La mayor parte de las estaciones se caracterizaron por una dominancia de limos con valores más altos al 50%. Las estaciones 26, 20 y 9 tuvieron valores mas

bajos al 50% de limos, sin embargo fue la talla de grano que estuvo mejor representada en estas estaciones. Las arenas muy finas se mantuvieron constantes en todas las localidades, en un porcentaje bajo (8.2 a 25.6 %), las arenas finas, estuvieron ausentes en las estaciones 42, 38, 37 y 36 (Tabla 4, Apéndice 3).

COMPOSICION TAXONOMICA

Se recolectaron un total de 4,367 organismos, de los que se reconoció 20 taxa agrupados en diez phyla, doce clases, una subclase, dos superorden y seis ordenes (Tabla 5). El taxón más diversificado fue el de los crustáceos con cinco clases, una subclase, un superorden y cuatro órdenes.

La mayor riqueza taxonómica se registró en la estación 42 con 15 taxa, a 54 m de profundidad (Tabla 6), las estaciones 38 y 37 presentaron 13 grupos taxonómicos, seguidas de la estación 26 con 12 taxa, inmediatamente después las estaciones 36 y 20 con 10 taxa, las localidades 11 y 9 registraron ocho taxa. En general se observó una disminución de taxa con relación al aumento de la profundidad (Fig. 9 y 10).

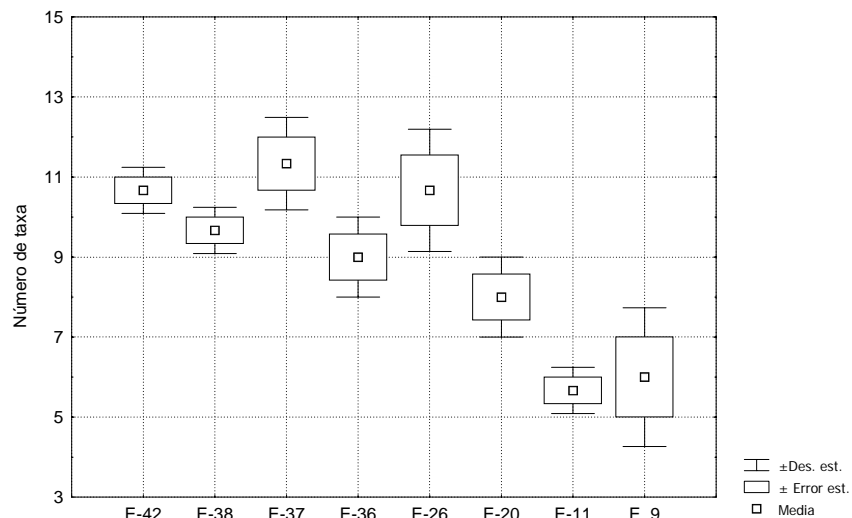


Figura 9. Riqueza taxonómica por estación y su variación con la profundidad en el cañón de Campeche, Golfo de México.

Tabla 5. Grupos taxonómicos identificados en las localidades del Cañón de Campeche, ordenamiento con base en Brusca y Brusca (1990).

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Superorden	Orden
Sarcomastigophora	Sarcodina	Granuloreticulosa			Foraminiferida
Porifera					
Cnidaria		Hidrozoa			
Nematoda					
Pluteolida					
Annelida		Polychaeta			
Mollusca		Gastropoda			
		Bivalvia			
		Scaphopoda			
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda			
		Ostracoda			
		Copepoda			
		Branchiura			
		Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Cumacea
					Tanaidacea
					Amphipoda
					Isopoda
				Eucarida	Decapoda
Echinodermata		Equinoidea			
Chordata					

Tabla 6. Riqueza taxonómica por estación, valores promedio y desviación estándar de abundancia y biomasa, r = desviación estándar.

Estación	Riqueza	Promedio de taxa $\pm \sigma$	Promedio de abundancia $\pm \sigma$	Promedio de biomasa $\pm \sigma$
E-42	15	10.67 \pm 0.58	378.67 \pm 109.47	0.15 \pm 0.06
E-38	13	9.67 \pm 0.58	147.67 \pm 27.15	27.44 \pm 1.01
E-37	13	11.33 \pm 1.15	186.67 \pm 61.23	3.64 \pm 1.15
E-36	10	9.00 \pm 1.00	231.37 \pm 25.72	0.39 \pm 0.57
E-26	12	10.67 \pm 1.53	277.00 \pm 90.34	0.07 \pm 0.02
E-20	10	8.00 \pm 1.00	106.3 \pm 30.11	0.03 \pm 0.01
E-11	8	5.67 \pm 0.58	65.67 \pm 24.11	0.03 \pm 0.02
E-9	8	6.00 \pm 1.73	62.00 \pm 7.81	0.03 \pm 0.01

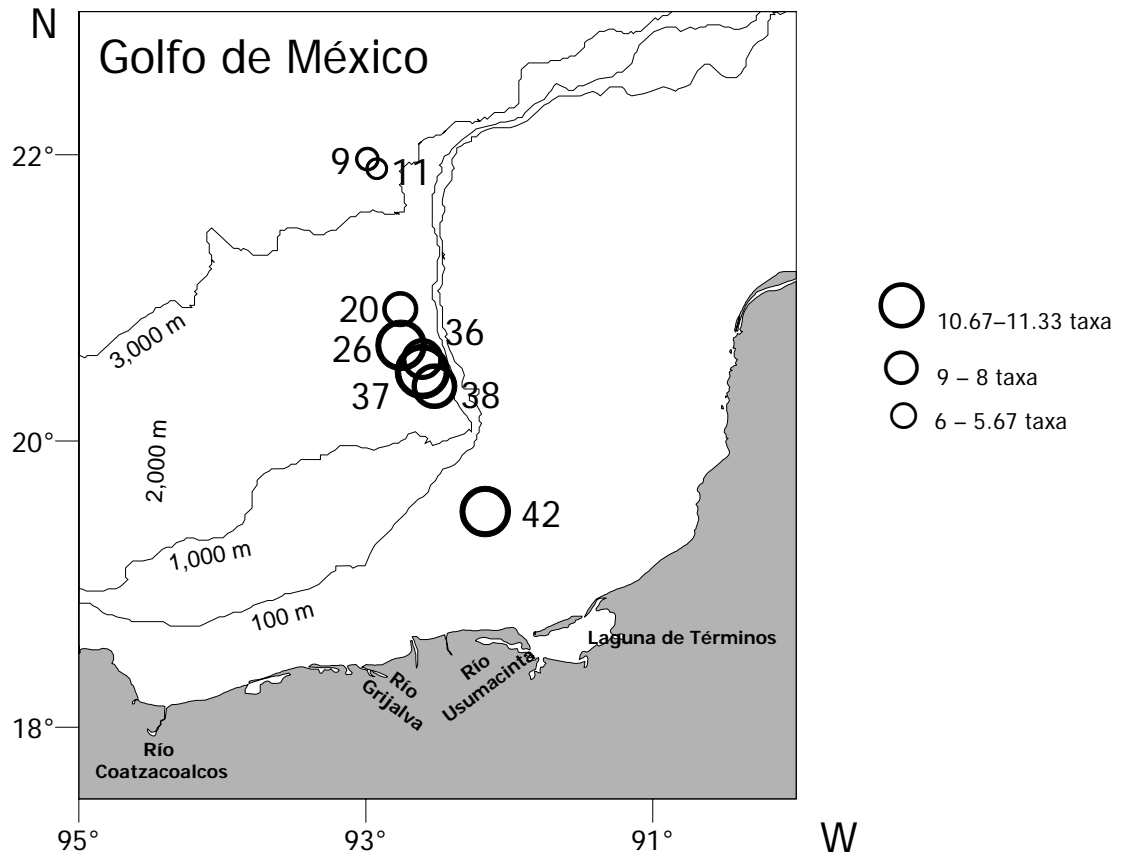


Figura 10. Variación geográfica de la riqueza taxonómica de la macroinfauna en el cañón de Campeche en el suroeste del Golfo de México. Los números a cada lado de los marcadores indican el número de estación.

SIMILITUD

El análisis de similitud entre estaciones se efectuó con el índice de Jaccard que considera la presencia y ausencia de los taxa (Tabla 7). La estación 42 situada en la plataforma continental es diferente de las estaciones localizadas en el eje del cañón (Fig. 11). Los taxa exclusivos de la estación 42 fueron: brachiura, gastropoda, pez, priapulida, escafopoda y zoea de decápodo. En las localidades del cañón la similitud fue de hasta un 80% (Tabla 8). La zona de la cabeza del cañón se separa de las estaciones más alejadas de la costa, siendo éstas últimas más similares entre si. Los taxa comunes en todas ellas fueron los copépodos, tanaidáceos, poliquetos, nemátodos y foraminíferos.⁷

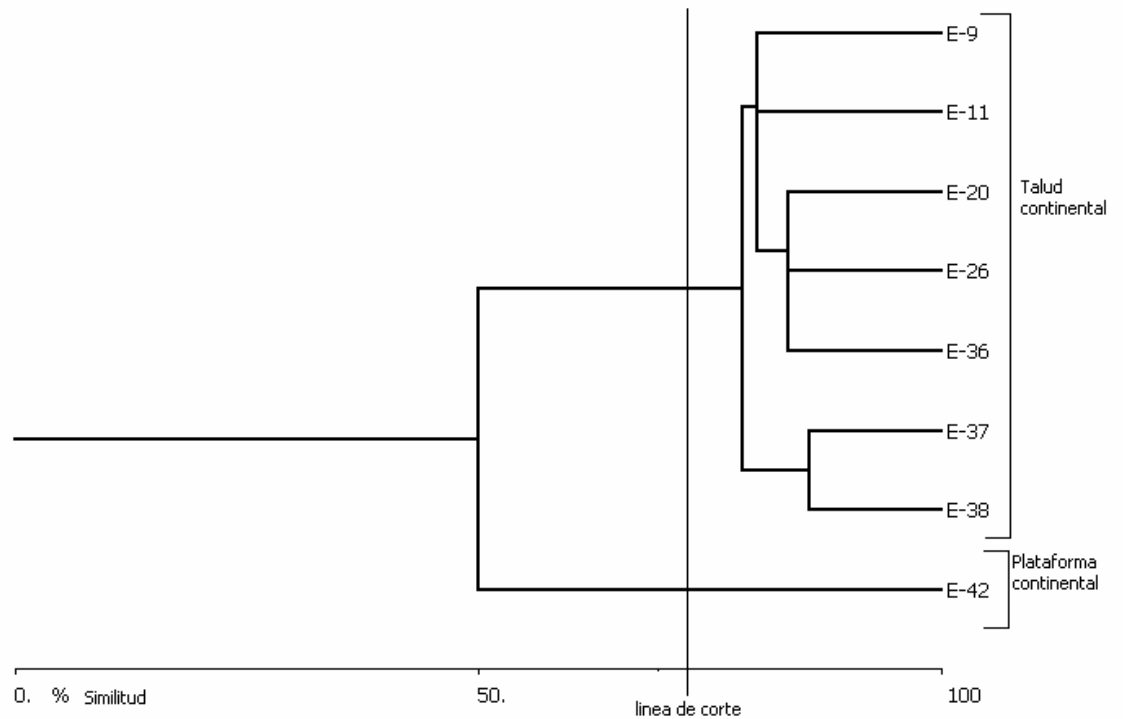


Figura 11. Análisis de similitud entre estaciones con el índice de Jaccard usando el algoritmo de unión simple.

Tabla 7. Presencia * y ausencia – de los taxa identificados en cada estación del cañón de Campeche, Golfo de México.

Taxa	E- 42	E- 38	E- 37	E- 36	E- 26	E- 20	E- 11	E- 9
Anfípodos	*	*	*	*	*	*	-	*
Bivalvos	*	*	*	*	*	*	*	*
Brachiura	*	-	-	-	-	-	-	-
Branchiopodo	-	*	*	-	-	-	-	-
Copépodos	*	*	*	*	*	*	*	*
Cumáceos	*	-	*	-	*	-	-	-
Equinodermos	-	*	*	*	*	*	*	-
Espanja	-	*	*	*	*	-	-	*
Foraminíferos	*	*	*	*	*	*	*	*
Gastrópodos	*	-	-	-	-	-	-	-
Hidroides	-	*	*	-	-	-	-	-
Isópodos	*	*	-	-	*	*	-	-
Nemátodos	*	*	*	*	*	*	*	*
Ostrácodos	*	*	*	*	*	*	*	-
Pez	*	-	-	-	-	-	-	-
Poliquetos	*	*	*	*	*	*	*	*
Priapúlidos	*	-	-	-	-	-	-	-
Scaphopodo	*	-	*	-	-	-	-	-
Tanaidáceos	-	*	*	*	*	*	*	*
Zoea de decápodo	*	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 8. Matriz de similitud de la comparación de la composición taxonómica usando el índice de Jaccard entre estaciones. En negritas los valores mayores a 80%.

	E-42	E-38	E-37	E-36	E-26	E-20	E-11	E-9
E-42		40	40	38.8	50	47.0	35.2	35.2
E-38			85.7	76.9	78.6	76.9	61.5	61.5
E-37				76.9	78.6	64.2	61.5	61.5
E-36					83.3	81.8	80	80
E-26						83.3	66.6	66.6
E-20							80	63.4
E-11								60
E-9								

CORRELACIÓN CON LOS FACTORES

La riqueza taxonómica tiende a aumentar con la densidad ($R=0.65$), de igual forma presenta una correlación positiva con el porcentaje de nitrógeno orgánico en sedimento ($R=0.72$) y disminuye con la profundidad ($R=-0.46$) y la distancia a la costa ($R=-0.72$, Tabla 9),

Tabla 9. Correlación de las variables ambientales con la riqueza, densidad y biomasa en el cañón de Campeche, Golfo de México. En negritas $p < .05$

	Riqueza	Densidad	Biomasa	% N	% C	Profundidad	Distancia a la costa	Clorofila "a"	Limos	Limos gruesos	Arena muy fina	Arena fina
Riqueza	1.00	0.65	0.20	0.72	0.33	-0.46	-0.72	0.38	0.18	0.15	-0.30	-0.31
Densidad	0.65	1.00	-0.11	0.82	0.16	-0.74	-0.68	0.68	0.03	0.43	-0.30	-0.24
Biomasa	0.20	-0.11	1.00	0.15	0.18	0.02	-0.47	-0.17	0.74	-0.79	-0.68	-0.35
% N	0.72	0.82	0.15	1.00	0.31	-0.77	-0.76	0.71	0.20	0.21	-0.45	-0.28
% C	0.33	0.16	0.18	0.31	1.00	-0.51	-0.45	0.49	0.33	0.04	-0.42	-0.49
Profundidad	-0.46	-0.74	0.02	-0.77	-0.51	1.00	0.75	-0.98	-0.10	-0.45	0.39	0.40
Distancia a la costa	-0.72	-0.68	-0.47	-0.76	-0.45	0.75	1.00	-0.62	-0.40	-0.07	0.64	0.46
Clorofila "a"	0.38	0.68	-0.17	0.71	0.49	-0.98	-0.62	1.00	-0.03	0.56	-0.24	-0.33
Limos	0.18	0.03	0.74	0.20	0.33	-0.10	-0.40	-0.03	1.00	-0.77	-0.91	-0.81
Limos gruesos	0.15	0.43	-0.79	0.21	0.04	-0.45	-0.07	0.56	-0.77	1.00	0.53	0.33
Arena muy fina	-0.30	-0.30	-0.68	-0.45	-0.42	0.39	0.64	-0.24	-0.91	0.53	1.00	0.76
Arena fina	-0.31	-0.24	-0.35	-0.28	-0.49	0.40	0.46	-0.33	-0.81	0.33	0.76	1.00

CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES POR FRECUENCIA Y ABUNDANCIA

La composición, frecuencia y abundancia entre la zona del cañón y de la plataforma continental difirieron. Los taxa que representaron componentes dominantes fueron los poliquetos, nemátodos, foraminíferos, copépodos harpaticoides, tanaidáceos, bivalvos, ostrácodos y equinodermos. Los anfípodos fueron el taxón constante en las estaciones 38 a 9 ubicadas a más de 2,000 m sobre el eje del cañón, donde los componentes raros fueron las esponjas, los hidroides, los branchiópodos, isópodos y cumáceos (Fig. 12). El número de taxa dominantes fue más elevado en el cañón (7) con respecto a la plataforma continental (5). De igual forma los taxa raros fueron mas abundantes (6)

en el cañón con respecto a la plataforma continental (2). En la estación 42 a 54 m, situada en la plataforma continental se reconoció como componentes dominantes a los poliquetos, foraminíferos, bivalvos, copépodos y ostrácodos, dentro de los componentes constantes estuvieron los anfípodos, tanaidáceos, priapúlidos, pez y zoea de decápodo, el componente raro corresponde a los nemátodos (Fig. 13).

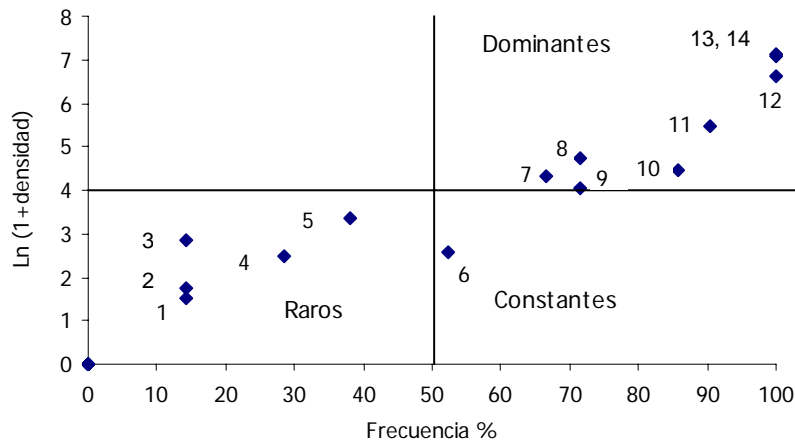


Figura 12. Caracterización de los taxa en dominantes y raros de acuerdo a su frecuencia y abundancia, estaciones localizadas en el cañón de Campeche. 1-cumáceos, 2-isópodos, 3-braquiópodo, 4-hidroides, 5-esponja, 6-anfípodos, 7-tanaidáceos, 8-equinodermos, 9-ostrácodos, 10-bivalvos, 11-copépodos, 12-foraminíferos, 13-poliquetos, 14-nemátodos.

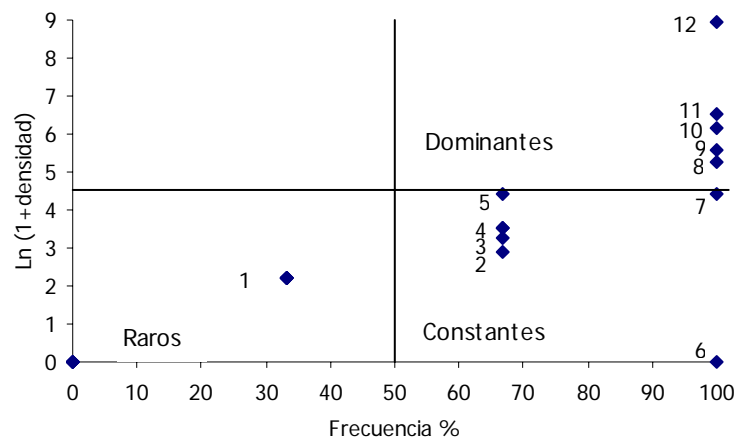


Figura 13. Caracterización de los taxa en dominantes y raros de acuerdo a su frecuencia y abundancia en la plataforma continental. 1-nemátodos, 2-zoea, 3-pez, 4-priapúlidos, 5-anfípodos, 6-tanaidáceos, 7-cumáceos, 8-ostrácodos, 9-copépodos, 10-bivalvos, 11-foraminíferos, 12-poliquetos.

Se reconocieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la riqueza taxonómica de las estaciones 11 y 9 con las estaciones 42, 38, 37, 36 y 26. Así mismo la estación 20 difiere significativamente con la estación 37. Las estaciones 26, 38 y 42 tuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) con las estaciones 11 y 9, mientras que la estación 37 difiere con las estaciones 20, 11 y 9. Por último, la estación 36 difiere significativamente ($p = 0.05$) con la estación 11 (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de varianza de la riqueza taxonómica correspondiente a cada una de las estaciones estudiadas. En negritas y celdas sombreadas las relaciones que muestran diferencias significativas.

Tukey HSD test; variable RIQUEZA								
Probabilities for Post Hoc Tests								
MAIN EFFECT: ESTACIÓN								
	42	38	37	36	26	20	11	9
42		0.94	0.99	0.59	1	0.12	0.00	0.00
38			0.59	0.99	0.94	0.59	0.00	0.015
37				0.22	0.99	0.03	0.00	0.00
36					0.59	0.94	0.03	0.06
26						0.12	0.00	0.00
20							0.22	0.38
11								0.99
9								

DENSIDAD

Los valores promedio de densidad por estación variaron de 9,466 a 1,550 ind.m⁻². La densidad mayor se presentó en la estación ubicada en la plataforma continental (E-42) con un promedio de 9,466 ind.m⁻² \pm 2,736 ind.m⁻². La densidad disminuyó con el aumento de la profundidad y la distancia a la costa, así las estaciones 38 y 37 registraron un promedio de 3,691 ind.m⁻² \pm 678 ind.m⁻² y 4,666 ind.m⁻², \pm 1,530 ind.m⁻² respectivamente, para aumentar con valores promedio de 5,791 ind.m⁻², \pm 642 ind.m⁻² y 6,925 ind.m⁻², \pm 2,258 ind.m⁻² en las estaciones 36 y 26 respectivamente. Las estaciones 20, 11 y 9 ubicadas a mayor profundidad y más lejanas a la costa

mostraron una densidad con valores promedio de 2,658 ind.m⁻²; \pm 752 ind.m⁻²; 1,641 ind.m⁻²; \pm 602 ind.m⁻² y 1,550 ind.m⁻² \pm 195 ind.m⁻² respectivamente (Fig. 14 y 15, tabla 11).

El phylum Annelida presentó el mayor porcentaje de la densidad total con 43.67%, seguido por el phylum Nematoda con 24.48%, el Sarcomastigophora con 16.10%, y el Arthropoda, subclase Copepoda con 5.29% con respecto al total de organismos colectados. La proporción porcentual de los taxa varió conforme aumentó la profundidad, mostrando un patrón de distribución parabólica en el caso de los nemátodos y de los foraminíferos.

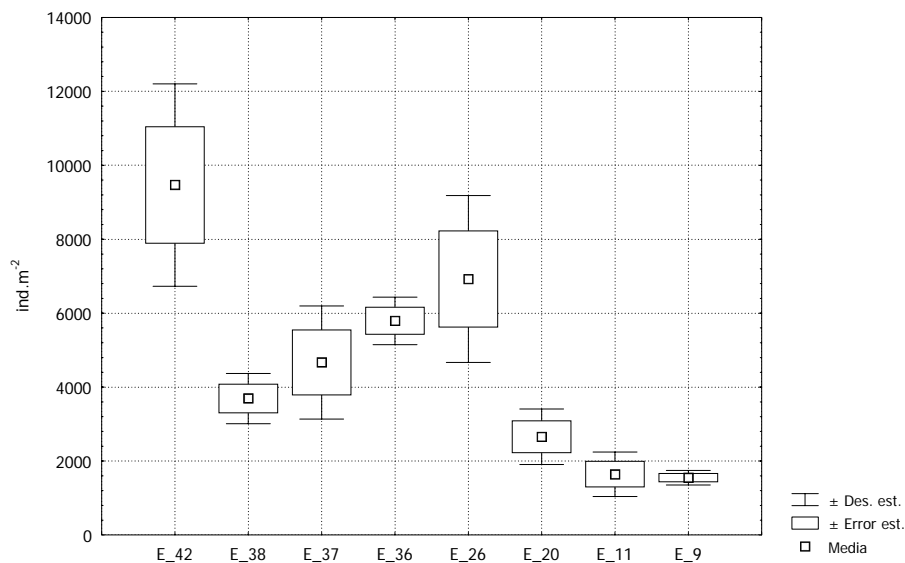


Figura 14. Densidad por estación y su variación con la profundidad en el cañón de Campeche, Golfo de México.

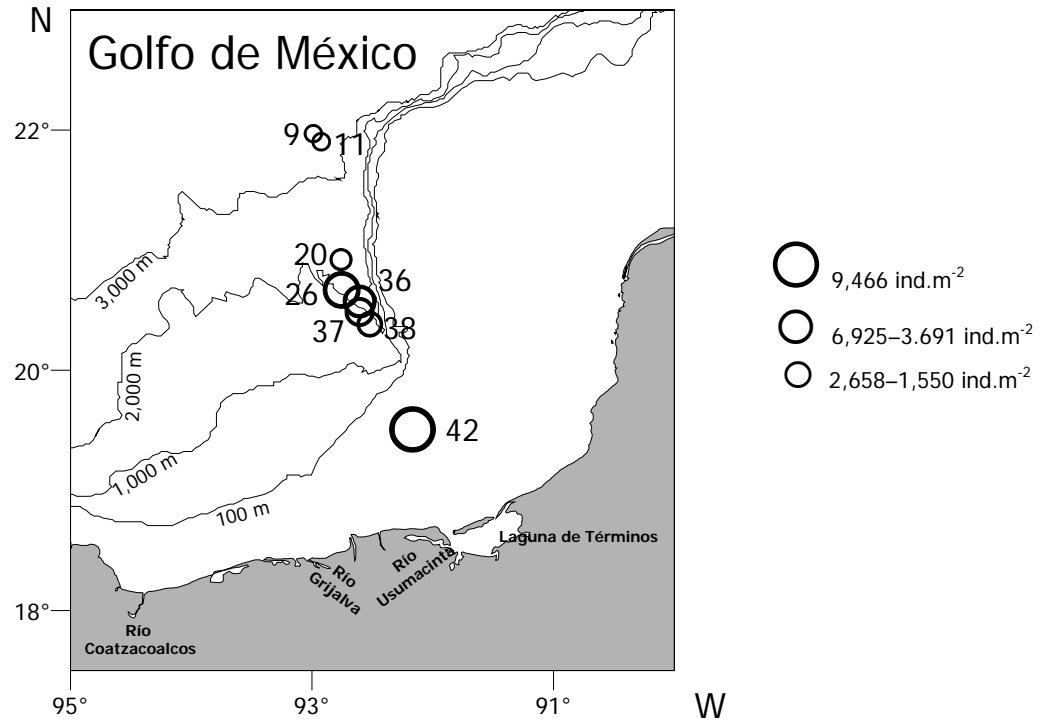


Figura 15. Variación geográfica de la densidad (ind.m^{-2}) de la macroinfauna, en el cañón de Campeche en el suroeste del Golfo de México. Los valores de los marcadores son promedios por estación.

Tabla 11. Densidad promedio y desviación estándar por estación, y su representación porcentual con respecto al total.

Estación	Profundidad (m)	Densidad promedio ind.m^{-2}	Desviación estándar ind.m^{-2}	Densidad relativa %
42	54	9,466.67	2,736.82	26.01
38	2,320	3,691.67	678.85	10.14
37	2,420	4,666.67	1,530.80	12.82
36	2,460	5,791.67	642.91	15.91
26	2,560	6,925.00	2,258.46	19.03
20	2,750	2,658.33	752.63	7.30
11	2,840	1,641.67	602.77	4.51
9	2,900	1,550.00	195.26	4.26
				Total 100%

La densidad por estación se reflejó porcentualmente con la contribución más alta en la estación 42 situada en la plataforma continental, con el 26% del total de la abundancia y un promedio de 9,466.67 ind.m⁻² seguida por la estación 26, con 19.03% y densidad promedio de 6,925.00 ind.m⁻², las estaciones 37 y 36 con 12.82% y 15.91 %, 4,666.67 y 5,791.67 ind.m⁻² respectivamente. La estación 38 con 10.14 % y 3,691.67 ind.m⁻², la estación 20 con 7.30 % y 2,658.33 ind.m⁻², y por último las estaciones 11 y 9, con 4.51% 4.26%, y 1,641.67 ind.m⁻² y 1,550 ind.m⁻², respectivamente (Tabla 12).

CORRELACIÓN DE LA DENSIDAD Y LOS FACTORES

La densidad mostró una correlación positiva con la riqueza (R=0.65), con el porcentaje de nitrógeno orgánico en sedimento (R=0.82) y los limos gruesos (R=0.43), la profundidad y la distancia a la costa presentaron correlaciones negativas (R=-0.74 y R=-0.68 respectivamente, Tabla 9).

CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE LA DENSIDAD

Los poliquetos con 43.67% del total fue el taxón que represento la mayor contribución con respecto al total de organismos seguido de los nemátodos con 24.48%, los foraminíferos con 16.10%, copépodos harpaticoides con 5.29%, los bivalvos con 2.98%, los tanaidáceos con 1.42% y ostrácodos con 1.63% (Tabla 12, Fig. 16).

Tabla 12. Porcentaje de taxa con respecto al total de organismos, su densidad promedio y desviación estándar.

Taxa	Densidad promedio ind.m ⁻²	Desviación estándar ind.m ⁻²	Contribución relativa de la densidad %
Anfípodos	90.68	167.90	0.46
Bivalvos	575.37	1093.02	2.98
Brachiura	3.13	8.84	0.02
Branchiopodo	71.92	137.19	0.32
Copépodos	1269.41	1932.06	5.29
Cumáceos	50.04	112.58	0.30
Esponja	578.40	775.57	2.18
Equinodermos	140.69	220.72	0.53
Foraminíferos	3805.14	5810.76	16.10
Gastrópodos	3.13	8.84	0.02
Hidroides	40.65	82.29	0.21
Isópodos	34.40	69.34	0.18
Nemátodos	6359.31	8655.03	24.48
Ostrácodos	331.45	597.15	1.63
Pez	9.38	26.51	0.07
Poliquetos	8630.46	15888.87	43.67
Priapúlidos	12.51	35.35	0.09
Scaphopodo	3.13	8.84	0.02
Tanaidáceos	356.43	503.55	1.42
Zoea de decápodo	6.26	17.68	0.05
			Total 100%

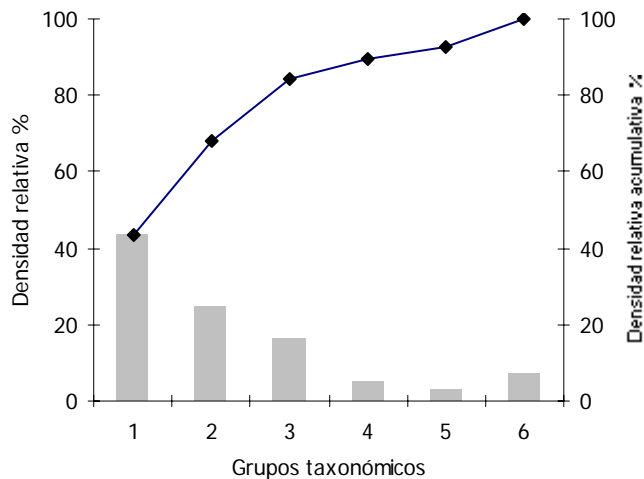


Figura 16. Contribución relativa de la densidad por los diferentes taxa de la macroinfauna en el cañón de Campeche; el número 1 corresponde a poliquetos; 2 nemátodos; 3 foraminíferos; 4 copépodos; 5 bivalvos y 6 taxa restantes.

Las estaciones que presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) por su densidad fueron la estación 42 con las estaciones 38, 37, 20, 11 y 9; la estación 36 con las estaciones 11 y 9; la estación 20 con las estaciones 20, 11 y 9; la estación 20 y la 26 y por último las estaciones 11 y 9 con las estaciones 36 y 26 (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de varianza de la densidad correspondiente a cada una de las ocho estaciones estudiadas. En negritas y celdas sombreadas los valores significativos.

Tukey HSD test; variable DENSIDAD								
Probabilities for Post Hoc Tests								
MAIN EFFECT: ESTACIÓN								
	42	38	37	36	26	20	11	9
42		0.00	0.01	0.09	0.42	0.00	0.00	0.00
38			0.98	0.64	0.18	0.98	0.66	0.62
37				0.97	0.56	0.68	0.24	0.21
36					0.97	0.20	0.04	0.03
26						0.03	0.00	0.00
20							0.98	0.97
11								1
9								

BIOMASA

El patrón de la biomasa fue distinto al observado en la densidad, la mayor biomasa fue 27.44 mg C.m⁻² en la estación 38 a 2,320 m y la menor 0.03 mg C.m⁻² en la estación 9 a 2,900 m de profundidad (Fig. 17 y 18). En la plataforma continental (E-42) la biomasa promedio fue de 0.15 mg C.m⁻², \pm 0.06 mg C.m⁻², las estaciones 38 y 37 registraron valores más altos con un promedio de 27.44 mg C.m⁻², \pm 1.01, y 3.64 mg C.m⁻², \pm de 1.15 mg C.m⁻² respectivamente. En las localidades restantes la biomasa disminuyó con el aumento de la profundidad, la estación 36 obtuvo una biomasa promedio de 0.39 mg C.m⁻², \pm 0.57 mg C.m⁻², y las estaciones 26, 11 y 9 con 0.3 mg C.m⁻² y \pm 0.01 mg C.m⁻², 0.02 mg C.m⁻², y 0.01 mg C.m⁻² respectivamente (Tabla 14).

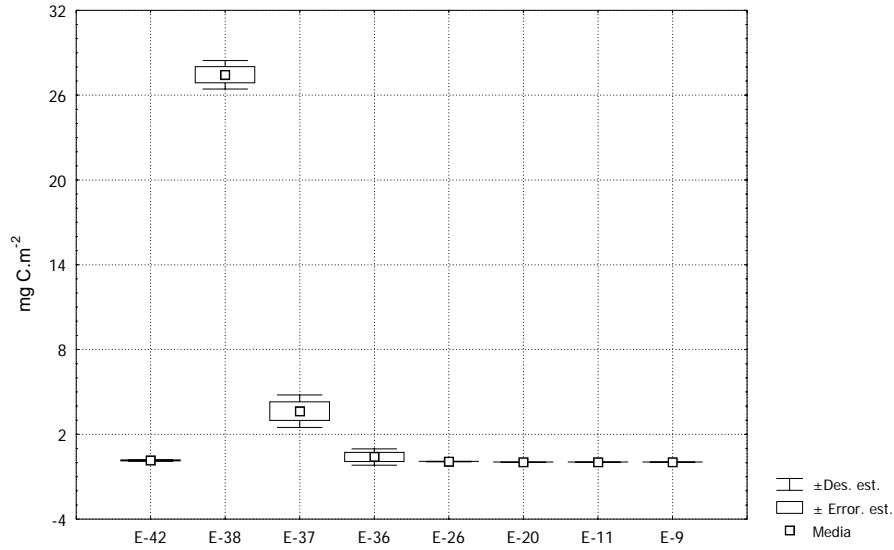


Figura 17. Biomasa por estación y su variación con la profundidad en el cañón de Campeche, Golfo de México.

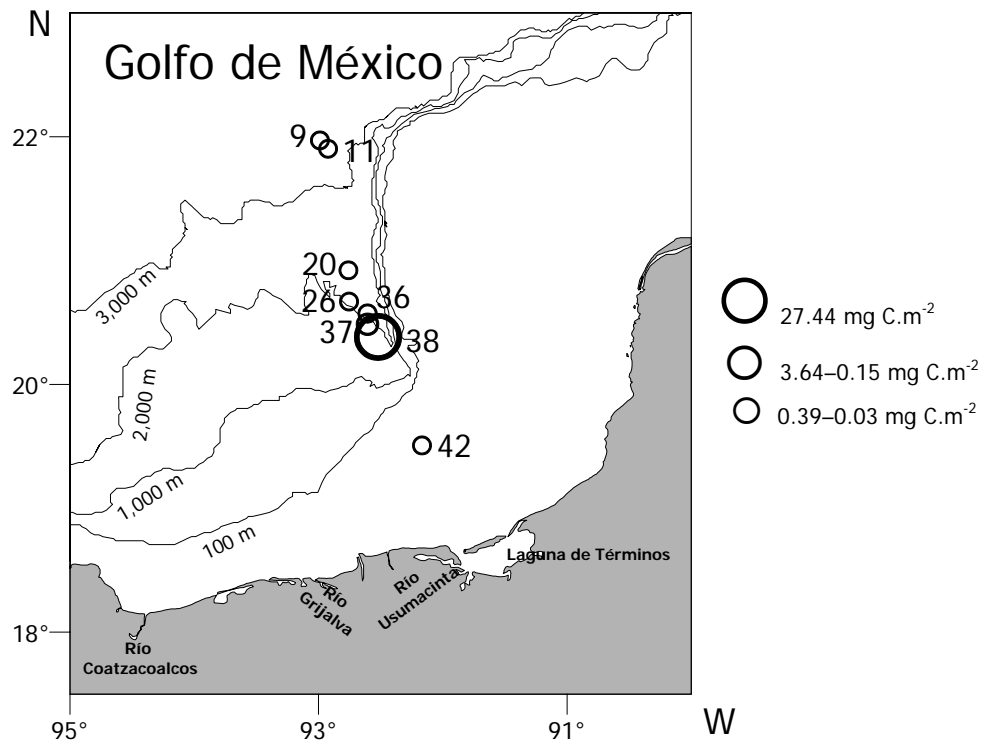


Figura 18. Variación geográfica de la biomasa (mg C.m⁻²) de la macroinfauna, en el cañón de Campeche, Golfo de México. Los valores de los marcadores son promedios por estación.

Tabla 14. Valores promedio y desviación estándar de biomasa, y su contribución relativa con respecto a la biomasa total.

Estación	Profundidad (m)	Biomasa promedio mg C.m ⁻²	Desviación estándar mg C.m ⁻²	% biomasa relativa
42	54	0.15	0.06	0.47
38	2,320	27.44	1.17	86.34
37	2,420	3.64	0.04	11.44
36	2,460	0.39	0.57	1.24
26	2,560	0.07	0.03	0.22
20	2,750	0.03	0.01	0.09
11	2,840	0.03	0.02	0.09
9	2,900	0.03	0.01	0.10
				Total 100%

CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE LA BIOMASA

El taxón con mayor contribución a la biomasa total fueron los hidroides 96.64% que ocurrieron con mayor concentración en la estación 38, seguido por los bivalvos con 1.33%; poliquetos 0.52% y foraminíferos 0.42%. Los taxa restantes contribuyeron en conjunto con 1.09 % (Fig. 19, tabla 15).

La contribución mayor sucedió en una sola estación: la estación 38 cerca de la cabeza del cañón

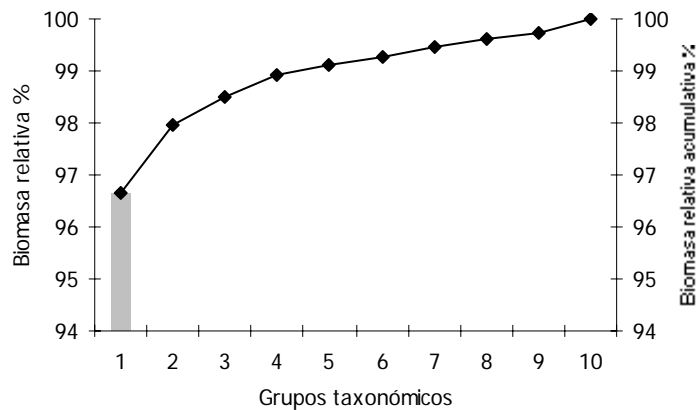


Figura 19. Biomasa relativa y biomasa relativa acumulativa de los grupos taxonómicos con mayor biomasa en el cañón de Campeche: 1) hidroides, 2) bivalvos, 3) poliquetos, 4) foraminíferos, 5) equinodermos, 6) copépodos, 7) isópodos, 8) ostrácodos, 9) nemátodos, 10) otros.

Tabla 15. Biomasa promedio y biomasa relativa para cada taxón.

Taxa	Biomasa promedio mg C.m ⁻²	Desviación estándar mg C.m ⁻²	Contribución relativa de la biomasa %
Anfipodos	0.0027	0.0076	0.02
Brachiura	0.0012	0.0034	0.01
Branchiopodo	0.0037	0.0111	0.03
Bivalvos	0.1585	0.5142	1.33
Copépodos	0.0214	0.0582	0.18
Cumáceos	0.0058	0.0164	0.05
Equinodermos	0.0235	0.0677	0.20
Espanja	0.0019	0.0056	0.02
Foraminíferos	0.0498	0.1295	0.42
Gastrópodos	0.0001	0.0002	0.00
Hidroides	11.5175	39.6718	96.64
Isópodos	0.0214	0.0582	0.18
Nemátodos	0.0123	0.0312	0.10
Ostrácodos	0.0194	0.0566	0.16
Pez	0.0041	0.0116	0.03
Poliquetos	0.0618	0.1574	0.52
Priapúlidos	0.0001	0.0004	0.00
Scaphopodo	0.0001	0.0003	0.00
Tanaidáceos	0.0090	0.0254	0.08
zoea de decápodo	0.0038	0.0107	0.03
			Total 100%

CORRELACIÓN DE LA BIOMASA CON LOS FACTORES

La correlación entre la biomasa y la distancia a la costa ($R=-0.47$), los limos gruesos ($R=-0.79$) y la arena muy fina ($R=-0.68$) fue negativa contrariamente a lo reconocido con los limos ($R=0.74$) donde se apreció una correlación positiva (Tabla 9).

Las estaciones que presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) con respecto a la biomasa fueron la estación 42 con las estaciones 38 y 37, la estación 38 con las estaciones 37, 36, 26, 20, 11 y 9; la estación 37 con las estaciones 36, 26, 20, 11 y 9 (Tabla 16).

Tabla 16. Análisis de varianza de la biomasa correspondiente a cada una de las ocho estaciones estudiadas del cañón de Campeche, Golfo de México. En negritas y celdas sombreadas los valores significativos.

Tukey HSD test; variable BIOMASA								
Probabilities for Post Hoc Tests								
MAIN EFFECT: ESTACIÓN								
	42	38	37	36	26	20	11	9
42		0.00	0.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
38			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36					0.99	0.99	0.99	0.99
26						1	1	1
20							1	1
11								1
9								

DIVERSIDAD TAXONOMICA

La diversidad taxonómica varió de 1.05 a 2.03 y fue mayor en las estaciones 20 y 11 (2.03 y 1.78), más alta que en la estación de plataforma continental E-42 (1.16). En las estaciones 38 y 36 la diversidad ascendió a 1.75, en las estaciones 37, 26 y 9 los valores menguaron a 1.50, 1.09 y 1.05 respectivamente (Tabla 17, Fig. 20). No se observó correlación entre la diversidad y el aumento de la profundidad (Fig. 21 a), la distancia a la costa (Fig. 21 b) y la riqueza taxonómica (Fig. 21 c). En general los valores más elevados (≥ 1.5) se localizaron en el cañón a excepción de una o dos localidades (E-26 y E-9) y la estación ubicada en la plataforma continental (E-42). Se registró la correlación más alta entre la diversidad y la dominancia $y = -1.5266x + 1.9359$, $R^2 = 0.775$ (Fig. 21 d) no así con la equitatividad $y = 2.0534x$, $R^2 = 0.6757$ (Fig. 21 e). La diversidad taxonómica representó el 46% al 79% de la diversidad máxima esperada en las estaciones. Solamente en la estación 20 la diversidad taxonómica representó la diversidad máxima esperada (Tabla 18).

Tabla 17. Valores promedio de diversidad taxonómica (H'), diversidad máxima (H'_{max}), equitatividad (J'), dominancia (D') y riqueza taxonómica promedio (S'), para cada estación.

Estación	42	38	37	36	26	20	11	9
	0.48	0.77	0.62	0.79	0.46	100		0.56
H'	1.16	1.75	1.50	1.74	1.09	2.03	1.78	1.05
H'_{max}	2.37	2.27	2.42	2.19	2.36	2.03	1.73	1.77
J'	0.49	0.77	0.62	0.78	0.46	0.99	1.03	0.63
D'	0.51	0.23	0.38	0.22	0.54	0.01	0.00	0.37
S'	10.67	9.67	11.33	9.00	10.67	8.00	5.67	6.00

La estaciones con equitatividad mayor fueron 20 y 11 (0.99, 1.03) ubicadas hacia la base del cañón cerca de la planicie abisal, seguidas de las estaciones 36, 38, 9, 37 y 42 localizada en la plataforma continental y por último la 26 (0.78, 0.77, 0.63, 0.62, 0.49 y 0.46 respectivamente). El valor mayor de dominancia se localizó en las estaciones 26 y 42 (0.54, 0.51) ubicadas en el cañón y la plataforma continental respectivamente. Sucesivamente las estaciones 37, 9, 38, 36, 20 y 11 disminuyeron sus registros de dominancia (0.38, 0.37, 0.23, 0.22 y 0.01). Tanto la dominancia como la diversidad y la equitatividad fueron similares dentro del cañón.

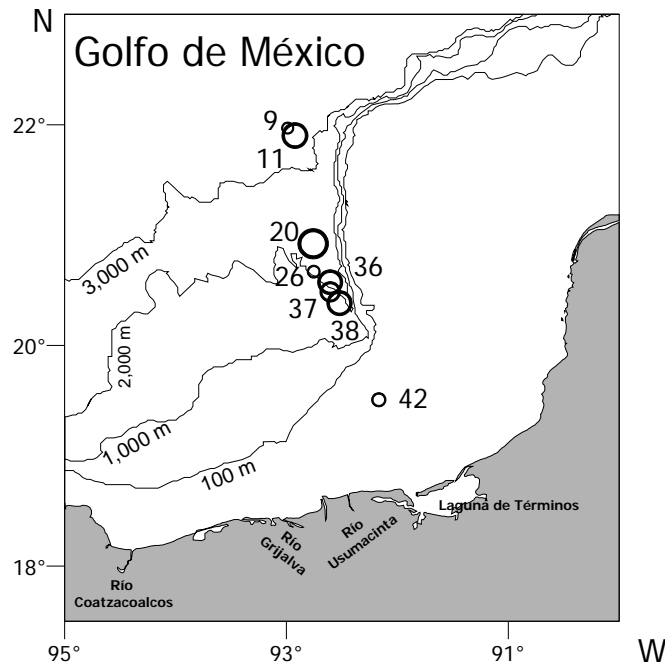


Figura 20. Variación geográfica de la diversidad taxonómica (Shannon-Wiener) de la macroinfauna, en el Cañón de Campeche en el Golfo de México. Los números a cada lado de los marcadores indican la estación.

La diversidad mostró dos patrones con respecto a la profundidad y la distancia a la costa. Los valores de H' disminuyeron con respecto a la posición dentro del cañón. En el eje del cañón las localidades 38, 37 y 36, cercanas a la cabeza del cañón, presentaron valores ≥ 1.5 . De igual forma las localidades ubicadas en la cabeza del cañón mostraron una tendencia similar con una disminución hacia la zona abisal ≤ 1 lo cual sugiere una zonación dentro del cañón. La abundancia promedio y la riqueza taxonómica mostraron una correlación representada con la ecuación $y=1.4141x^{0.3597}$ y $r^2 = 0.7996$ (Fig. 22 a), al igual que la riqueza taxonómica y la abundancia con la ecuación $y = 0.1182x + 1.1335$ (Fig. 22 b).

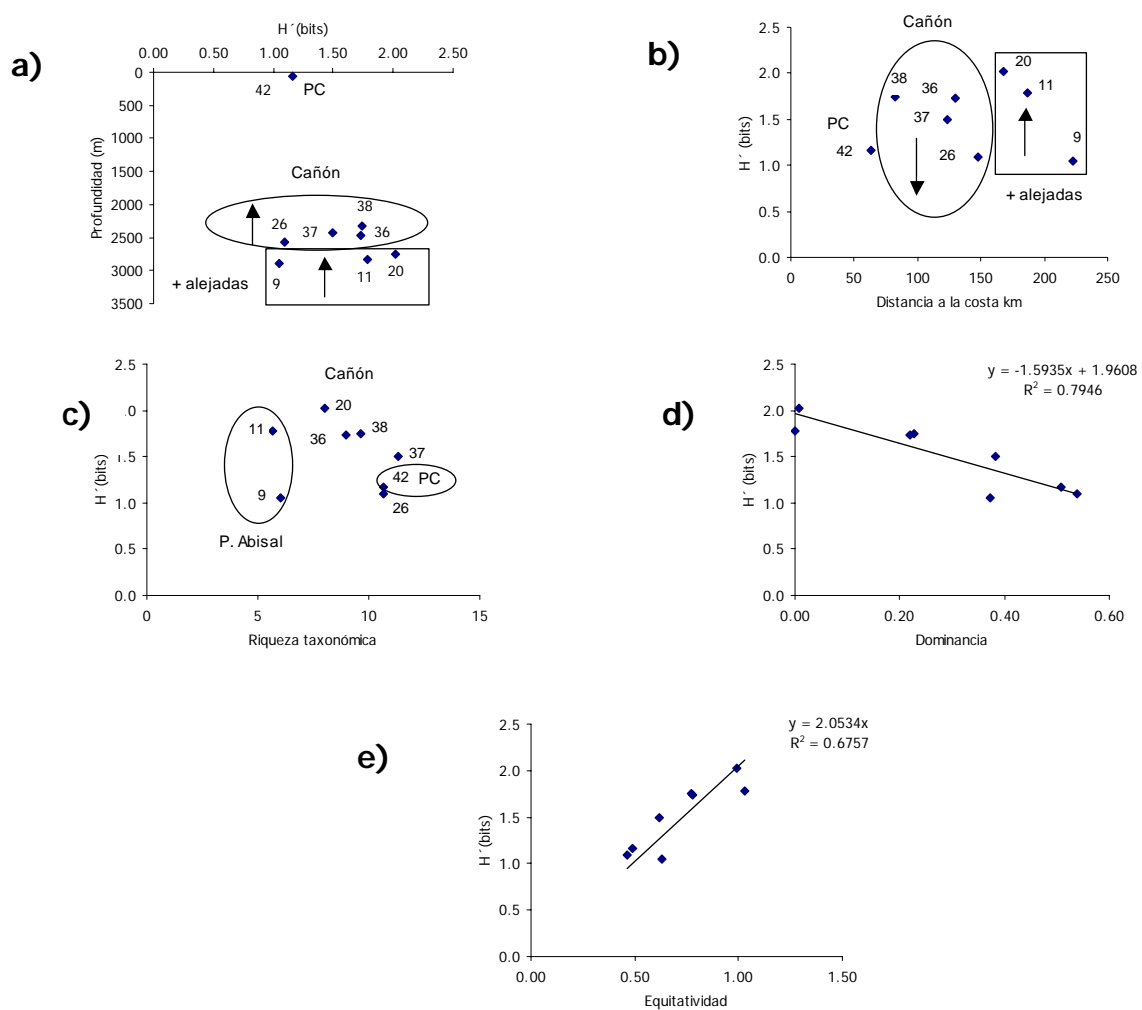


Figura 21. Relación de la diversidad taxonómica con: a) profundidad, b) distancia a la costa, c) riqueza taxonómica, d) dominancia y e) equitatividad en el cañón de Campeche, Golfo de México. PC=Plataforma Continental.

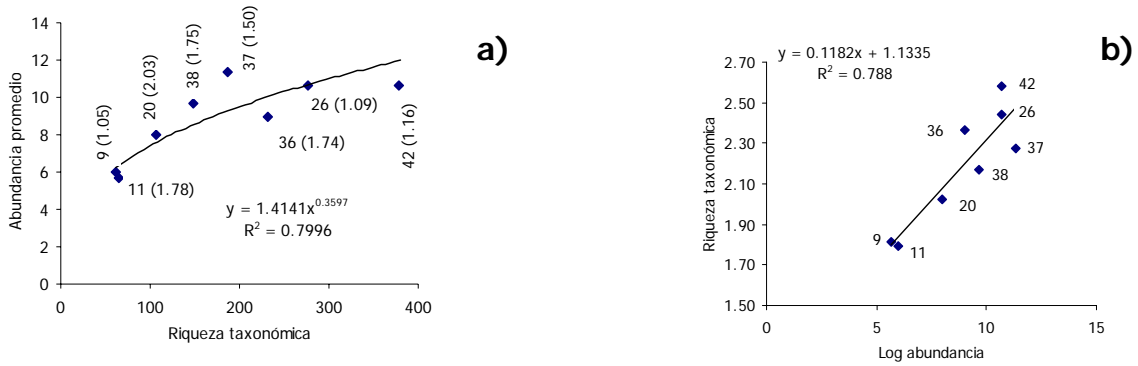


Figura 22. Relación entre a) abundancia promedio con riqueza taxonómica, entre paréntesis valor de diversidad basado en el índice de Shannon-Wiener, y b) riqueza taxonómica y abundancia del cañón de Campeche Golfo de México.

ANÁLISIS CANÓNICO REDUCIDO

El 72.1% de la diferencias encontradas en la composición taxonómica está determinado por las variables distancia a la costa y profundidad (Fig. 23, tabla 18). El análisis permitió reconocer una variancia a lo largo de un gradiente sobre el eje del cañón como se muestra en la ubicación de las localidades en la gráfica de doble proyección que señala una mayor riqueza de especies dentro del cañón, definida por crustáceos como copépodos harpaticoides, hidroides, cumáceos y foraminíferos en las localidades de la cabeza del cañón (E-38, E-37). La parte central del cañón esta definida por una menor riqueza pero predominan los ostrácodos y equinodermos. Finalmente las localidades más alejadas están determinadas por la presencia de nemátodos y poliquetos.

Tabla 18. Valores únicos (eigenvalores del análisis de correlación múltiple para el análisis canónico reducido) de macroinfauna del cañón de Campeche, Golfo de México.

	1	2	3	4
Eigenvalores	0.233	0.125	0.068	0.051
correlaciones especies-ambiente	0.917	0.819	0.828	0.820
Datos de los taxa	23.3	35.8	42.6	47.8
Relación taxa-ambiente	46.8	72.1	85.8	96.2

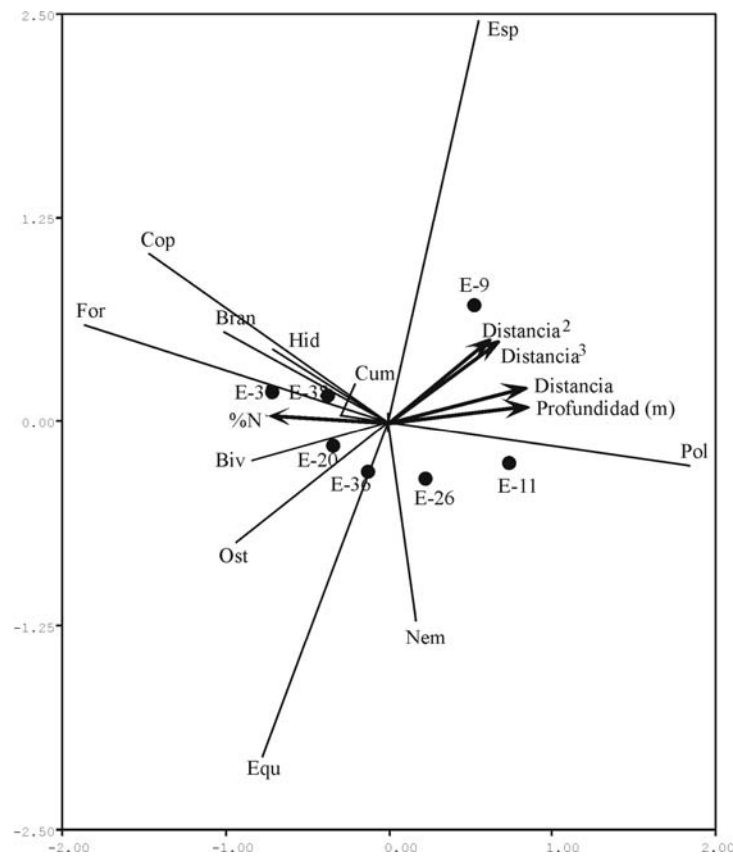


Figura 23. Grafica de doble proyección del análisis RDA, de los grupos taxonómicos y las variables. Círculos negros representan las estaciones, la flechas las variables. Cop= copépodos, For= foraminíferos, Pol= poliquetos, Nem= nemátodos, Equ= equinodermos, Ost= ostrácodos, Biv= bivalvos, Bran= branquiópodos, Hid=hidroides, Cum= cumáceos, Esp= esponjas.

DISCUSIÓN

RIQUEZA. En el cañón de Campeche se reconocieron 13 taxa en contraste con la plataforma continental en la que se reconocieron 15 taxa. El presente estudio difiere de lo observado por Vetter y Dayton (1998) en el que reconocen en el cañón de La Jolla y Scripps 168 especies y 112 géneros principalmente en tres taxa: poliquetos, crustáceos y moluscos, mismos que se reconocieron en las estaciones dentro y fuera del cañón. Cosson (2001) describe que en el Atlántico tropical el número de taxa disminuye con la condición trófica del sistema, esto concuerda con los valores de nitrógeno y carbono orgánico en sedimento encontrado en el cañón de Campeche, hecho que refleja la disponibilidad de alimento en el fondo marino (Fig. 24), empero en el cañón de Campeche no se observó correlación entre la biomasa y la riqueza taxonómica.

Houdson y Haedrich (1984) compararon estaciones dentro y fuera del cañón Carson, reconocieron siete taxa tanto en las estaciones ubicadas dentro como en las estaciones fuera del cañón. Flach y Thomsen (1998) dan a conocer su estudio en el que reconocen 19 taxa, a lo largo de la plataforma y el talud continental, y observan diferencias en la estructura de la comunidad con el incremento de la profundidad; la mayor riqueza taxonómica en el presente estudio se observó en la plataforma continental (estación 42), con 15 grupos taxonómicos, y decreció en el cañón de Campeche de 13 a ocho grupos taxonómicos (estación 38-9) a 2,900 m de profundidad en la estación más alejada a la costa. Los resultados presentan una tendencia similar a las reconocidas por Cosson (2001) donde el enriquecimiento orgánico promovido por los procesos físicos propios de los cañones influyen sobre la abundancia y la riqueza taxonómica en la escala local.

Sin embargo, Muarer *et al* (1994), reconocen 24 especies en el cañón de Newport que incluye a los taxa: poliquetos y bivalvos entre otros. La alta diversidad de especies en el cañón de Newport es atribuida a su naturaleza inactiva que facilita la maduración de las comunidades de los fondos suaves, en contraste con los cañones activos en los que las corrientes de turbidez

frecuentemente provocan disturbios en la interfase agua-sedimento. Al comparar la diversidad del cañón de Campeche y Newport se tiene que la diversidad del cañón de Campeche (1.75-2.3) fue más baja que la de Newport (2.3-2.5). El mar profundo es un ambiente muy estable (Gage y Tyler, 1992) hecho que ha permitido que un mayor número de especies se especialicen generando una alta diversidad (Dayton y Hessler, 1972), posiblemente el cañón de Campeche sea un cañón activo y por lo tanto sea un ambiente inestable para las comunidades bénticas de fondos blandos que se ven afectadas por este hecho y repercute en la composición y diversidad taxonómica.

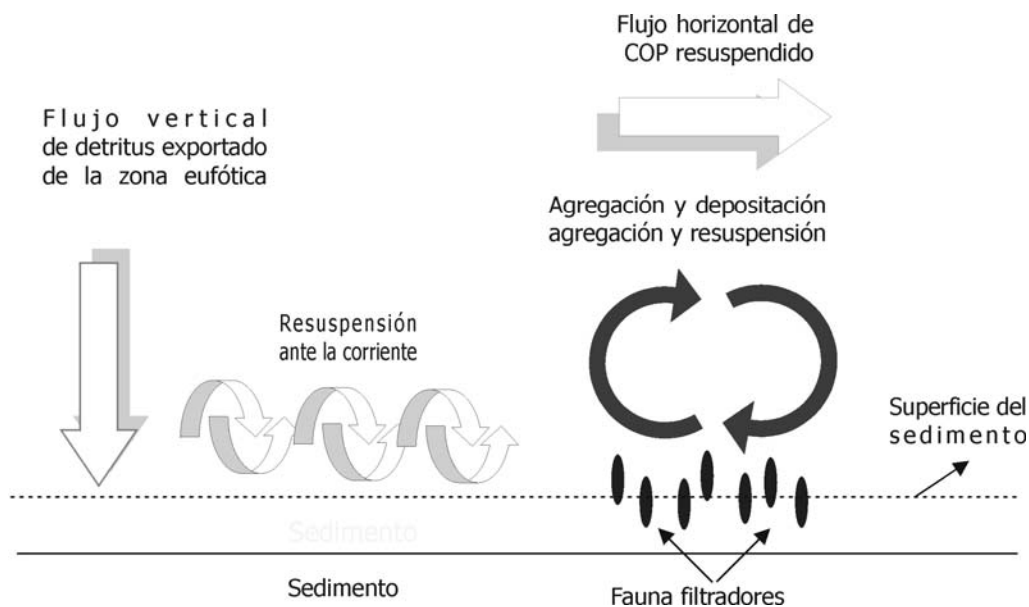


Figura 24. Diagrama que ilustra el aporte de materia orgánica al sedimento en el cañón de Campeche, Golfo de México. Nótese el tamaño de las flechas de la exportación que representan cuantitativamente el aporte en cada ambiente.

DENSIDAD. La densidad de la infauna béntica en el cañón de Campeche presentó un patrón unimodal, la densidad más alta se presentó en la plataforma, relación que concuerda con Flanch y Laurenz (1998) pues sus resultados muestran que las estaciones localizadas sobre la plataforma continental difieren de las estaciones a mayor profundidad correspondientes al talud. Las interpretaciones de sus resultados sugieren una relación estrecha entre la estructura de la comunidad de la macroinfauna y la profundidad del agua. Esta relación se vincula al

predominio de poliquetos en aguas más somera, situación que es similar a lo ocurrido en el cañón de Campeche en donde la estación localizada sobre la plataforma continental fue donde se registró una mayor densidad de poliquetos, que disminuyeron con el aumento de la profundidad.

La densidad sigue comúnmente un patrón de disminución exponencial con la profundidad y la distancia a la costa de compararse a lo largo de un gradiente de profundidad (Rowe, 1983). Esta reducción de la densidad con la profundidad exhibe así mismo patrones de variabilidad geográficos (Fenchel y Finlay, 1995) que se han atribuido a la disponibilidad de alimento (Cosson, 2001), la hidrodinámica (Koppelman y Weikert, 2000), las condiciones de hipoxia (Fenchel y Finlay, 1995) y las interacciones biológicas (Escobar y Soto 1997). Las condiciones físicas e hidrodinámicas en los cañones son frecuentemente distintas de las que suceden dentro de la plataforma y el talud continental y pueden afectar la estructura de las comunidades de los cañones (Vetter y Dayton, 1999).

Vetter (1995), registró densidades más altas dentro de los cañones que fuera de ellos apreciando así mismo que la densidad decrece con la profundidad. Los poliquetos predominaron en todas las profundidades lo que se atribuyó al enriquecimiento orgánico dentro de los cañones con detritus o que es retransportado por las corrientes (Bouma, 1964, citado en Vetter y Dayton, 1998).

La densidad dentro del cañón Whittard disminuye con la profundidad y la distancia a la costa Duineveld (2001), considera que el sistema Whittard parece ser inactivo en términos de transporte del sedimento y podría actuar como un sitio donde el material orgánico efímero se concentra hacia el mar profundo. Esta situación no se observa en el cañón de Campeche, en el que la densidad se ve favorecida por el aporte de sedimentos y la disponibilidad de alimento.

Cosson *et al.* (1997) analizó tres estaciones en el Atlántico tropical definidas como eutrófica, mesotrófica y oligotrófica en las que encontró diferencias significativas en cuanto a densidad,

los florecimientos de algas hallados conllevan a encontrar la mayor densidad en la estación eutrófica y mesotrófica, la perturbación en el fondo como lo pueden ser las corrientes y los aportes de materia orgánica influyen en la estructura comunitaria, decreciendo con el incremento de la profundidad. El cañón de Campeche difiere con este patrón de la densidad, ya que se observa un patrón unimodal, sin embargo la estación sobre la plataforma continental E-42 a 54 m fue donde se registró la mayor densidad, y de ahí disminuyó mostrando aumento en las estaciones 37, 36 y 26 y posteriormente esta decreció, resultados que son semejantes a los de Vetter y Dayton (1998) que en los cañones Scripps y La Jolla encuentran la mayor densidad a los 300 m después de los 310 m esta comienza a declinar, los poliquetos dominaron en todas las profundidades.

En el cañón de Campeche la densidad muestra un patrón de disminución en relación al aumento de la profundidad y la distancia a la costa, a excepción de dos estaciones, 36 y 26, el incremento de la densidad podría ser por enriquecimiento orgánico, ya que en estas estaciones se observó un incremento de carbono y nitrógeno orgánico en sedimento. El cañón de Campeche registró valores similares a los de los cañones Scripps y la Jolla en cuanto a %C y %N orgánico en sedimento (0.41 a 300 m, 2.14 a 500 m y 0.05 300 m, 0.20 500 m respectivamente) lo que sugiere que las corrientes que actúan dentro del cañón tiene este mismo efecto sobre el fondo del cañón de Campeche, contrastando con el cañón Carson donde la densidad disminuyó con la profundidad, las localidades que se compararon fuera del cañón no fueron significativamente diferentes, las concentraciones más bajas de carbono orgánico indican que la aparente alta producción primaria en esta área puede ser reciclada en la columna de agua (Houston y Haedrich, 1984).

Es claro que las condiciones físicas en los cañones son frecuentemente distintas de las que suceden dentro de la plataforma y el talud, y pueden afectar la estructura de las comunidades del cañón (Vetter y Dayton, 1999). Los valores bajos de carbono orgánico presentes en el sedimento del cañón La Jolla y Scripps sugieren que el enriquecimiento no es por materia particulada en sedimento, sino por la abundancia de detritus sobre la superficie del sedimento

(Vetter y Dayton, 1998) los valores de carbono y nitrógeno orgánico en sedimento son similares a los registrados en el presente estudio por lo que se sugiere que el aporte de alimento a los bentos proviene de las corrientes de turbidez y la exportación.

BIOMASA. En el cañón de Campeche se ha reconocido que el aporte de alimento proviene de la exportación de materia orgánica producida en la columna de agua como se reconoce de los valores de C/N con valores de 7.5 a 7.1 (Meyer, 1994)

Vetter y Dayton (1998) reconocieron que la biomasa de la macroinfauna es mayor en los cañones que fuera, sin mostrar cambios con la profundidad y en contraste un patrón parabólico, en las estaciones ubicadas dentro del cañón se halló macrodetritus transportado horizontalmente por las corrientes que atraen material terrígeno y de las capas de agua superiores con mayor cantidad de nutrientes, la biomasa responde a este enriquecimiento orgánico que decrece con la profundidad por su pérdida de labilidad en el transporte hacia el mar profundo, por lo que la mayor disponibilidad de alimento se puede ver reflejada en el aumento de la biomasa. Este suceso es consistente con lo ocurrido en el cañón de Campeche en el que las estaciones 38 y 37, cercanas a la cabeza del cañón, obtuvieron los valores más altos de carbono y nitrógeno y donde ocurrió la mayor biomasa. Duineveld (2001) reconoció que la biomasa en el cañón Whittard decrece con la profundidad y la distancia a la cabeza del cañón apareciendo más elevada cuando se compara con estaciones fuera del cañón. El contenido de carbono y particularmente las concentraciones de pigmento en sedimento son una evidencia del enriquecimiento orgánico. La baja concentración de clorofila "a" indica que el fitodetritus estuvo remineralizado previamente en columna de agua antes de su cambio en el fondo.

Houston y Haedrich (1984), estudiaron la biomasa del cañón Carson en el noroeste del Océano Atlántico, sin reconocer variaciones significativas de la biomasa. Los valores bajos encontrados en el cañón Carson son sorprendentes ya que es una zona de abundantes pesquerías en la región sugiriendo que la materia orgánica puede ser reciclada en la columna de agua

explicando la baja biomasa y baja concentración de carbono orgánico, caso diferente al cañón de Campeche en donde si se encontraron diferencias significativas y la biomasa es más alta que en el cañón Carson.

Sobre la cabeza del cañón de Campeche se presentan procesos que generan surgencias (Salas-de-León y Monreal-Gómez, 2003), que al igual que los estudios de Cosson (1997) en Atlántico tropical nos sugieren que los altos flujos de materia orgánica provenientes de la exportación de producción de la superficie. El cañón de Campeche se apega más a los patrones que muestran diferencias de biomasa entre las estaciones. Desafortunadamente no existen estudios previos sobre corrientes de fondo en el cañón de Campeche, sin embargo basándonos en la literatura *se puede* inferir que las corrientes de turbidez actúan como transporte de sedimentos y de alimento disponible a las comunidades macrobentónicas generando zonas de enriquecimiento orgánico que pueden sostener altas biomásas.

CONCLUSIONES

Los patrones de distribución de la estructura comunitaria de la macroinfauna béntica del cañón de Campeche están definidos por las variables profundidad y distancia de la costa y el aporte de materia orgánica al sedimento y difieren de los valores encontrados en la plataforma continental lo cual permite concluir que se acepta la hipótesis uno.

La riqueza, la composición taxonómica y la densidad de la macroinfauna en los fondos blandos del cañón de Campeche en el Golfo de México muestran un patrón de disminución de la plataforma continental (15 taxa, 9,466.67 ind.m⁻²) a mayor profundidad y distancia a la costa (8 taxa, 1,551.00 ind.m⁻²). La biomasa presenta un patrón unimodal con máximo a 2,320 m en la porción central del cañón, para después decrecer con el aumento de la profundidad. La biomasa del cañón responde a la cantidad de materia orgánica en el sedimento que puede haber sido exportada o transportada. Queda como contribución de este estudio que la biomasa es:

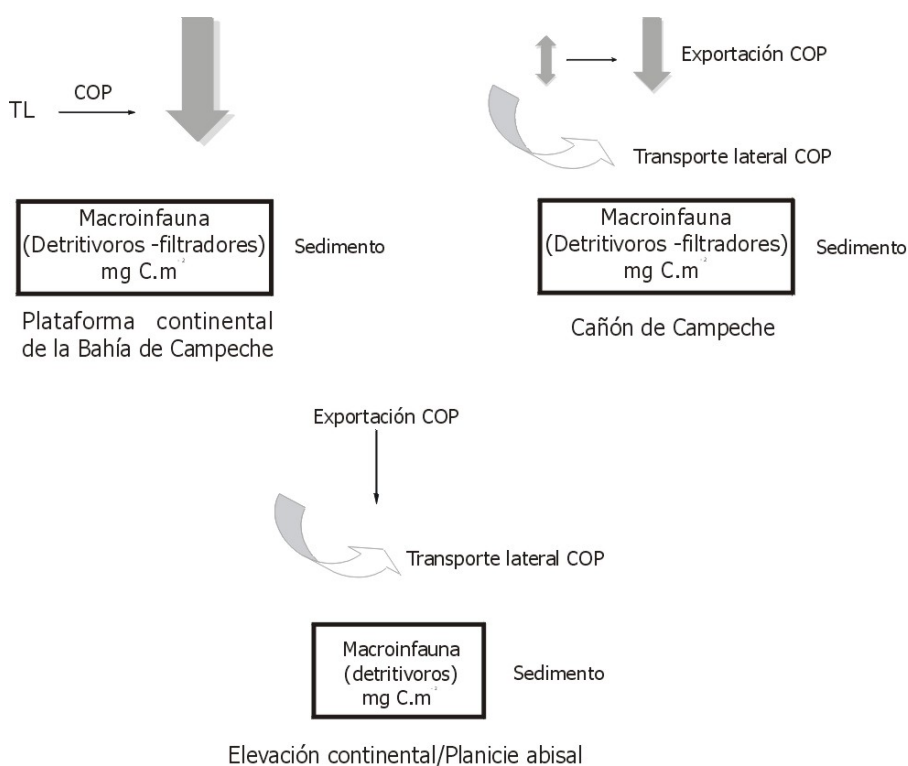


Figura 25. Diagrama que ilustra el aporte de materia orgánica al sedimento del cañón de Campeche, golfo de México. Nótese el tamaño de las flechas de la exportación que representan cuantitativamente el aporte en cada ambiente. TL=transporte lateral

Las variables ambientales del sedimento y del agua de fondo influyen de gran manera sobre la estructura comunitaria de la macroinfauna béntica. La temperatura varió de 22.46°C en la plataforma continental a 4.3°C en las estaciones restantes, se reconocieron las masas Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (AStSsC) y Agua Profunda Nor-Atlántica (APNA) en el agua de fondo. Los limos son el tipo de sedimento predominante (62.20%) en el cañón. En general el % N y % C en sedimento decreció con la distancia a la costa y profundidad, y se caracteriza por una zona más enriquecida en la cabeza del cañón para reducirse a valores abisales en la base del cañón. La clorofila "a" en sedimento obtuvo su registro más alto en la plataforma continental (158.89 Chla $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) y descendió gradualmente con la profundidad y la distancia a la costa, mostrando un patrón similar al del carbono orgánico y alta biomasa. La diversidad taxonómica depende de la perturbación consecuencia de las corrientes de turbidez

Las variables ambientales del sedimento y del agua de fondo influyen de gran manera sobre la estructura comunitaria de la macroinfauna béntica. La temperatura varió de 22.46°C en la plataforma continental a 4.3°C en las estaciones restantes, se reconocieron las masas Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (AStSsC) y Agua Profunda Nor-Atlántica (APNA) en el agua de fondo. Los limos son el tipo de sedimento predominante (62.20%) en el cañón. En general el % N y % C en sedimento decreció con la distancia a la costa y profundidad, y se caracteriza por una zona más enriquecida en la cabeza del cañón para reducirse a valores abisales en la base del cañón. Los clorofila "a" "a" en sedimento tuvieron su registro mas alto en la plataforma continental (158.89 Chla $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) y descendió gradualmente con la profundidad y la distancia a la costa, mostrando un patrón similar al del carbono orgánico y alta biomasa.

La riqueza taxonómica mantiene una correlación positiva (0.66) con la densidad y nitrógeno orgánico en sedimento (0.69) sin embargo tiende a disminuir con la profundidad y la distancia a la costa al igual que la densidad, sin embargo esta última se ve favorecida por la presencia de nitrógeno y clorofila "a" en sedimento. La presencia de clorofila "a" en sedimento nos indica que las corrientes que suceden en el cañón de Campeche proporcionan alimento a las comunidades bénticas, así como la presencia de surgencia sobre la cabeza de este. La biomasa

se ve afectada con la distancia a la costa y beneficiada por los limos. La macroinfauna béntica de la plataforma continental y el cañón de Campeche es diferente en composición taxonómica, densidad y biomasa.

SUGERENCIAS Y ESTUDIOS FUTUROS.

1. Se sugiere tener un mejor conocimiento de las corrientes en las inmediaciones del fondo marino en el cañón de Campeche.
2. Se recomienda evaluar la presencia, velocidad y frecuencia de las corrientes de turbidez y su efecto sobre las comunidades bénticas.
3. Se propone evaluar la tasa de exportación al fondo y el tiempo de respuesta a éste por la macroinfauna.
4. Se recomienda establecer la complejidad topográfica del fondo del cañón y relacionarlo con posibles fuentes autóctonas de hidrocarburos, gas y otras fuentes energéticas para entender mejor los patrones de distribución de la macroinfauna béntica.

APÉNDICE I

Valores calculados de diversidad (H'), diversidad máxima (H_{\max}), equitatividad (J'), y dominancia (D') para cada replica en las ocho estaciones muestreadas en el cañón de Campeche, Golfo de México.

Estación	H' R-1	H' R-2	H' R-3	Promedio	Des. est.
42	0.97	1.19	1.33	1.16	0.15
38	2.22	1.04	1.98	1.75	0.51
37	1.21	1.90	1.37	1.50	0.30
36	2.10	2.25	0.85	1.74	0.63
26	1.00	0.93	1.34	1.09	0.18
20	1.73	2.17	2.18	2.03	0.21
11	1.72	1.86	1.77	1.78	0.06
9	2.08	0.54	0.53	1.05	0.73

Estación	H'_{\max} R-1	H'_{\max} R-2	H'_{\max} R-3	Promedio	Des. est.
42	2.30	2.40	2.40	2.37	0.04
38	2.20	2.30	2.30	2.27	0.05
37	2.48	2.48	2.30	2.42	0.09
36	2.20	2.30	2.08	2.19	0.09
26	2.20	2.40	2.48	2.36	0.12
20	1.95	2.08	2.08	2.03	0.06
11	1.61	1.79	1.79	1.73	0.09
9	1.61	2.08	1.61	1.77	0.22

Estación	J' R-1	J' R-2	J' R-3	Promedio	Des. est.
42	0.42	0.50	0.55	0.49	0.07
38	1.01	0.45	0.86	0.77	0.29
37	0.49	0.77	0.60	0.62	0.14
36	0.96	0.98	0.41	0.78	0.32
26	0.46	0.39	0.54	0.46	0.07
20	0.89	1.05	1.05	0.99	0.09
11	1.07	1.04	0.99	1.03	0.04
9	1.29	0.26	0.33	0.63	0.58

Estación	D' R-1	D' R-2	D' R-3	Promedio	Des. est.
42	0.58	0.50	0.45	0.51	0.07
38	-0.01	0.55	0.14	0.23	0.29
37	0.51	0.23	0.40	0.38	0.14
36	0.04	0.02	0.59	0.22	0.32
26	0.54	0.61	0.46	0.54	0.07
20	0.11	-0.05	-0.05	0.01	0.09
11	-0.07	-0.04	0.01	-0.03	0.04
9	-0.29	0.74	0.67	0.37	0.58

APÉNDICE II

TEOREMA DE NYQUIST

Antes de proceder a efectuar un muestreo se requiere establecer los periodos y lugares donde se debe de medir, para esto se aplica el llamado teorema del muestreo o teorema de Nyquist, el cual nos dice que si queremos obtener información de un evento que tiene una escala característica λ , la cual puede ser el periodo (T) o la longitud de onda (L), entonces debemos realizar mediciones con una frecuencia no mayor a f , donde f esta dada por ecuación 1:

$$f = \frac{\pi}{\lambda} \quad (1)$$

En la ecuación anterior π es 3.14159...

Lo primero es tener una idea de las escalas dentro de las cuales se producen los eventos que queremos estudiar. En nuestro caso tenemos dos grandes partes, una que corresponde a las características de los organismos que la componen, y la forma en que se distribuyen en las regiones y otra los procesos ambientales en los cuales se encuentran inmersos (en tiempo y espacio).

Por lo tanto usando el teorema del muestreo y las características de los organismos que se pretenden estudiar, se diseño la red de estación y se determino la periodicidad de los muestreos (Salas, 1998).

APÉNDICE III

Graficas del por ciento de frecuencia, frecuencia acumulativa y la clasificación del tamaño de grano analizado para cada estación.

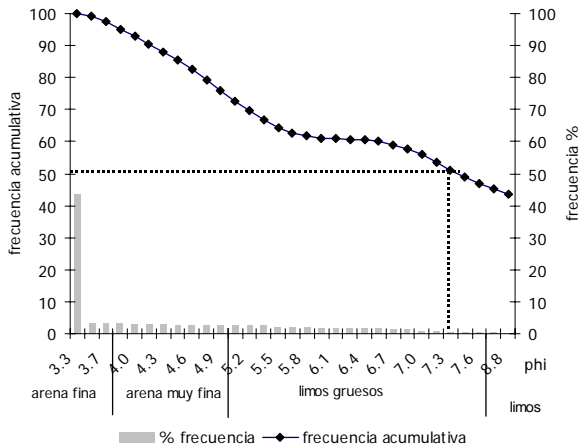


Figura 11. Frecuencia acumulativa y por ciento de frecuencia, clasificación y tamaño en escala phi del tamaño de grano de la estación 9 (2,900 m).

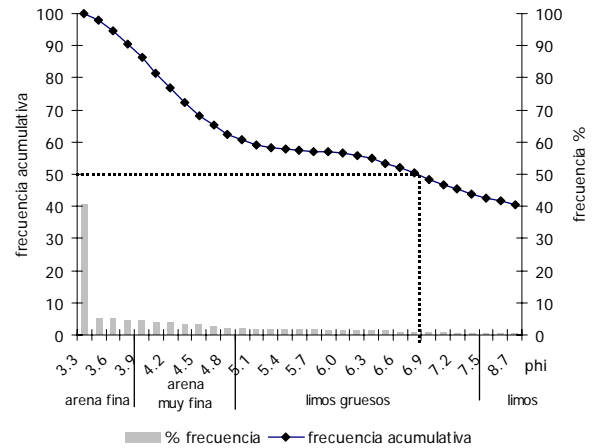


Figura 12. Frecuencia acumulativa y por ciento de frecuencia, clasificación y tamaño en escala phi del tamaño de grano de la estación 11 (2,840 m).

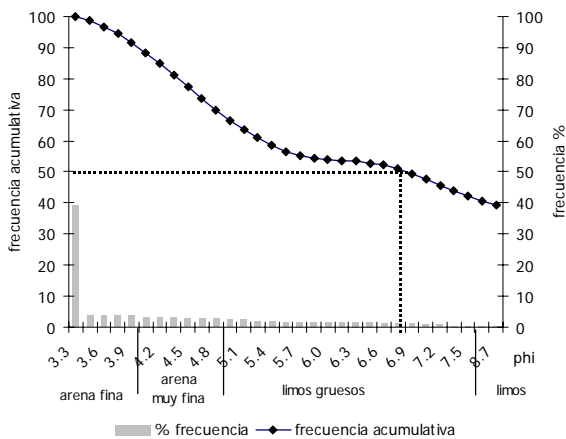


Figura 13. Frecuencia acumulativa y por ciento de frecuencia, clasificación y tamaño en escala phi del tamaño de grano de la estación 20 (2,750 m).

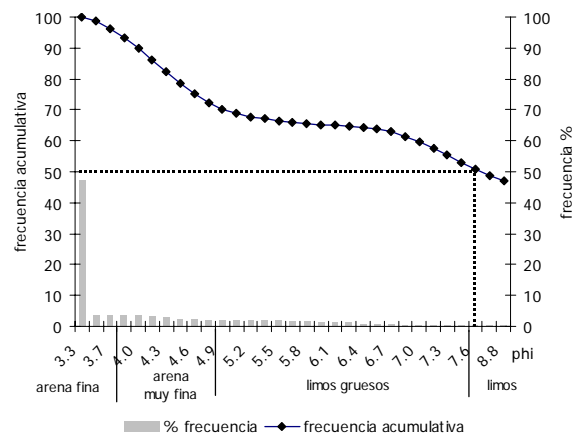


Figura 14. Frecuencia acumulativa y por ciento de frecuencia, clasificación y tamaño en escala phi del tamaño de grano de la estación 26 (2,560 m).

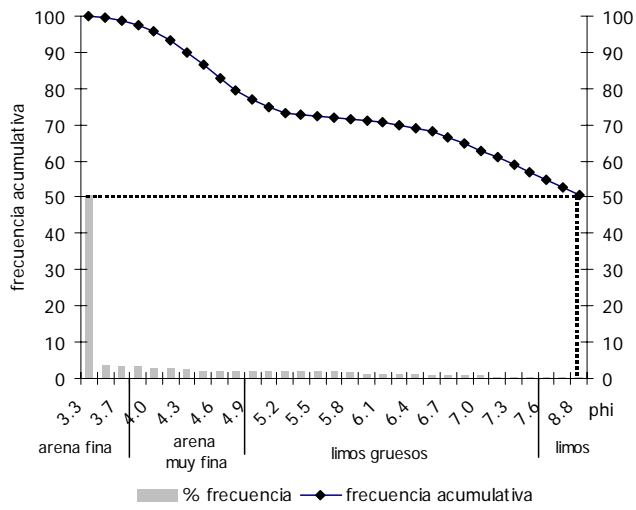


Figura 15. Frecuencia acumulativa y porcentaje de frecuencia, clasificación y tamaño en escala phi del tamaño de grano de la estación 36 (2,460 m).

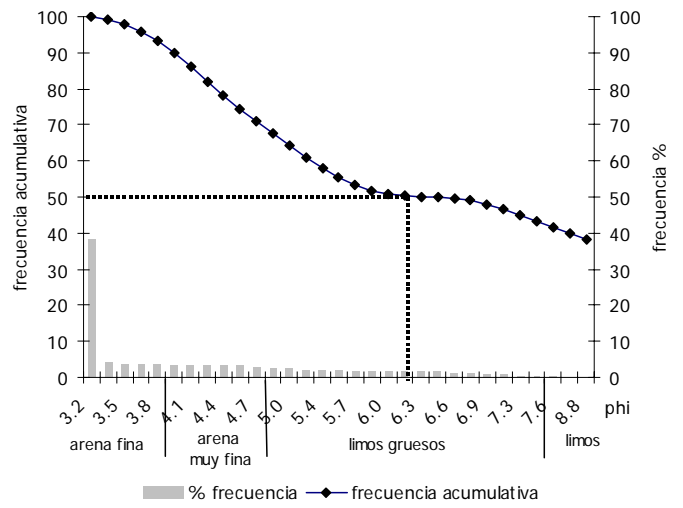


Figura 16 Frecuencia acumulativa y porcentaje de frecuencia, clasificación y tamaño en escala phi del tamaño de grano de la estación 37 (2,420 m).

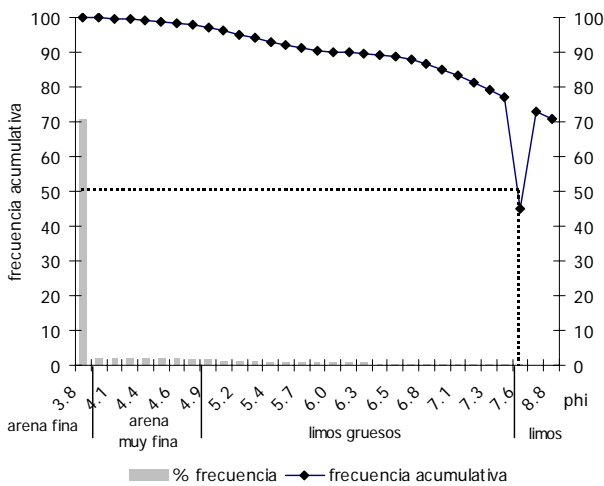


Figura 17 Frecuencia acumulativa y porcentaje de frecuencia, clasificación y tamaño en escala phi del tamaño de grano de la estación 38 (2,320 m).

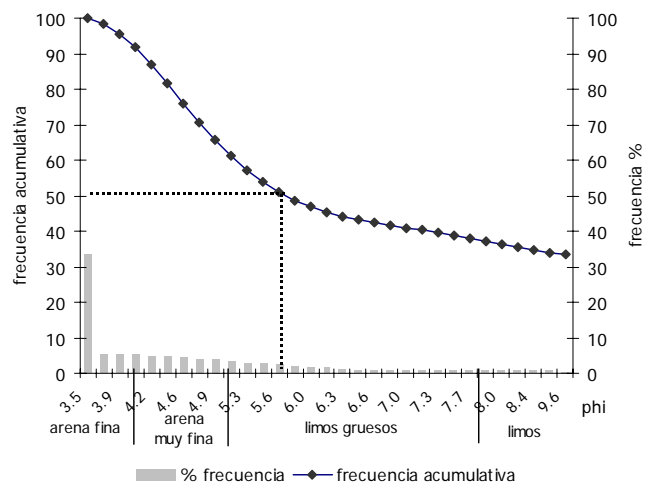


Figura 18. Frecuencia acumulativa y porcentaje de frecuencia, clasificación y tamaño en escala phi del tamaño de grano de la estación 42 (54 m).

REFERENCIAS

FORMATO DEEP-SEA RESEARCH

Allen, S. E., Vindeirinho, C., Thomson, R. E., Foreman, M. G., y Mackas, D. L., 2001. Physical and biological processes a submarine canyon during an upwelling event. *Canadian Journal Fisheries Aquatic* 50: 671-684.

Anderson, W. W., 1954. Gulf of Mexico its origin, waters, and marine life. U.S.A. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service. pp 604.

Antoine, J. W., 1972. Structure of the Gulf of Mexico. In Rezak. R., Henry, V. I. (Eds.), Contributions on the Geological and geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Gulf Publishing Company, Houston. pp 303.

Arriaga, C. L. E., Vázquez-Domínguez, J., González-Cano, R., Jiménez, R. E., Muñoz, L., Aguilar, S. V., 1998. Regiones prioritarias marinas de México. CONABIO. México. pp 198

Arar, J. E., Collins, B. G., 1997. In *vitro* Determination of Chlorophyll a and Pheophytin a in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence. National Exposure Research Laboratory. Cincinnati, Ohio. pp 22.

Boillon, G., 1984. Geología de los márgenes continentales. Másson. pp 141.

Bouma, H. A., 1972. Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of Mexico. In Rezak R., Henry, V. I. (Eds.), Contributions on the Geological and geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Gulf Publishing Company, Houston. pp 303.

Britton, J. C., Morton, B., 1989. Shore Ecology of the Gulf of Mexico. University of Texas, Austin. U.S.A. pp 387.

Brower, J. E., Zar, H. J., 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. Publishers. Iowa pp 206.

Brusca, R. C., Brusca, G. J., 1990. Invertebrates. Sinauer Associates, Inc. Publishers. E.U.A. Mássachusetts. pp 422.

Bryant, W. R., Lugo, J., Cordova, C., y Salvador, A., 1991. Physiography and bathymetry. En: The Gulf of Mexico Basin, Ed. Salvador, A. The Geological Society of America, Inc. U. S. A. pp 568

Creager, J. S., 1958. A canyon-like feature in the Bay of Campeche. *Deep-Sea Research*,5:169-172.

Castro, P., Huber, M., 1997. Marine biology. Brown Publishers. U.S.A. pp 450.

Cifuentes, J. L., Torres, G. P., Mondragón, F. M., 1986. El océano y sus recursos. IV. Las ciencias del mar, oceanografía geológica y oceanografía química. Fondo de Cultura económica. México. pp 198.

Cosson, N., Sibuet, M., Galeron, J., 1997. Community structure and spatial heterogeneity of the deep-sea macroinfauna at three contrasting stations in the tropical northeast Atlantic. *Deep Sea Research* 44: 247-269.

Dayton, P. K., Hessler, R. R., 1972. Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep sea. *Deep Sea Research*, 19: 199-208.

Duineveld, G., Lavaleye, M., Berghus, E., Wilde, P., 2001. Activity and composition of the benthic fauna in the Whittard Canyon and the adjacent continental slope (NE Atlantic). *Acta oceanologica* 24: 59-83.

Emery, K. O., Uchupi, E., 1984. *The Geology of the Atlantic Ocean*. Springer. Berlin. 1050 pp

Estación de investigaciones marinas de Margarita., 1972. *Ecología marina*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas. pp. 14-16.

Elliot, B. A., 1982. Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. *Journal Physical Oceanographic*, 12 1292-1309.

Escobar, E., Soto, L.A., 1997. Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of México. *Continental Shelf Research*, 23: 463-489.

Etter, R. J., Grassle, J. F., 1992. Patterns of species diversity in the deep sea as a function of sediment particle size diversity. *Nature* 360, 576-578.

Fenchel, T. M., Finlay, B. J., 1995. *Ecology and evolution in anoxic worlds*. Oxford U. Press. 276 pp

Fincham, A., 1986. *Biología Marina Básica*. Ed. Omega. Barcelona. pp 356.

Flanch, E., Thomsen, L., 1998. Do physical and chemical factors structure the macrobenthic community at a continental slope in the NE Atlantic?. *Hydrobiologia*, 375 /376: 265-268.

Frans, J., Martín, A. B., Stephen, J. C., Steven, A. K., 1994. Vertical distribution of living benthic foraminifera in submarine canyons off New Jersey. *Journal of Foraminiferal Research* 24 28-36

Gage, J. D., Tyler, P.A., 1991. *Deep Sea biology, A natural history of organisms at the deep sea floor*. Cambridge University Press. Gran Bretaña. pp 504.

Gray, J. S., 1974. Animal sediment relationships. *Ocean. Mar. Bio. Ann. Rev.*, 12, 223-261.

Gray, J. S., 1981. *The ecology of sediments*. Cambridge University Press. pp 185.

Gross, M. G., 1990. *Oceanography, A view of the Earth*. Prentice Hall. U.S.A. pp 441.

Harrold, C., Light, K., Lisin, S., 1998. Organic enrichment of submarine-canyon and continental-shelf benthic communities by macroalgal drift imported from nearshore kelp forest. *American Society of Limnology and Oceanography*. 43: 669-678.

Higgins, R. P., Thiel, H., 1992. *Introduction to the study of meiofauna*. Published by the Smithsonian Institution Press. London. pp 488.

Houston, K. A., Haedrich, R. L., 1984. Abundance an biomass of macrobenthos in vicinity of Carson Submarine Canyon, northwest Atlantic Ocean. *Marine Biology*, 82, 301-305.

Keen, M. J., 1968. *An introduction to marine geology*. Londres. Pergamon Press. pp 218.

Kennett, P. J., 1982. *Marine Geology*. England. Prentice Hall. pp 813.

Krebs, J. C., 1989. *Ecological methodology*. Harper y Row Publishers. U. S. A. pp 564.

Koppelman, R. y Weikert, H., 2000. Transfer or organic matter in life deep Arabian Sea zooplankton community. *Deep Sea Research* 47: 2653-2672.

- Legendre, P., Legendre, I., 1998. Numerical Ecology. Development in environmental modelling, 20. Elsevier, pp 853.
- Marshall, N., 1973. Food transfer through the lower trophic levels of the benthic environment. In Steele, J. H. (ed.) Marine Food Chains. pp 552.
- Maurer, D., Robertson, G., Gerlinger, T., 1994. Community Structure of Soft-Bottom Macrobenthos of the Newport Submarine Canyon, California. Marine Ecology 16 (19): 57-72.
- McConnaughey, H. B., 1974. Introducción Biología Marina. Acribia. España. pp 455.
- McLusky, D. S., McIntyre, A. D., 1988. Characteristics of the benthic fauna. In H. Postma, J. J. Zijlstra (ed.) Ecosystems of the world, continental shelves. Amsterdam. pp421.
- Meyer, P. A., 1994 Preservation of elemental and isotopic identification of sedimentary organic matter. Chemical Geology 27: 213-250.
- Monreal, G. M. A., Salas, L. D. A., 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. En: M.F. Lavín, (Ed). Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No, 3. Unión Geofísica Mexicana. 99 183-199.
- Nybakken, J. W., 1993. Marine Biology, An Ecological Approach. Harper Collins College Publishers. U.S.A. pp 462.
- Pella, E., 1990. Elemental organic analysis. Part 1. Historical developments. American Laboratory 22 (2): 116:125
- Rowe, G. T., 1981. The deep sea ecosystem. En: A. R. Longhurst (Ed.). Analysis of marine ecosystems. Academic Press. London. pp 741.
- Rowe, G. T., 1983. Biomass and production of the deep-sea macrobenthos. In: G. T. Rowe (Ed). Deep-sea biology. The Sea. Vol 8. Wiley, N. Y. pp 560.
- Salas de León, D. A., 1998. Procesos oceánicos y mecanismos de producción biológica en el Sur del Golfo de México. Proyecto UNAM-CONACYT G27777-B, México, D.F., pp 39.
- Salas-de-León, D. A., Monreal-Gómez, M. A., 2003. Surface anticyclonic-cyclonic structure and some biological characteristics over the Campeche Canyon, Gulf of Mexico. en prensa.
- Sheppard, F. P., Dill, R. F., 1966. Submarine canyons and other Sea Valleys. Rand McNally. 381 pp
- Shortest distance between two points on Earth
www.Geocities.com./TheTropics/shores/3098/distance.html
- Tait, R. V., 1987. Elementos de ecología marina. Acribia. España. pp 446.
- Thomson, L., 1999. Processes in the benthic boundary layer at continental margin another implication for the benthic carbon cycle. Journal Sea Research. 41: 73-86.
- Vetter, E. W., 1994. Hotspots of benthic production. Nature. 372, 47.
- Vetter, E. W., 1995. Detritus-based patches of high secondary production in the nearshore benthos. Marine Ecology Progress Series 120, 251-262.
- Vetter, E. W., Dayton. P. K., 1998. Macrofaunal communities within and adjacent to a detritus-rich submarine canyon system. Deep-Sea Research Part II 45, 25-54.

Vetter, E. W., Dayton, P. K., 1999. Organic enrichment by macrophyte detritus, and abundance patterns of megafaunal populations in submarine canyons. *Marine Ecology Progress Series* 186, 137-148.

Vidal, V. M., Vidal, F. V., Hernández, A. F., Meza, E., Zambrano, L., 1994. Winter mass distribution in the western Gulf of Mexico affected by a colliding anticyclonic ring. *Journal of Oceanography* 50, 559-588.

Weaver, P., 1950. Variations in history of continental shelves. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*. 34: 351-360.