



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Variabilidad de la biomasa de la comunidad bentónica de  
la macroinfauna de la planicie abisal Sigsbee en el sector  
central del Golfo de México.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A:**

**IVETTE            ARREDONDO            MORALES**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DRA. ELVA GUADALUPE ESCOBAR BRIONES  
2012**



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.

## Agradecimientos

- ☉ Al apoyo institucional y administrativo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- ☉ El muestreo y obtención de datos provienen de la campaña SIGSBEE-6 realizada en el año 2003 a bordo del B/O Justo Sierra de la UNAM. El financiamiento para el tiempo de barco para la realización de esta campaña fue cubierto por la Universidad Nacional Autónoma de México.
- ☉ A la Dra. Elva Escobar Briones por sus acertados comentarios, pero ante todo por su paciencia durante la dirección de esta tesis hasta su culminación.
- ☉ Al CONACYT por el otorgamiento de beca "Ayudante de Investigador nacional nivel III o emérito" desde Agosto del 2011 para concluir con este trabajo mediante el Sistema Nacional de Investigadores
- ☉ Al proyecto PAPIIT IN224503: "Riqueza taxonómica de la fauna asociada al mar profundo del Golfo de México" y SEP-CONACyT 2002 Clave: 40158 "Variación de la estructura comunitaria del bentos abisal en el Golfo de México" que apoyaron con financiamiento a la operativa del proyecto.
- ☉ A los miembros del jurado por su aportación con valiosos comentarios a este trabajo.
- ☉ Al técnico académico asociado C. Hidrobiólogo Fermín Sergio Castillo Sandoval (Laboratorio de Biogeoquímica Acuática ICML, UNAM) por resolver mis dudas respecto a los nutrientes en la columna de agua.
- ☉ A la tripulación del B/O Justo Sierra por su apoyo en las maniobras para la recolecta de muestras en la campaña oceanográfica SIGSBEE.6.
- ☉ A Inna, Citlali, Mirna, Erika, Lalo y Ramonovsky por todo su apoyo, consejo y tiempo en la revisión de muestras, por ser una guía más en este trabajo.
- ☉ A mis amig@s de laboratorio por ayudarme en el manejo de datos y dar aportaciones para mejorar este trabajo, por todo lo que he aprendido con ustedes.
- ☉ A mis amigos de la carrera con quienes compartí innumerables experiencias en las prácticas de campo, en el salón de clases (y aún fuera del aula).

- 🌀 A mis amigos de otras carreras, Javier, Jaime y Luís, gracias por estar ahí, por convivir, por escucharme hablar de mis "animalitos" mientras este trabajo tomaba forma y aún más cuando se veía lejano en mi caminar, gracias Axa, Ramonovsky, Fer, por los ánimos; de alguna manera todos ustedes forman parte de éste trabajo.
- 🌀 Gracias a mis amigos de siempre, Dan, Jorge, Leo, por hacer que los días sean más amenos y los tramites menos estresantes, Jessy, gracias amiga por todo tu cariño y amistad, por tu infinito apoyo.
- 🌀 Jazzito<sup>2</sup>, agradezco a la vida por hacer que nuestros caminos se cruzaran, gracias por dejarme conocerte, gracias por estar a mi lado todo este tiempo, por tu invaluable apoyo y consuelo en innumerables situaciones, por todo el amor que siempre me has brindado y por compartir y respetar el gusto por mi profesión, gracias por aceptarme como soy.

## ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	2
1. Introducción.....	3
1.1. Justificación.....	5
1.2. Hipótesis.....	6
1.3. Objetivos.....	6
2. Área de Estudio.....	7
2.1 Características del Golfo de México.....	7
2.2 El bentos en el Golfo de México.....	8
2.3 La Planicie Abisal Sigsbee.....	9
3. Metodología.....	9
3.1. Trabajo de campo.....	9
3.2. Trabajo en laboratorio .....	14
3.3. Análisis de datos.....	17
4. Resultados.....	18
4.1. Composición taxonómica .....	18
4.2. Variación de la biomasa por taxón .....	18
4.3. Variabilidad geográfica de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) de la macroinfauna béntica.....	22
4.4. Factores ambientales .....	27
4.4.1 Columna de agua.....	27
4.4.2 Sedimento.....	28

5. Discusión.....	31
5.1. Variación de la biomasa por taxón.....	31
5.2. Variabilidad geográfica.....	33
5.3. Factores ambientales.....	35
5.3.1 Columna de agua.....	35
5.3.2 Sedimento.....	36
6. Conclusiones.....	39
7. Propuestas.....	40
Literatura citada.....	41
Apéndices.....	48
I. Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) de la macroinfauna béntica de cada grupo .....	48
II. Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) en cada phylum.....	51
III. Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) por phylum en cada localidad perteneciente a los 2 grupos .....	52
IV. Relación de valores promedio de biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) con los valores promedio de los factores ambientales en la columna de agua en cada localidad .....	54
V. Relación de valores promedio de biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) con los valores promedio del sedimento en cada localidad .....	55

## **RESUMEN**

Los fondos marinos tropicales se caracterizan por la escasa exportación de carbono biogénico debido a su condición de estratificación térmica y baja biomasa de fitoplancton en la columna de agua que limita el aporte de materia orgánica al fondo. Esto afecta la talla y abundancia de la fauna béntica y por ende se refleja como valores bajos de biomasa. Las cuencas marginales como el Golfo de México no dependen enteramente de la exportación de materia orgánica al mar profundo, ya que cuentan con procesos de quimiosíntesis asociados a infiltraciones de metano en la base de los acantilados y en los diapiros. Estos afectan localmente el fondo provocando valores elevados de materia orgánica agregando fauna de la misma forma que los cañones en la zona batial. En este estudio se describe la variabilidad geográfica de la biomasa béntica y materia orgánica en sedimento abisal del Golfo de México. Las muestras se colectaron en quintuplicado a >3,000 m en 17 estaciones durante la campaña SIGSBEE-6 en el B/O Justo Sierra de la UNAM. Los valores se uniformizaron en unidades de  $\text{mg Cm}^{-2}$  y se comparan con valores de la región. La biomasa varió espacialmente. Los valores más elevados ocurren en el suroeste de la planicie. De 17 phyla reconocidos, las esponjas silicadas, poliquetos, copépodos harpacticoides y nemátodos contribuyeron mayoritariamente a la biomasa béntica. El contenido de carbono orgánico en sedimento fue mayor a lo largo de la elevación continental e inmediaciones del escarpe de Campeche. La biomasa y la materia orgánica en sedimento se relacionaron positivamente al aporte de materia orgánica al fondo marino en el sector oriental de la cuenca. La variabilidad de los valores reconocidos en este estudio se encuentra dentro de lo reportado en la literatura para cada hábitat béntico.

## **ABSTRACT**

The tropical seabed is characterized by limited export of biogenic carbon due to the thermal stratification condition of the water column, the scarce phytoplankton productivity reducing the export of organic matter to the substrate affecting the size and abundance of the benthic fauna. This is recorded in low values of biomass. The Gulf of Mexico does not differ in amount of carbon export from other deep sea locations, however additional organic carbon input comes from chemosynthetic sources at methane seeps at scarpments and diapirs. The effect of methane seeps is at local scale adding food sources in benefit to background fauna. This study describes the geographical variability of the abyssal benthic biomass in the Gulf of Mexico. The samples for this study were collected with 5 replicates at each of 17 location at depths deeper than 3000m in the SIGSBEE-6 cruise onboard of UNAM's R/V Justo Sierra. All biomass values are unified to  $\text{mg Cm}^{-2}$  units to compare these throughout the region. The biomass values varied in space. The larger values occurred in the southwestern section of the Sigsbee abyssal plain. The analysis of the taxonomic composition of the macrofaunal community recognized seventeen phyla with silicated sponges, polychaetes, harpacticoid copepods and nematodes being the taxa that contributed mainly to the benthic biomass. The content of organic carbon in sediment was higher throughout the continental slope and rise and close to the Campeche escarpment. Both the biomass and the organic matter content in sediment were positively correlated in the eastern sector of the basin. The biomass values and its variability resembles values reported in the literature for each of the deep sea benthic habitats in the region.



## **1.-INTRODUCCION**

El mar profundo se define como la región que se encuentra más allá de la plataforma continental, en profundidades mayores a 200 m. Esta región incluye tanto la zona batial (200-2,000 m) como la abisal (>2,000 m), según la terminología propuesta por Sanders y Hessler (1969). La zona abisal, que comprende >80 % del área de los océanos, es la más inexplorada debido principalmente a su inaccesibilidad, por lo que los estudios del bentos marino profundo han sido limitados (Stuart *et al.*, 2008). La intensificación de los esfuerzos de muestreo y la evolución de la tecnología desarrollada y utilizada para ello, han permitido reconocer que el mar profundo es una zona de gran diversidad biológica, se ha estimado que alberga a escala global, entre 50,000 y 5 millones de especies, únicamente de macrobentos (Smith *et al.*, 1998).

Una de las comunidades de vida marina menos estudiada en México es la del bentos, importante por su papel en los ciclos biogeoquímicos (Perés, 1961). Esta comunidad se encuentra estrechamente vinculada al reciclado de materiales en la interfase agua-sedimento (Escobar-Briones, 2004), y está constituida por todas aquellas especies que viven en relación íntima con el fondo, ya sea para fijarse a él, excavarlo, deambular o nadar sobre su superficie pero sin alejarse de él (Perés, 1961). El bentos se puede dividir por su tamaño en macrobentos, el cual incluye organismos mayores a 0.5 mm; los que viven dentro del sedimento se les llama endofauna, mientras que a los organismos que tienen su actividad sobre el sedimento se les llama epifauna (Levinton, 2001). En las grandes profundidades los organismos bentónicos reflejan y responden en el marco global a tres gradientes ambientales: latitudinal, de profundidad y el de distancia a la costa. A lo largo de los fondos abisales existen organismos que se han adaptado a factores físicos como mayor presión, ausencia de luz y baja temperatura, asimismo a factores químicos (variación en la concentración de oxígeno), geológicos (tamaño de grano) y biológicos (naturaleza de las fuentes alimenticias en cada zona). Los factores que controlan la distribución y la diversidad de la vida en el bentos profundo a lo largo de un gradiente

desde la costa hasta al mar profundo incluyen el aporte y disponibilidad de alimento (Perés, 1961) teniendo así que el vínculo con el sedimento es estrecho (Escobar-Briones, 2004). El bentos en el mar profundo presenta una densidad baja pero diversidad elevada. En los trópicos, la diversidad es mayor con lo que respecta a otras regiones (Gray, 1981). Los grupos más abundantes que comprenden la macrofauna del mar profundo son poliquetos (Gray, 1981; Bone *et al.*, 2007; Castro y Huber, 2008) seguidos de bivalvos, crustáceos (anfípodos); posteriormente equinodermos (holoturoideos) y ocasionalmente anémonas (Castro y Huber 2008). Los organismos bentónicos habitan comúnmente dentro de los primeros diez centímetros de profundidad del sedimento, esto varía a partir de la compactación del sedimento, la concentración de materia orgánica y la oxigenación del fondo marino. La fauna del sedimento se agrupa según su estrategia para ocupar el sustrato: fijación a la superficie firme, movimiento libre en el fondo y movimiento al interior del sedimento. Estos estilos de vida se vinculan a las formas principales de obtener alimento: filtración del agua de mar, depredación e ingestión de materia orgánica en sedimento (Perés, 1961). Las comunidades del mar profundo dependen energéticamente de la exportación de la producción de la superficie y del transporte lateral de material acumulado de la descarga de los ríos. La biomasa de la macrofauna béntica es una consecuencia de múltiples factores (Yeager *et al.*, 2004), decrece con la profundidad y la variabilidad espacial y temporal, y está relacionada con la estructura del sedimento y la hidrodinámica de la columna de agua, las perturbaciones físicas en la superficie del mar generadas por los "nortes" o la estratificación de la columna de agua durante la temporada de lluvias y calor. Todas ellas influyen directamente en el aporte de materia orgánica particulada al sedimento, así como en la columna de agua profunda (Hernández *et al.*, 2003). El material orgánico en el sedimento, el cual es usualmente medido como carbono orgánico o nitrógeno, deriva de la sedimentación en la columna de agua (Gray, 1981).

La relación de la abundancia y la biomasa de la macrofauna béntica con la profundidad han sido estudiadas anteriormente (i.e., Rowe *et al.*, 1974; Rowe, 1983; Rowe y Kennicutt, 2008 y Escobar-Briones *et al.*, 1999) determinándose que la magnitud de la productividad primaria en la superficie influye cuantitativamente en la vida del mar profundo (Rowe *et al.*,

1974). La materia orgánica en los sedimentos marinos juega un papel importante para la biomasa béntica (Josefson y Rasmussen, 2000) y el flujo de carbono orgánico disminuye rápidamente conforme aumenta la profundidad en la columna de agua (García-Villalobos y Escobar-Briones, 2007).

La biomasa es la expresión de la base material de la biosfera, preferiblemente como carbono orgánico. En promedio, la concentración de carbono es el elemento más característico de la materia orgánica y por ello una buena expresión de la biomasa (Margalef, 1993). La biomasa está definida como la masa de un animal (o de una colección de animales), algunas veces la biomasa es expresada en términos de un componente (elemento) químico, por ejemplo, carbono orgánico (Somerfield *et al.*, 2005) o el peso húmedo es la masa de un espécimen, vivo o muerto (Van de Meer *et al.*, 2005).

### **1.1.-Justificación.**

En aguas someras, la macrofauna bentónica es un componente relevante en la economía nacional. En contraste, el bentos de aguas profundas, por su escasa abundancia, talla reducida y estructura poblacional pequeña, no ofrece la posibilidad de explotar sustentablemente recursos a nivel comercial. Su importancia tiene que ver con el papel que juega en los ciclos biogeoquímicos del planeta y servicios ecosistémicos que ofrece (Escobar-Briones, 2004).

En general, las especies abisales en el océano mundial han sido pobremente documentadas (Stuart *et al.*, 2008). Para el Golfo de México muchos de los estudios para la macrofauna béntica provenien de las campañas oceanográficas DGoMB (2000-2002); NGOMCS (1983-1985); OGMEX (1996); SIGSBEE (1999-2002); PROMEBIO (1999) y estudios realizados por Gettleson (1976); Rowe *et al.* (1974), describían predominantemente la biomasa de la zona batial noreste, noroeste, sureste y suroeste del Golfo de México. Para la planicie abisal Sigsbee los estudios que describen la biomasa a profundidades mayores a los 3,000 m son en menor proporción y sobre todo a la periferia (i.e., Rowe y Menzel,

1971; Rowe *et al.*, 2003; campañas SIGSBEE en los años 1999 a 2002 y DGoMB en los años 2000 a 2002; Escobar-Briones, 2004; Wei *et al.*, 2011). Este trabajo contribuye por vez primera con datos a profundidades mayores a los 3,000 m provenientes de la porción central de la planicie abisal Sigsbee.

## **1.2.-Hipótesis.**

H<sub>0</sub>.- Si el aporte de materia orgánica al fondo marino tiene un efecto sobre la agregación de fauna se esperaría que los valores más elevados de biomasa se obtengan en estaciones cercanas a los escarpes o zonas de influencia de los ríos.

H<sub>A</sub>.- Si el aporte de materia orgánica al fondo marino no es la única fuente que tiene un efecto sobre la agregación de fauna se esperaría que los valores más elevados de biomasa presenten un patrón irregular y azaroso en el fondo marino.

## **1.3.-Objetivos.**

### General

Este estudio tuvo como objetivo el describir la variabilidad de la biomasa de la comunidad bentónica de la macroinfauna de la planicie abisal Sigsbee en el sector central del Golfo de México.

### Particulares

1. Caracterizar la variabilidad de la biomasa por grupo taxonómico.
2. Describir la variabilidad geográfica de la biomasa de la macroinfauna béntica.
3. Describir los factores ambientales de columna de agua y del sedimento para el área de estudio.
4. Relacionar los factores ambientales a las variaciones geográficas de la biomasa.

## **2.-AREA DE ESTUDIO**

### **2.1.-Características del Golfo de México.**

El Golfo de México, ubicado en la zona subtropical de América, es una cuenca semicerrada que se comunica con el Mar Caribe y el Océano Atlántico a través del Canal de Yucatán y el Estrecho de Florida (Monreal-Gómez *et al.*, 2004), se divide en dos regiones que son: el sureste (predominantemente carbonatada) y el noreste (predominantemente clástica), la cual recibe una enorme cantidad de sedimento proveniente de las descargas fluviales (Ewing *et al.*, 1970). En aguas abiertas del Golfo de México, la zona epipelágica presenta la mayor parte del año condiciones oligotróficas, con bajas concentraciones de clorofila y una producción primaria baja (Signoret *et al.*, 1998). Las aguas que penetran al Golfo a través del Canal de Yucatán forman tres ramas principales: la primera va hacia el oeste, sobre el Banco de Campeche; la segunda, la más potente es la corriente de Lazo que cruza el Golfo hacia el norte rumbo a la plataforma de Texas-Lousiana; y la tercera se dirige al este para salir por el Estrecho de Florida (Castellanos y Gasca, 1996). En el este del Golfo, en la zona más somera, la circulación está dominada por la Corriente de Lazo, en la plataforma oeste de Florida por una circulación ciclónica. En el centro y oeste del Golfo las condiciones varían a lo largo del año y entre años, en él se encuentran los giros anticiclónicos que se desprendieron de la Corriente de Lazo. En la plataforma Texas-Louisiana y la Bahía de Campeche se presentan giros ciclónicos (Monreal-Gómez *et al.*, 2004).

El sistema Grijalva-Usumacinta ocupa el segundo lugar en cuanto a descarga en el Golfo de México, siendo el río Mississippi el de mayor descarga (Monreal-Gómez *et al.*, 2004) por lo cual, los sedimentos del mar profundo provienen en más de 97 % del área por este río (Escobar-Briones, 2004). Las aguas profundas del Golfo de México se encuentran bien oxigenadas (García-Villalobos y Escobar-Briones, 2007).

El Golfo de México se ha dividido en tres grandes regiones y diecisiete provincias geomorfológicas. La región 1 corresponde al margen oriental, la cual se extiende a lo largo

de la costa oeste de la Península de Florida hasta la Península de Yucatán, esta región se divide en dos provincias donde una de ellas es la Plataforma Carbonatada de la Península de Florida, la cual es una porción sumergida de la Planicie del Atlántico, y la otra provincia es el Banco de Campeche que rodea la Península de Yucatán. La región 2 corresponde al talud continental la cual contiene generalmente una topografía irregular que es conformada por once provincias las cuales (de importancia en particular para este estudio) son: a) el abanico del Mississippi; b) la plataforma Texas-Louisiana, dentro de esta provincia se encuentran estructuras como el Escarpe de Sigsbee, el cañón de Alaminos (Bergantino, 1971; Bouma, 1972), el Escarpe Perdido (Bruma y Roberts, 1990); c) las cordilleras Mexicanas que se extienden entre los 24° y 19° N y actúan como barrera del sedimento de origen continental; d) los montes de Campeche, e) el Escarpe de Campeche y f) el cañón de Campeche. La región 3 denominada piso del Golfo de México incluye a la elevación continental y planicies abisales como la de Sigsbee (Bergantino, 1971; Bouma, 1972).

## **2.2.-El bentos en el Golfo de México.**

Las comunidades bénticas abisales habitan fondos blandos caracterizados por sedimentos de origen biogénico y están compuestos por limos y arcillas, por lo tanto dependen de la exportación de carbono biogénico en el Golfo de México. La biomasa al igual que la densidad de la macrofauna en fondos abisales refleja la producción primaria superficial. Los componentes principales de estas comunidades infaunales bénticas son, en las tallas mayores, los poliquetos y los crustáceos peracáridos, y en las tallas menores los nemátodos y los crustáceos (copépodos harpacticoides). El bentos del mar profundo responde a la variabilidad climática que se presenta en dos estaciones bien delimitadas correspondientes al periodo de tormentas de invierno y de lluvias de verano. El ingreso más grande de materia orgánica y energía al fondo marino ocurre durante el invierno asociado a los nortes con material particulado generado de la mezcla en columna de agua, que es exportado al fondo y al aporte proveniente de los ríos que entra por transporte lateral.

En verano recibe menor aporte de materiales por la estratificación termohalina de la columna de agua que impide la exportación por debajo de la termoclina y solamente eventos extremos como ciclones promueven la mezcla y exportación de materia orgánica al fondo (Escobar-Briones, 2004).

### **2.3.-La planicie abisal Sigsbee.**

Ésta se localiza en la porción sureste (Ewing *et al.*, 1970) y cubre el 24 % del Golfo de México, la profundidad máxima (3,900 m) se presenta en el sector central (Escobar-Briones, 2000), es extremadamente plana (Ponce, 2009) pero se ve interrumpida por las colinas de Sigsbee y asociados a ellas, los diapiros (domos salinos) que se elevan 500 m sobre el fondo (Bergantíno, 1971; Bouma, 1972).

En la planicie abisal, a profundidades de 3,640 a 3,760 m el sedimento es fino, originado del material carbonatado hemipelágico. La concentración de materia orgánica presente en sedimento alcanza valores desde 1.1 % hasta 1.4 % (Escobar-Briones *et al.*, 1999). Los procesos hidrográficos juegan un papel clave en el aporte de materia orgánica al fondo procedente de la columna de agua (Escobar-Briones, 2004). Durante el verano esta región está afectada por tormentas tropicales, las cuales promueven la mezcla y producción primaria. Los nutrientes son llevados a la zona eufótica a través de la surgencia asociada a la Corriente de Lazo y a los giros asociados a la misma (García-Villalobos y Escobar-Briones, 2007).

## **3.-METODOLOGIA**

### **3.1.-Trabajo de campo.**

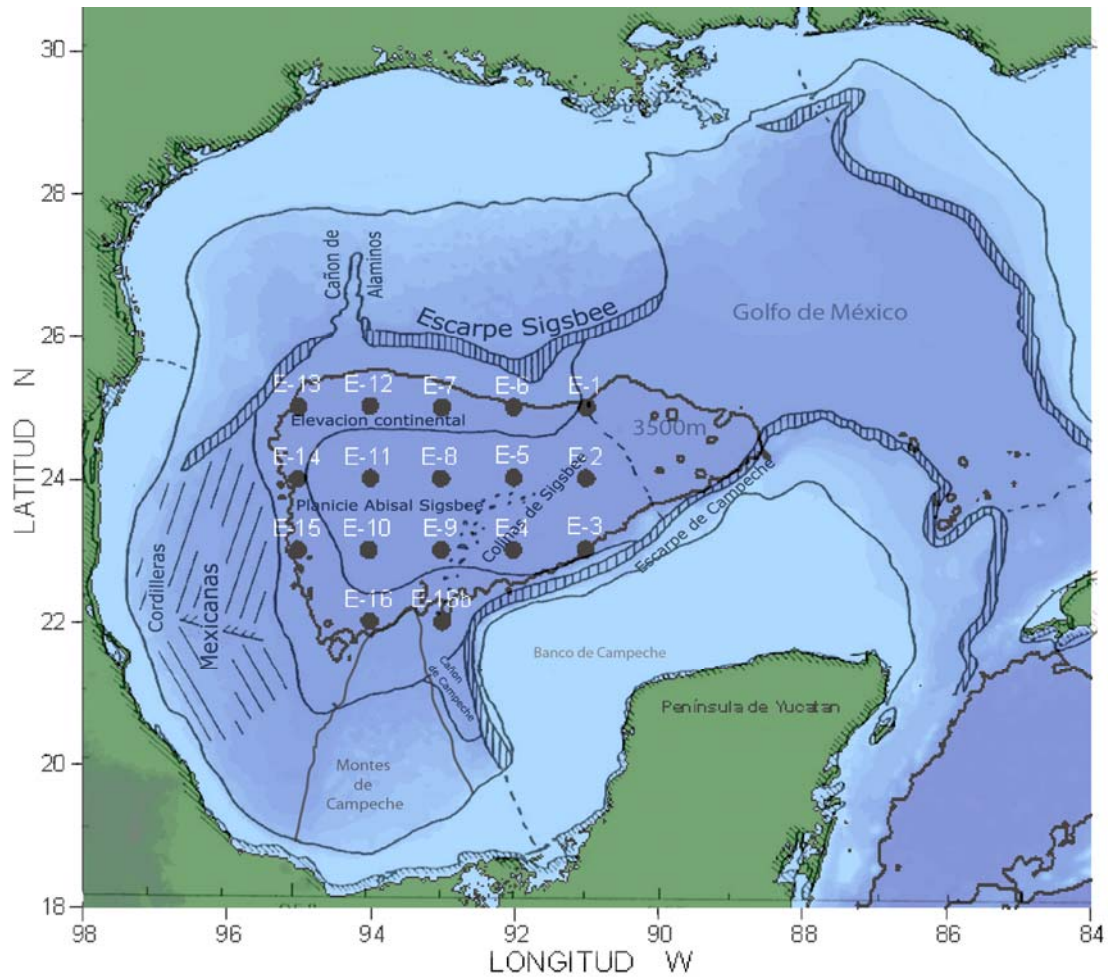
**Macroinfauna:** Las muestras de macroinfauna béntica se colectaron en la planicie abisal del Golfo de México [Figura 1] durante la campaña oceanográfica SIGSBEE-6 (junio del

2003) a bordo del buque oceanográfico "Justo Sierra" de la UNAM. Las muestras de sedimento se obtuvieron en 17 estaciones a profundidades entre 3,305 y 3,759 m en el polígono geográfico ubicado entre los 21°59'95" y 25°00'83" de latitud N y los 91°00'46" y 95°00'24" de longitud W [Tabla 1]. El muestreo consideró 5 réplicas con un área de 0.00785 m<sup>2</sup> casi cada una de las localidades. Estas muestras cuantitativas se obtuvieron con un nucleador múltiple [Figura 2] el cual evita la perturbación al encerrar el sedimento superficial con agua de fondo y recuperarlo inalterado a la superficie. La Tabla 2 presenta el número de muestras de sedimento que se colectó para cada análisis realizado en el sedimento superficial. La variabilidad en el número de réplicas se debió a las diferentes condiciones hidrográficas que se encontraron durante la campaña en la región.

**Tabla 1: Nombre y ubicación de cada una de las localidades de muestreo en Sigsbee-6.**

Estación	Profundidad (m)	Latitud N	Longitud W
E-1	3542	25°00.11	90°59.53
E-2	3710	23°59.94	91°00.15
E-3	3718	23°00.55	91°00.46
E-4	3759	22°59.83	92°00.54
E-5	3700	24°00.73	92°00.39
E-6	3532	25°00.16	91°59.97
E-7	3634	25°00.03	93°00.24
E-8	3736	23°59.84	93°00.83
E-9	3741	23°00.09	93°00.75
E-10	3742	22°59.86	94°00.87
E-11	3740	23°59.96	94°00.11
E-12	3698	25°00.83	94°00.24
E-13	3578	24°59.96	94°59.49
E-14	3575	24°00.15	95°00.41
E-15	3574	23°00.12	95°00.24
E-16b	3563	21°59.95	94°00.45
E-16b	3305	22°00.04	93°00.04





**Figura 1:** Mapa modificado (por Arredondo Israel) de Bouma (1972) donde se muestran las 17 zonas de muestro (•), así como las regiones y provincias fisiográficas de relevancia para este estudio en el Golfo de México.

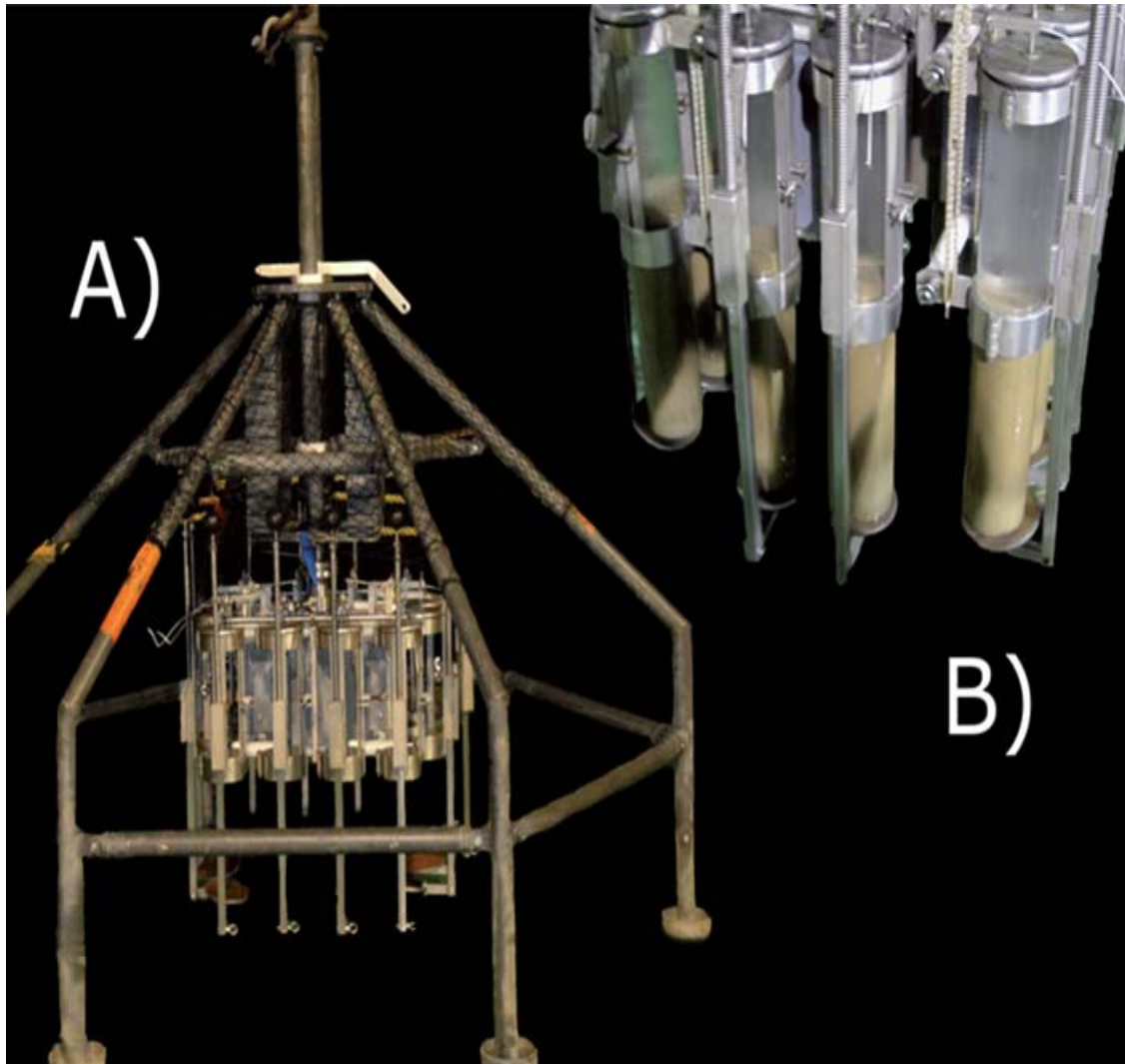


Figura 2: Nucleador múltiple, A) Posición sobre cubierta, B) Recuperación del sedimento inalterado con agua de fondo.

Tabla 2: Número de réplicas tomadas por estación para los diferentes análisis.  
Abreviaturas: (Chl *a*) =Clorofila *a* y (M.O.)= Materia Orgánica.

Estación	Réplicas de Macrofauna	Chl <i>a</i> en sedimento	Tamaño de grano	M.O
E-1	3	1	1	1
E-2	4	1	1	1
E-3	5	3	1	1
E-4	3	1	1	1
E-5	5	1	1	1
E-6	5	3	1	1
E-7	5	3	1	1
E-8	4	1	1	1
E-9	2	1	1	1
E-9	5	1	1	1
E-10	5	1	1	1

E-11	5	3	1	1
E-12	5	3	1	1
E-13	5	3	1	1
E-14	5	3	1	1
E-15	5	3	1	1
E-16	5	3	1	1
E-16b	5	1	1	1

Las muestras de macroinfauna béntica consideraron solamente los primeros 10 cm del sedimento superficial a los cuales se les drenó el agua suprayacente pasando ésta a través de un tamiz de 250  $\mu\text{m}$  asumiendo que los organismos bénticos en ambientes tropicales a grandes profundidades están limitados en alimento y por lo tanto presentan tallas reducidas (Briggs *et al.*, 1996).

El sedimento previamente fijado con etanol absoluto se procesó a bordo usando para ello la técnica de resuspensión al colocar cada réplica del sedimento en una cubeta con agua marina filtrada y tamizándolo una vez resuspendido. El material retenido en el tamiz se colocó individualmente en frascos de vidrio de boca ancha de 250 mL rotulados con una etiqueta por dentro, y otra por fuera. Cada réplica de sedimento se postfijó con etanol añadiéndosele Rosa de Bengala para que la separación posterior de los organismos del sedimento fuera más simple al contrastar éstos con el sedimento durante la fase de separación. Cada frasco se selló con Parafilm para su posterior procesado y revisión en el laboratorio.

**Columna de agua:** En este estudio se reportan solamente nutrientes particulados y la concentración de pigmentos. Las muestras de clorofila *a* se obtuvieron de 6 profundidades (3,700-3,250, 1,600-1,500, 600, 200-100, 20-10 m y superficie). Sin embargo, para nuestro estudio solamente se consideraron los valores del agua de fondo. El agua de fondo se colectó siempre a 50 m sobre el fondo marino con botellas Niskin durante el ascenso del proceso de la elaboración de perfiles de temperatura, conductividad y presión que se realizan con una sonda CTD.

**Clorofila:** Para determinar la concentración de clorofila *a* se filtraron 5 L de cada muestra a través de un filtro de microfibras de vidrio marca Whatman grado GF/F (0.7  $\mu\text{m}$  de apertura

y 48 mm de diámetro) con ayuda de una bomba de vacío. Los filtros con el material retenido se congelaron a  $-20\text{ C}^{\circ}$  y se transportaron en una hielera con hielo seco al laboratorio en donde se mantuvieron congeladas a  $-20\text{ C}^{\circ}$ .

**Nutrientes:** También se obtuvieron muestras de agua para nutrimentos utilizando filtros de fibra de vidrio Whatman GF/F de  $45\text{ }\mu\text{m}$  de apertura nominal y 47 mm de diámetro los cuales tuvieron el mismo tratamiento que los filtros de clorofila *a*.

**Sedimento:** Las muestras para caracterizar los factores ambientales del sedimento del hábitat, provinieron de una réplica adicional a la de macroinfauna.

**Tamaño de grano:** Las muestras para el análisis del tamaño del grano de sedimento superficial se recuperaron con una jeringa desechable de 50 mL cortada por la punta para poder tomar  $10\text{ cm}^3$  de sedimento.

**Análisis elemental:** Por separado con una jeringa del mismo tamaño se recolectó la muestra ( $10\text{ cm}^3$ ) para el análisis elemental de carbono orgánico total y nitrógeno.

**Clorofila *a*:** Los pigmentos en sedimento se recolectaron con una jeringa desechable (10 mL) cortada por la punta para poder tomar  $1\text{ cm}^3$  de sedimento para medir posteriormente en el laboratorio la concentración de clorofila *a* mediante fluorometría.

Estos dos últimos tipos de muestras se colocaron en tubos Eppendorf de 50 mL rotulados con una etiqueta por dentro, y otra por fuera y se congelaron a  $-20^{\circ}\text{ C}$ .

### **3.2-Trabajo en laboratorio.**

**Revisión de muestras de macroinfauna:** La revisión de las muestras de sedimento se realizó con el apoyo de un microscopio estereoscópico, separando del sedimento los organismos con pinzas de disección, posteriormente fueron identificados y cuantificados. Una vez separados los organismos se colocaron por taxón (composición taxonómica y riqueza taxonómica) en viales con etanol debidamente etiquetado y se agruparon por estación. Posteriormente la identificación de los organismos se llevó a cabo hasta el nivel jerárquico más bajo posible, siguiendo en cada caso la clasificación de Brusca y Brusca (2002).

**Determinación de la biomasa:** Una vez identificados los organismos por grupo taxonómico se determinó de manera individual la biomasa expresada inicialmente en unidades de peso húmedo fijado (mg phf). Para ello se usó una balanza analítica (modelo Sartorius con 0.001mg de precisión). El peso mínimo para cada organismo fue de 0.001 mg. Estos valores se registraron en una hoja de cálculo y se transformaron mediante las constantes propuestas por Rowe (1983) para cada taxón de peso húmedo a peso en carbono [Apéndice I]. La biomasa se expresó en unidades de miligramos de carbono por metro cuadrado ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ).

**Concentración de clorofila *a* en columna de agua:** La determinación de la concentración de la clorofila *a* fue por fluorometría. Los filtros previamente descongelados fueron puestos en tubos de centrifuga. La clorofila *a* se extrajo con 10 mL de acetona al 90 % durante un periodo mayor a 12 horas y menor de 24 horas en oscuridad y bajo refrigeración (4 °C).

Posteriormente se centrifugaron a 1,700 rpm durante 15 minutos y se tomó una alícuota de 8 mL del sobrenadante y se cuantificó la clorofila *a* en un fluorómetro digital marca Turner Designs modelo 10-AU; donde se analizaron las muestras con fluorescencia a 680 nm. Posteriormente, las lecturas se corrigieron utilizando el algoritmo de la Eq. 1. indicada en el método 445.0 (Arar y Collins, 1997). Todas las mediciones se realizaron por triplicado obteniendo valores promedio.

### **Ecuación 1**

$$C_{s,u} = \frac{(C_{e,u}) (VE (L)) (FD)}{V_m (L)}$$

Donde:

**C<sub>s,u</sub>** = concentración de clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) en toda la muestra de agua

**C<sub>e,u</sub>** = concentración de clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) no corregida en la solución extraída y analizada

**VE** = volumen (L) de la extracción antes de ser diluida

**FD** = factor de dilución

**V<sub>m</sub>** = volumen (L) de toda la muestra

**Concentración de nutrientes:** Las muestras se analizaron en el laboratorio de biogeoquímica acuática del ICMYL mediante técnicas estandarizadas en un autoanalizador de flujo segmentado Skalar San Plus System que cuenta con canales para la determinación simultánea de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4$  y  $\text{PO}_4^{3-+}$ . Se utilizaron curvas de calibración para adecuar los métodos, y cuando fue necesario, se hicieron diluciones. Los valores se reportaron en  $\mu\text{M.L}^{-1}$ .

**Análisis elemental:** Las muestras para carbono orgánico total y el nitrógeno orgánico se descongelaron a temperatura ambiente y se colocaron en vasos de precipitado, se humectaron con agua destilada y se acidificaron con ácido clorhídrico (HCl al 0.1 N) para eliminar el exceso de carbonatos. En este caso, se aseguró que el pH fuera ácido (pH = 1). Posteriormente se eliminó el exceso de ácido con baños de agua bidestilada hasta llevar el pH a un valor neutro (pH = 7). A continuación la muestra se secó en un horno Boekel Scientific modelo 107801 a 60 °C. La muestra seca se homogenizó en un mortero de ágata y se colocó en frascos viales (5 mL) por triplicado. El análisis se realizó en un analizador elemental FISSON modelo EA1 108 obteniéndose la composición elemental en el sedimento, expresada como porcentaje de Carbono y Nitrógeno orgánicos en la muestra.

**Tamaño de grano:** Se agregó agua destilada a las muestras de sedimento y se sonicó durante 5 minutos, posteriormente la muestra se colocó en una cubeta de sedimentación con agua destilada hasta lograr una saturación del 55 y 70 %. Este análisis, solamente es factible si el sedimento es fino, se determinó en un equipo FRITSCH PARTICLE SIZE ANALYSETTE 20 SEDIMENTOGRAPH, utilizando un blanco para calibrar en cada caso. El sedimento se clasificó de acuerdo a las características del tamaño del grano descrito en Gray (1981) dentro de la categoría de limos, limos gruesos y arenas muy finas donde cada una se expresó en porcentaje de frecuencia en cada estación.

**Concentración de clorofila *a* en sedimento:** La determinación de la concentración de la clorofila *a* fue por fluorimetría, el sedimento fue pesado. La clorofila *a* del sedimento superficial se realizó de la misma forma que en la columna de agua (extracción,

centrifugación, lectura del sobrenadante y diluciones) las unidades se expresaron en  $\mu\text{g cm}^{-2}$  (Arar y Collins, 1997).

### **3.3.-Análisis de datos.**

En la estación E-13 se separó un organismo (esponja silicada ) de gran tamaño que tuvo una biomasa de  $4.83 \text{ mg Cm}^{-2}$  la cual, para el análisis de los datos se excluyó por tratarse de un solo organismo que por su talla se consideró megafauna; en el apéndice I se incluye la biomasa de esta esponja.

Utilizando los datos de biomasa a nivel de Phylum en cada una de las localidades, se aplicó el análisis de Bray-Curtis, el cual generó un dendograma de análisis de similitud de Bray-Curtis de ligamento promedio de unión simple, permitiendo agrupar a las estaciones en dos a partir de su similitud. Para ello se utilizó el programa Biodiversity Profesional versión 2. El análisis realizó una correlación con los valores de biomasa y los factores ambientales utilizando un coeficiente de correlación lineal de Pearson para lo cual se usó el paquete estadístico STATISTICA 7.

## **4.-RESULTADOS**

### **4.1 Composición taxonómica.**

De las muestras de las 17 estaciones se separó un total de 1,337 organismos agrupados en 17 phyla (Sarcomastigophora, Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nemertea, Kinorhyncha, Nematoda, Priapula, Sipuncula, Annelida, Arthropoda, Mollusca, Phoronida, Ectoprocta, Echinodermata, Hemichordata y Chordata) y 31 taxa [Tabla 3]. El taxón más diversificado fue el de los artrópodos con 8 grupos (decápodos, cumáceos, tanaidáceos, isópodos, anfípodos, copépodos ostrácodos y ácaros).

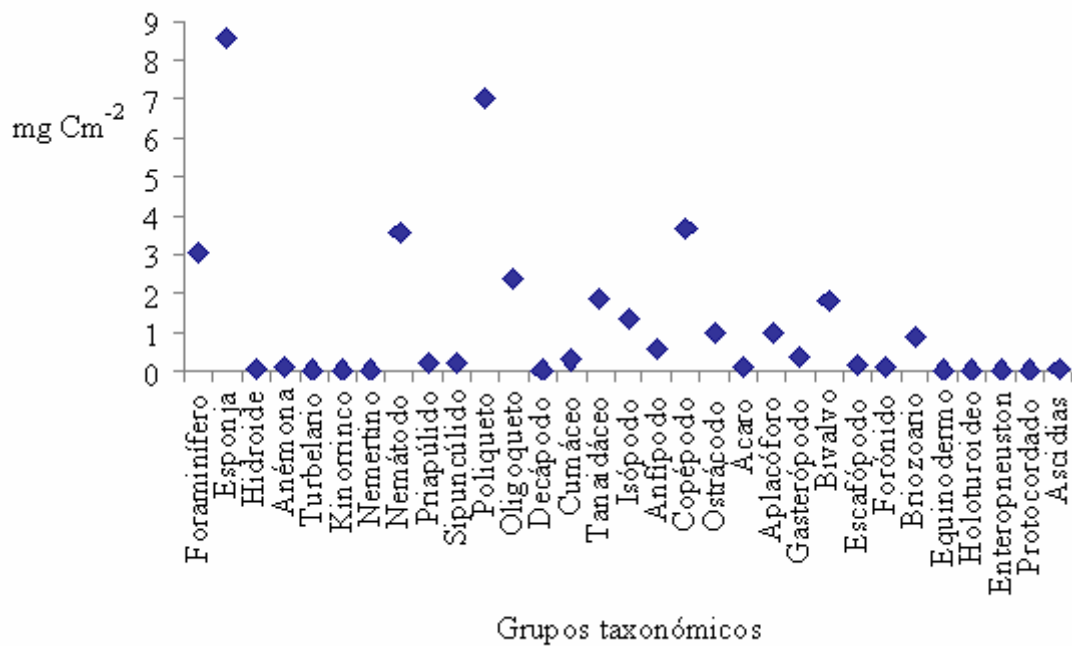
### **4.2. Variación de la biomasa por taxón.**

Los valores promedio de biomasa de cada uno de los 31 taxa presentes en cada localidad, se muestran en el Apéndices I y II. La contribución más elevada a la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) por taxón en las 17 localidades de muestreo se atribuyó a las esponjas silicadas ( $8.57 \pm 15.01 \text{ mg Cm}^{-2}$ ), seguida de la de los poliquetos ( $6.99 \pm 5.07 \text{ mg Cm}^{-2}$ ), los copépodos harpacticoides ( $3.69 \pm 2.89 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) y los nemátodos de gran talla con  $3.55 \pm 2.02 \text{ mg Cm}^{-2}$  [Figura 3]. Otros grupos, aunque no contribuyeron de manera tan importante como los anteriores con la biomasa, se encuentran presentes en por lo menos 14 de las localidades tales como tanaidáceos, ostrácodos y bivalvos.



**Tabla 3: Grupos taxonómicos con base en la clasificación Brusca y Brusca (2002) encontrados en las muestras de las 17 localidades en la planicie abisal de Sigsbee-6. Abreviaturas: (N.C.) Nombre Común**

PHYLUM	SUBPHYLUM	CLASE	SUBCLASE	SUPERORDEN	ORDEN	N.C
Sarcomastigophora	Sarcodina	Granuloreticulosa			Foraminifera	Foraminífero
Porifera						Esponja
Cnidaria		Hydrozoa				Hidroide
		Anthozoa	Hexacorallia		Actiniaria	Anémona
Platyhelminthes		Turbellaria				Turbelario
Nemertea						Nemertino
Kinorhyncha						Kinorrinco
Nematoda						Nemátodo
Priapula						Priapúlido
Sipuncula		Sipunculida				Sipuncúlido
		Polychaeta				Poliqueto
Annelida		Clitellata	Oligochaeta			Oligoqueto
		Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Decapoda	Decápodo
				Peracarida	Cumacea	Cumáceo
	Crustacea				Tanaidacea	Tanaidáceo
					Isopoda	Isópodo
Arthropoda					Amphipoda	Anfípodo
		Maxillopoda	Copepoda			Copépodo
			Ostracoda			Ostrácodo
	Cheliceriformes	Chelicerata	Arachnida		Acari	Ácaro
		Aplacophora				Aplacóforo
Mollusca		Gastropoda				Gasterópodo
		Bivalvia				Bivalvo
		Scaphopoda				Escafópodo
Phoronida						Forónido
Ectoprocta						Briozoario
Echinodermata		Echinoidea	Euechinoidea			Equinodermo
		Holothuroidea				Holoturoideo
Hemichordata		Enteropneusta				Enteropneusto
		Pterobranchia				Procordado
Chordata	Urochordata	Ascidiacea				Ascidia



**Figura 3: Valores promedio de la biomasa (en mg Cm<sup>-2</sup>) en las 17 localidades por cada grupo taxonómico.**

**Esponjas silicadas:** Los intervalos de biomasa de este grupo fueron de  $0.20 \pm 0.43$  a  $12.03 \pm 25.76$  mg Cm<sup>-2</sup>. El valor máximo se encontró en la estación E-16 y los valores más bajos en las estaciones E-1, E-4, E-7, E-10 y E-12 [Apéndices I y II].

**Anélidos Poliquetos:** Este grupo contribuyó con una biomasa que varía de  $0.26 \pm 0.36$  a  $3.90 \pm 5.22$  mg Cm<sup>-2</sup>. En las estaciones E-12 (al norte de la planicie abisal y cercana al cañón de Alaminos al pie de la elevación continental), E-4 (al este), y E-16 (al sur) se encontraron los valores de biomasa más elevados  $3.90 \pm 5.22$ ,  $3.12 \pm 5.16$  y  $2.73 \pm 3.60$  mg Cm<sup>-2</sup> respectivamente mientras que el valor más bajo  $0.26 \pm 0.36$  mg Cm<sup>-2</sup> se registró en la E-11 [Apéndices I y II].

**Copépodos harpacticoides:** Este grupo presentó un intervalo de  $0.25 \pm 0.23$  a  $2.59 \pm 2.67$  mg Cm<sup>-2</sup>. El valor más elevado se presentó en la estación E-16 al sur de la planicie abisal, seguida de las estaciones E-14 ( $1.42 \pm 1.61$  mg Cm<sup>-2</sup>), E-7 ( $1.09 \pm 1.23$  mg Cm<sup>-2</sup>) y E-12 ( $1.09 \pm 1.27$  mg Cm<sup>-2</sup>) [Apéndices I y II]. La E-16 se encuentra cercana al cañón de Campeche; mientras que las otras estaciones (E-14, E-7 y E-12) al pie de la elevación continental.

La menor contribución de biomasa para este grupo taxonómico se encontró en la estación E-3 la cual se localiza en las inmediaciones del escarpe de Campeche.

**Nemátodos de gran talla:** Este grupo presentó una biomasa promedio de  $3.55 \pm 2.02 \text{ mg Cm}^{-2}$  con un intervalo de  $1.63 \pm 2.14$  a  $0.31 \pm 0.20 \text{ mg Cm}^{-2}$ .

La biomasa mayor se registró en las estaciones E-4, E-7 y E-14 con  $1.63 \pm 2.14$ ,  $1.39 \pm 1.34$  y  $1.22 \pm 0.96 \text{ mg Cm}^{-2}$ , respectivamente. Los valores más bajos ( $0.31 \pm 0.20$  y  $0.33 \pm 0.18 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) se presentaron en las estaciones E-2, E-3 y E-5 [Apéndices I y II].

**Foraminíferos:** El intervalo de biomasa promedio fue de  $0.08 \pm 0.19$  a  $1.75 \pm 1.60 \text{ mg Cm}^{-2}$ , las estaciones con mayor contribución de biomasa fueron la E-10 ( $1.75 \pm 1.60 \text{ mg Cm}^{-2}$ ), E-16b ( $1.59 \pm 2.67 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) y E-15 ( $1.34 \pm 0.75 \text{ mg Cm}^{-2}$ ); mientras que las estaciones con menor contribución de biomasa fueron las estaciones E-12 ( $0.17 \pm 0.23 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) y E-14 ( $0.08 \pm 0.19 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) [Apéndices I y II].

**Oligoquetos:** Este grupo taxonómico contribuyó con biomasa en 16 de las localidades de muestreo presentando valores de  $0.17 \pm 0.23$  hasta  $1.46 \pm 1.58 \text{ mg Cm}^{-2}$ ; el valor más elevado ocurrió en la estación E-9 ( $1.46 \pm 1.58 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) y el valor promedio más bajo en las estaciones E-4 (al sur y en colindancia con el Escarpe de Campeche), E-5 (al centro de la planicie) y E-6 (al norte y cercana al Escarpe Sigsbee [Apéndices I y II].

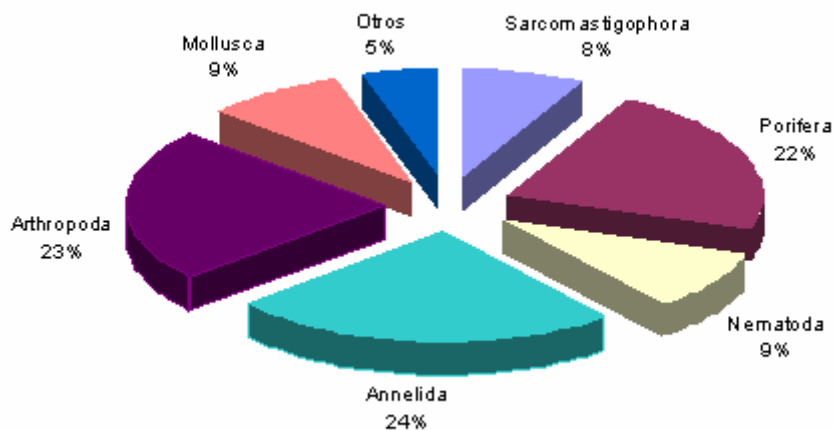
**Tanaidáceos:** Para este grupo, el intervalo de biomasa fue de  $0.07 \pm 0.17$  a  $2.22 \pm 3.26 \text{ mg Cm}^{-2}$ . Los valores más altos se presentaron en la estación E-9 ( $2.22 \pm 3.26 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) y la estación E-7 ( $1.48 \pm 1.92 \text{ mg Cm}^{-2}$ ); mientras que el valor más bajo ( $0.07 \pm 0.17 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) se encontró en las estaciones E-5, E-6, E-12, E-13, E-15 y E-16 [Apéndices I y III].

**Ostrácodos:** Este grupo, aunque contribuyó con datos de biomasa en 15 de las 17 localidades, su intervalo de biomasa fue bajo con  $0.08 \pm 0.19$  a  $0.67 \pm 1.27 \text{ mg Cm}^{-2}$  presentando el valor más elevado ( $0.67 \pm 1.27 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) en la estación E-12 y el valor más bajo ( $0.08 \pm 0.19 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) en las estaciones E-3, E-5, E-11, E-14 y E-16 [Apéndices I y III].

**Bivalvos:** Este grupo contribuyó con datos de biomasa en 14 de las 17 localidades. El intervalo de biomasa promedio fue de  $0.09 \pm 0.19$  a  $1.62 \pm 0.82 \text{ mg Cm}^{-2}$  presentando el valor más elevado en la estación E-2. Las estaciones E-4, E-6, y E-3 tuvieron valores de  $1.04 \pm 1.61$ ,  $1.04 \pm 1.36$  y  $0.78 \pm 0.47 \text{ mg Cm}^{-2}$ , respectivamente. Los valores bajos ( $0.09 \pm 0.19$  a

$0.35 \pm 0.36 \text{ mg Cm}^{-2}$ ) se encontraron en el resto de las estaciones donde se encontró presente este grupo [Apéndices I y II].

La mayor contribución de biomasa a nivel de Phylum corresponde al Annelida (24 %) seguido del Arthropoda (23 %) y el Porifera (22 %) posteriormente se registran las biomasas con las que contribuyen Nematoda y Mollusca, cada uno con el 9 % y Sarcomastigophora con 8 %. El resto de los phyla presentaron valores porcentuales de biomasa  $< 8 \%$  y se representan como *Otros* [Figura 4]. En el Apéndice II se muestran los valores promedio de cada phylum.



**Figura 4: Valores promedio (%) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) en cada Phylum encontrados en las muestras de la macroinfauna en la planicie abisal de Sigsbee.**

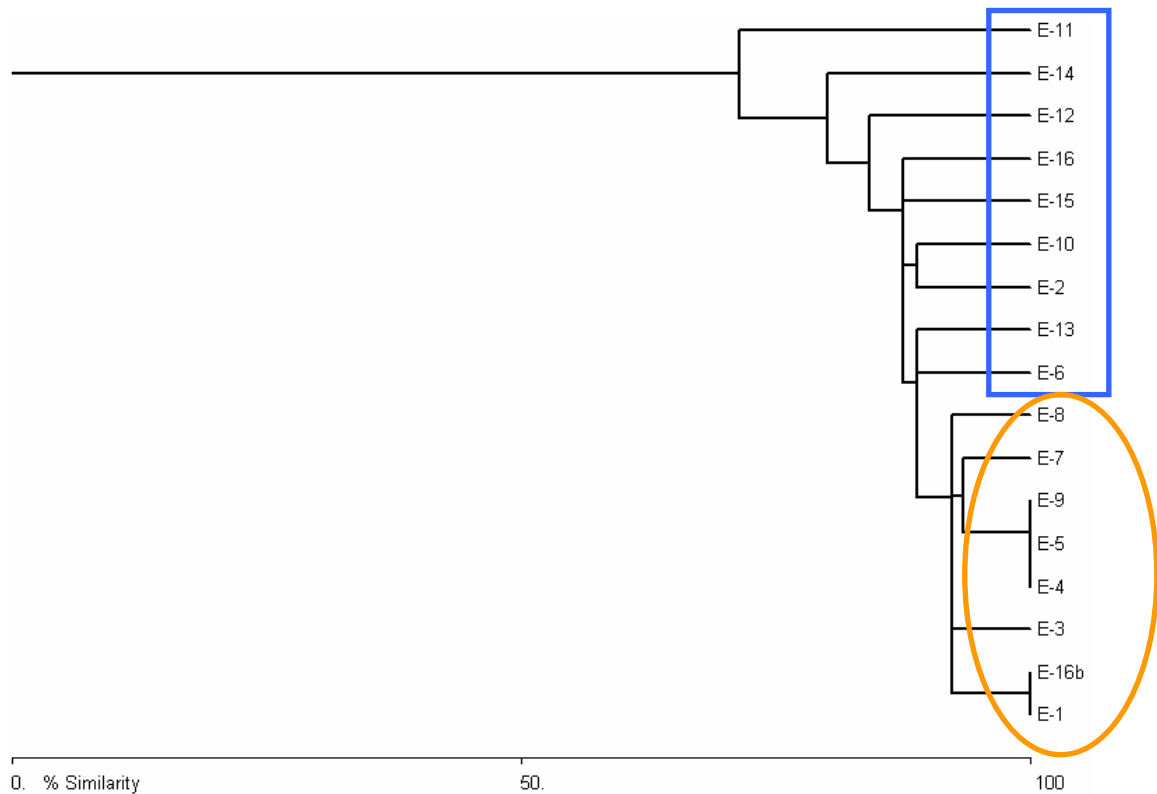
#### **4.3. Variabilidad geográfica de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) de la macroinfauna béntica.**

Las 17 localidades se agruparon en 2 grandes grupos [Figura 5], el primer grupo (G-1) abarca las estaciones E-11, E-14, E-12, E-16, E-15, E-10, E-2, E-13 y E-6; el segundo grupo (G-2) abarcó las estaciones, E-8, E-7, E-9, E-5, E-4, E-3, E-16b y E-1.

El primer grupo (G-1) representa estaciones que se encuentran en el sector oeste de la planicie las cuales están rodeadas de las Cordilleras Mexicanas al oeste, al noroeste por el Escarpe Perdido al norte por el cañón de Alaminos y al sur por los montes de Campeche.

Las estaciones E-6 y E-2 aunque pertenecen a este grupo se encuentran hacia el este de la planicie.

El segundo grupo (G-2) está conformado por las estaciones que se encuentran hacia el sector este de la planicie abisal; colindando al norte con el escarpe de Sigsbee, al noreste con el abanico del Mississippi, al sur con el cañón de Campeche y al sureste con el Escarpe de Campeche.



**Figura 5: Dendrograma de similitud de Bray-Curtis. Presenta los 2 grupos generados a partir de la similitud de la biomasa presente en las 17 localidades de la planicie abisal Sigsbee del Golfo de México. (El Grupo I se presenta en azul y el Grupo II en anaranjado).**

Del primer grupo (G-1), la estación que presentó una contribución menor de biomasa fue la estación E-11 ( $3.44 \pm 1.67 \text{ mg Cm}^{-2}$ ), la cual se encuentra al centro de la planicie abisal. La estación E-16 (localizada en las inmediaciones de los montes de Campeche) contribuyó con un valor más elevado de biomasa ( $21.69 \pm 24.46 \text{ mg Cm}^{-2}$ ).

Respecto al grupo 2 (G-2) la estación E-4 cercana a las Colinas de Sigsbee contribuyó con  $10.98 \pm 5.50 \text{ mg Cm}^{-2}$ , seguida de las estaciones E-9 y E-7 (localizadas en la longitud  $93^\circ 00 \text{ W}$ ) con influencia del Escarpe de Sigsbee y las colinas de Sigsbee [Figura 6 y Apéndice III].

En la Figura 7 se presenta la variación de la biomasa con respecto a la profundidad en cada una de las estaciones en la cual se observa que el valor promedio de biomasa más alto no se encuentra en la estación más somera de este estudio.

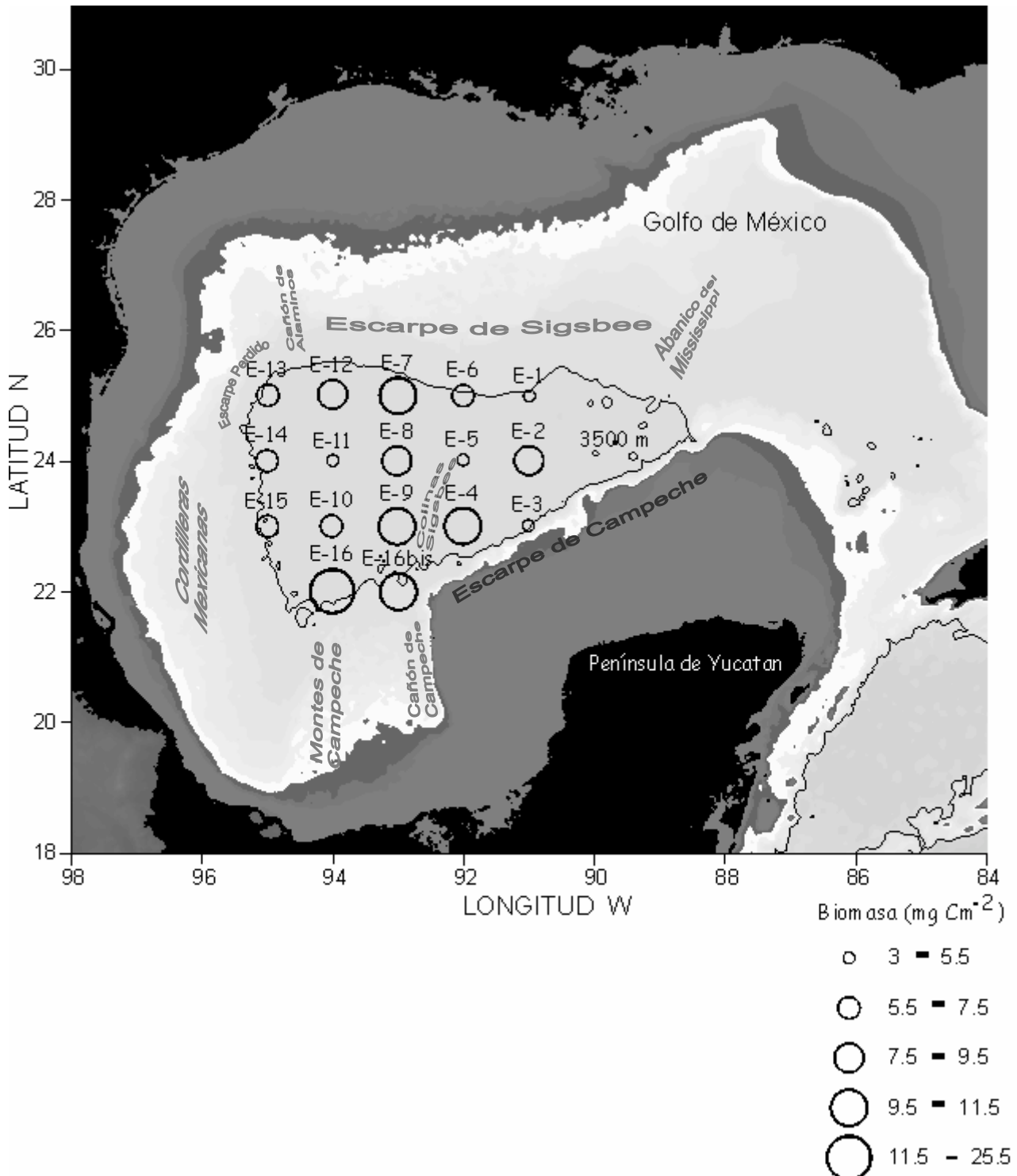
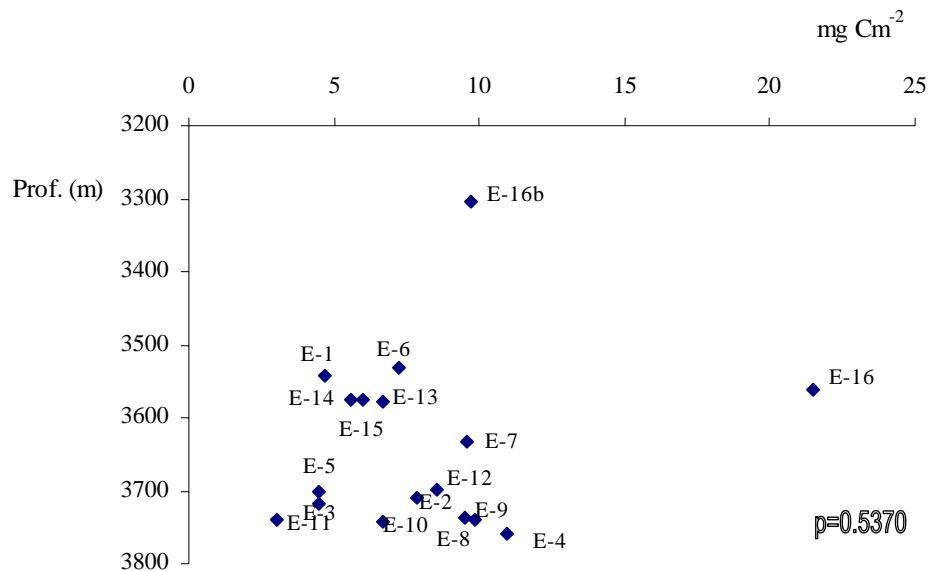


Figura 6: Valores promedio de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) de la macroinfauna en la planicie abisal Sigsbee del Golfo de México. Los círculos son marcadores proporcionales de la biomasa en cada estación.



**Figura 7: Relación de la biomasa promedio de la macroinfauna presente en la planicie abisal Sigsbee del Golfo de México y su cambio con respecto a la profundidad.**

La contribución de la biomasa del grupo G-1 (estaciones del oeste) está compuesta principalmente por los phyla Annelida, Arthropoda y Porifera (Figura 8), el valor promedio de este primer grupo es de  $37.87 \pm 28.99 \text{ mg Cm}^{-2}$ ; la estación con mayor biomasa perteneciente a este grupo fue la E-16 localizada al sur de la planicie y al pie de los montes de Campeche.

En el segundo grupo, G-2 (estaciones del este), el Phylum con mayor contribución de biomasa es el Arthropoda, seguido de Porifera y Annelida (Figura 8). En este grupo la estación con mayor biomasa es la estación E-4 localizada al este de la planicie y cerca de las colinas de Sigsbee. La biomasa promedio del grupo G-2 tiene un valor de  $33.31 \pm 16.56 \text{ mg Cm}^{-2}$ . El Apéndice III presenta los valores de biomasa de los dos grupos por Phylum en cada una de las 17 localidades.

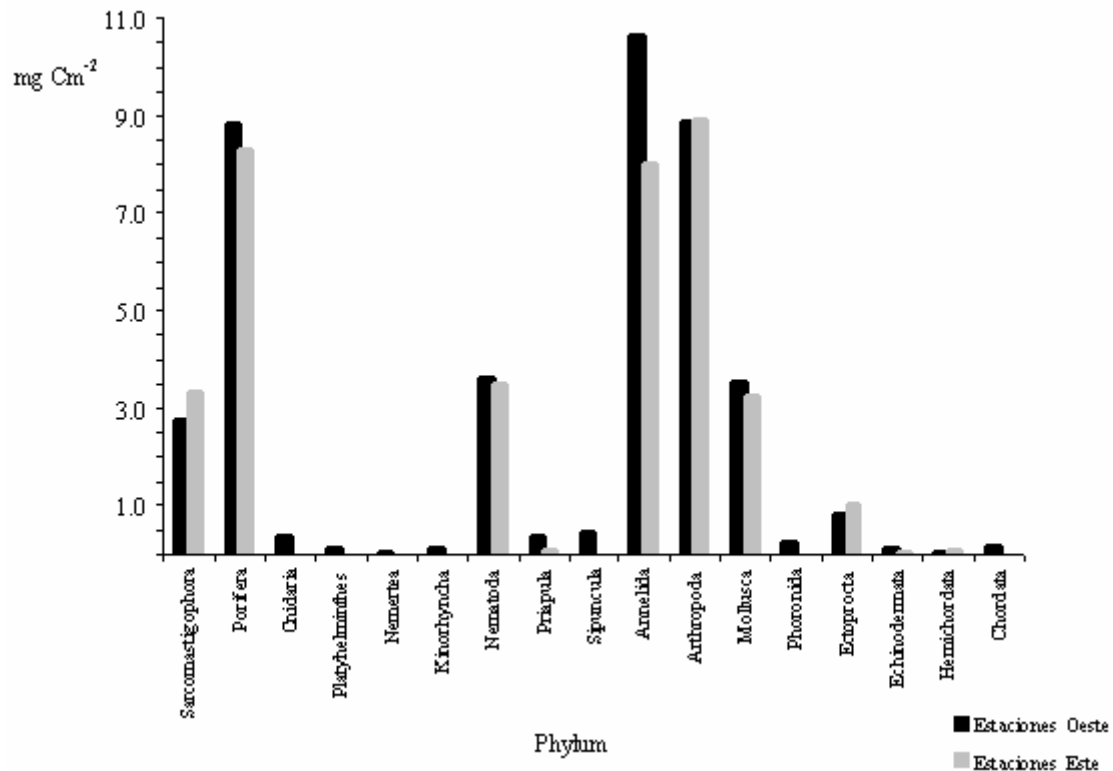


Figura 8: Valores promedio de la biomasa (mg Cm<sup>-2</sup>) por phylum para cada grupo geográfico.

**Annelida:** La estación E-12 presenta el mayor aporte de biomasa para este Phylum seguida de las estaciones E-4 y E-9 [Apéndice III]. Los poliquetos se presentan como el grupo que contribuye con valores más elevados de la biomasa en cada estación [Apéndice I].

**Arthropoda:** Los valores más elevados de biomasa se presentaron en tres estaciones, E-16, E-7 y E-9 [Apéndice III]. De los grupos que integran a este Phylum (decápodos, cumáceos, tanaidáceos, isópodos, anfípodos, copépodos, ostrácodos y ácaros); los copépodos contribuyeron con un valor de biomasa promedio alto ( $3.69 \pm 2.89$  mg Cm<sup>-2</sup>) [Figura 3]. El valor promedio para este Phylum fue de  $8.89 \pm 4.68$  mg Cm<sup>-2</sup> [Apéndice II].

**Porifera:** Los valores más altos se encuentran en la estación E-16 (al sur de la planicie), la estación E-8 la cual se localiza al centro y en la estación E-16b también localizada al sur [Apéndice III]. Estas tres estaciones contribuyen con el 73 % de la biomasa total y hacen que el Phylum tenga un valor promedio de biomasa elevado ( $8.57 \pm 15.01$  mg Cm<sup>-2</sup>) ya que en el resto de las estaciones los valores son dos veces más bajos.



#### 4.4.-Factores ambientales.

##### 4.4.1.-Columna de agua.

**Clorofila *a***: La mayor concentración de clorofila *a* se encontró en la estación E-2 con  $0.023 \pm 0.000 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$ ; el resto de las estaciones tiene valores muy bajos ( $0.001 \pm 0.000 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$ ). Al relacionar la clorofila *a* con los valores promedio de biomasa, presentó una correlación positiva [Figura 9].

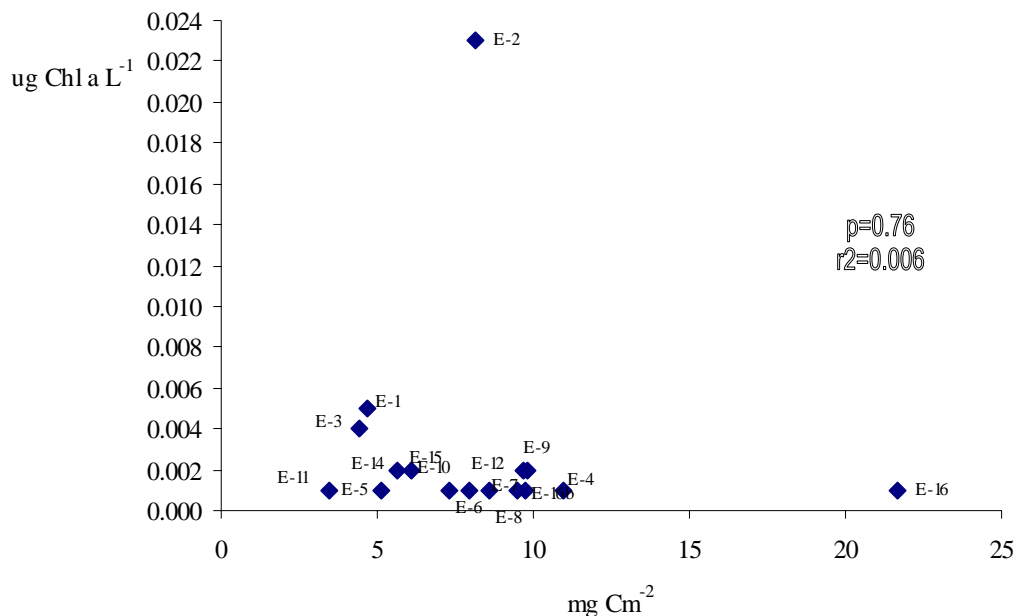


Figura 9: Relación de los valores promedio de biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) con la concentración de clorofila *a* ( $\mu\text{gChl } a \text{ L}^{-1}$ ) en la columna de agua.

#### Concentración de nutrientes

**Amonio**: Presentó valores de 1.25 a  $20.19 \mu\text{M.L}^{-1}$ . Los valores más altos se presentan en las estaciones E-13 ( $20.19 \mu\text{M.L}^{-1}$ ), E-6 ( $19.10 \mu\text{M.L}^{-1}$ ) y E-7 ( $17.38 \mu\text{M.L}^{-1}$ ); las primeras 2 pertenecientes al grupo G-1 y todas localizadas al norte. Las concentraciones más bajas fueron 1.25 y  $1.50 \mu\text{M.L}^{-1}$  (estaciones E-16 y E-3 respectivamente) se localizan, la primera se localiza al sur de la planicie (al pie de los montes de Campeche) y la segunda cerca del Escarpe de Campeche. No hubo correlación con la biomasa.

**Silicatos:** Los valores variaron en un intervalo de 8.07 a 23.2  $\mu\text{M.L}^{-1}$ . La concentración más elevada se obtuvo en la estación E-10 localizada en el centro de la planicie abisal con 23.27  $\mu\text{M.L}^{-1}$ . Las concentraciones más bajas se presentaron en las estaciones cercanas al cañón de Alaminos E-13 y E-12 con 8.0 y 14.16  $\mu\text{M.L}^{-1}$ , respectivamente. No se presentó una correlación con la biomasa.

**Nitritos:** Los valores de los nitritos en el agua de fondo son comparativamente más bajos respecto a los silicatos y a los nitratos. Estos variaron en un intervalo de 0.07 a 0.81  $\mu\text{M.L}^{-1}$ . El valor más elevado se obtuvo en la estación E-14 con 0.81  $\mu\text{M.L}^{-1}$  situada en la inmediación de la elevación continental cerca de las cordilleras Mexicanas. El valor más bajo se presentó en las estaciones E-2 y E-16 con 0.07  $\mu\text{M.L}^{-1}$ . No se presentó una correlación con la biomasa.

**Nitratos:** El intervalo varió de 15.28 a 22.26  $\mu\text{M.L}^{-1}$ . El valor más elevado se obtuvo en la estación E-14 con 22.26  $\mu\text{M.L}^{-1}$ , el más bajo se presentó en la estación E-16 con 15.28  $\mu\text{M.L}^{-1}$ , ambas estaciones pertenecientes al grupo G-1. No se presentó una correlación con la biomasa.

La concentración de la clorofila *a* y de los nutrientes en el agua de fondo (3,250-3,700 m) para cada una de las 17 localidades y su relación con los valores promedio de biomasa se presenta en el Apéndice IV.

#### **4.4.2.-Sedimento.**

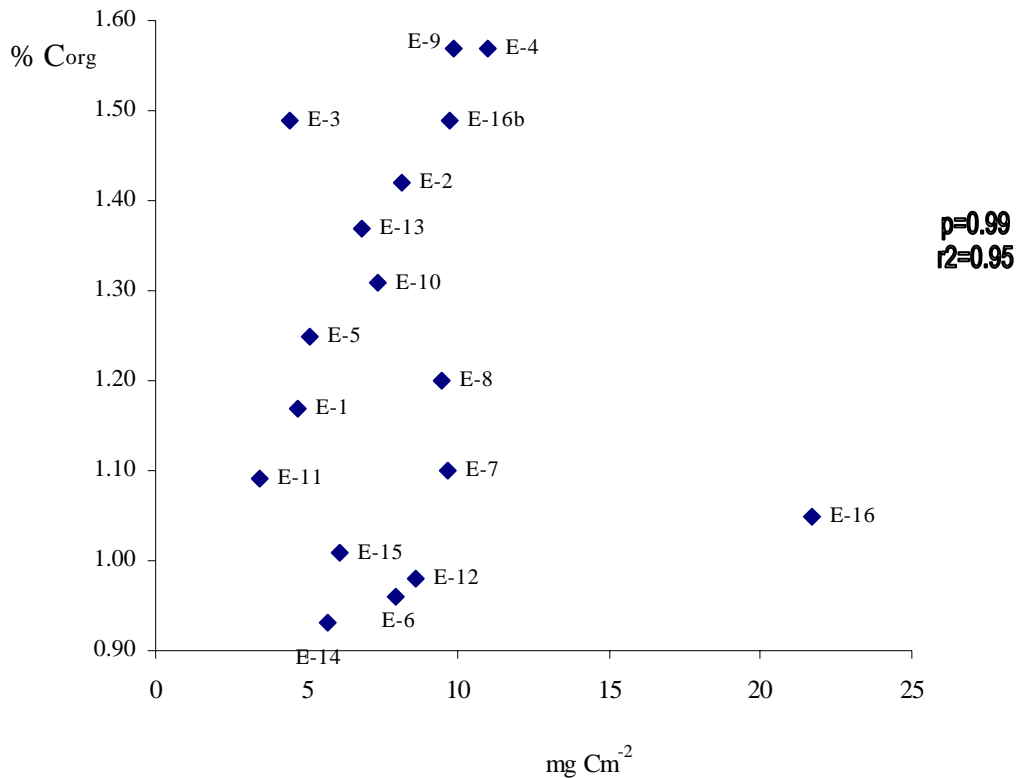
Los valores de los parámetros ambientales del sedimento se muestran en el Apéndice V. Con respecto al tamaño de grano, en el área de estudio se encontraron principalmente 3 tipos de sedimento clasificados éstos como limos (el cual fue el tamaño de grano predominante), limos gruesos y arena muy fina.

**Limos:** Los valores variaron entre  $34.7 \pm 32$  y  $187.1 \pm 2.9$  %. El valor más elevado ( $87.1 \pm 2.9$  %) se obtuvo en la estación E-10, seguida de la estación E-11 ( $75.4 \pm 9.7$  %), ambas ubicadas en la porción central de la planicie abisal de Sigsbee. El valor más bajo ( $34.7 \pm 32.1$  %) se obtuvo en la estación E-4 la cual se encuentra cercana del Escarpe de Campeche. No presentó correlación con la biomasa.

**Limos gruesos:** Esta fracción del sedimento varió en un intervalo de  $12.9 \pm 2.9$  a  $52.8 \pm 41.7$  %. Las estaciones E-3 (frente al Escarpe de Campeche) y E-9 (junto a los montes de Sigsbee) presentaron los valores más elevados. El valor más bajo se registró un poco más al oeste (E-10). No presentó una correlación con la biomasa.

**Arena muy fina:** Los valores variaron de  $0.5 \pm 0.7$  a  $12.1 \pm 9.0$  %. El valor más elevado ( $12.1 \pm 9.0$  %) se presentó en la E-12 en la elevación continental cerca del cañón de Alaminos, mientras que el valor más bajo se presentó en la estación E-7; en las estaciones del centro (E-8, E-9, E-10, y E-11) esta fracción de grano estuvo ausente. No presentó correlación con la biomasa.

**Contenido de Carbono Orgánico ( $C_{org}$ ) en sedimento:** Los valores de  $C_{org}$  variaron de  $0.93 \pm 0.00$  a  $1.57 \pm 0.01$  %. La concentración menor ( $0.93 \pm 0.00$  %) se presentó en la estación E-14, en la porción oeste de la elevación continental. La concentración más elevada de  $C_{org}$  se registró en las estaciones E-9 ( $1.57 \pm 0.01$  %), E-4 ( $1.57 \pm 0.00$  %), E-16b ( $1.49 \pm 0.04$  %) y E-3 ( $0.49 \pm 0.01$  %). Los valores presentaron correlación positiva [Figura 10].



**Figura 10: Relación de los valores promedio de biomasa (mg Cm<sup>-2</sup>) con los valores porcentuales de la relación Carbono orgánico en sedimento.**

**Contenido de Nitrógeno Orgánico (N<sub>org</sub>) en sedimento:** La concentración de N<sub>org</sub> varió de 0.09±0.00 a 0.18±0.00 %. La concentración mayor (0.18±0.00%) se presentó en la E-4 ubicada frente al Escarpe de Campeche, mientras que la concentración menor de N<sub>org</sub> (0.09±0.00 %) se registró en la estación E-12 en la elevación continental en el norte del área de estudio. No presentó correlación con la biomasa.

**Relación Carbono-Nitrógeno (C/N):** La relación C/N varió de 7.84±0.01 a 11.88±0.00 teniendo valores mayores a 10.00 en las estaciones E-3, E-5 y E-12 ubicadas la primera al sur cercana al Escarpe de Campeche, la segunda estación se localiza al centro de la planicie abisal mientras que la última estación se localiza en la elevación continental y cercana al cañón de Alaminos. El resto de las estaciones presentaron valores menores a 10.00, en un intervalo de 7.84±0.10 a 9.77±0.06. No presentó correlación con la biomasa

**Concentración de Clorofila *a* (Chl *a*) en sedimento:** Las concentraciones de Chl *a* variaron de  $32.65 \pm 1.58$  a  $197.55 \pm 1.67$   $\mu\text{g Chl } a \text{ m}^{-2}$ . Los valores más elevados se reconocieron en 3 localidades, las estaciones E-7, E-6 y E-11; dos de ellas en la elevación continental al norte y en las inmediaciones del Escarpe de Sigsbee (estaciones E-7 y E-6) y una del oeste de la planicie abisal (E-11). Las concentraciones más bajas ( $32.65 \pm 1.58$  y  $41.15 \pm 2.08$   $\mu\text{g Chl } a \text{ m}^{-2}$ ) se registraron en las estaciones E-9 y E-1; la primera de ellas cercana a las colinas de Sigsbee y la segunda al este de la planicie. No presentó correlación con la biomasa.

## **5.-DISCUSION**

### **5.1.-Variación de la biomasa por taxón.**

Dayton y Hessler (1972) reconocen que las especies tienden a una especialización en ambientes estables y donde se encuentra el alimento. El mar profundo es un hábitat que se distingue por un aporte alimentario limitado (de 1 a 10  $\text{g Cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ), donde el fitodetrito es el principal aporte alimentario (Lara-Lara *et al.*, 2008).

Las corrientes de turbidez actúan como transporte de sedimentos y de alimento disponible a las comunidades macrobénticas generando zonas de enriquecimiento orgánico que puede sostener altas biomasa (Estrada-Santillán, 2004). El suministro mayor de comida a las comunidades del mar profundo son las partículas de detrito aumentado por la migración vertical (Wei *et al.*, 2010); las densidades bajas indican una baja de alimento (Estrada-Santillán, 2004), para la planicie abisal, Plaza-Resendiz (2006) reporta que las mayores densidades ocurren en el centro (estaciones E-15 y E-9) sin embargo en este estudio solamente se reporta un valor elevado de biomasa en la estación E-9. Respecto a los taxa; Plaza-Resendiz (2006) reconoció a los nemátodos y foraminíferos como los de mayor densidad para la meiofauna, que es una escala menor en talla que la macrofauna pero para este estudio se reconocen a las esponjas silicadas como el taxa que aporta los valores más elevados contribuyendo con un 22 % de la biomasa de la macroinfauna

béntica, Richardson *et al.* (1985) también reconocen a este taxon como dominante en la biomasa de la macrofauna con un 87.5 % por lo que se puede inferir que una densidad baja no está correlacionada con la biomasa sino que la medida del contenido de Carbono<sub>orgánico</sub> en el sedimento es el indicativo de la disponibilidad del alimento (Martínez, 2007).

Los anélidos poliquetos también contribuyen de manera importante a la biomasa del Golfo de México y para la planicie abisal Wei *et al.* (2011) reporta una contribución del 63 % en la campaña DGoMB, Muñiz (2001) reportó un 90.1 % en la zona del Escarpe de Campeche, Escobar y Soto (1997) un 45 % en el talud oeste, Hernández (1999) encontró una contribución del 48. 5% en el margen continental y Salas (2005) en apertura de 250  $\mu$ m reconoció un aporte del 28 % en el sector occidental. En este estudio los poliquetos contribuyeron con un 18 %.

Dentro de lo reportado por Wei *et al.* (2011), en la campaña DGoMB, en específico para dos estaciones localizadas al este de la planicie abisal (estaciones S1 y S2) se reconocen además de los anélidos poliquetos y bivalvos a otros grupos cuyos valores de biomasa reportados en este estudio presentaron valores semejantes a los de Wei *et al.* (2011) [Tabla 4].

**Tabla 4: Valores promedio de biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) reportados por Wei *et al.* (2011) comparados con valores promedio y desviación estándar de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) obtenidas en este estudio (n=17) para la planicie abisal Sigsbee.**

Grupo	Biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ )		
	Estaciones de la Campaña DGoMB		Presente estudio n=17
	S1	S2	
Poliquetos	13.9	6.8	7.0 $\pm$ 5.07
Bivalvos	2.7	2.2	1.8 $\pm$ 2.05
Anfipodos	0.2	0.1	0.6 $\pm$ 1.57
Isopodos	0.7	0.3	1.3 $\pm$ 1.93
Ostracodos	0.5	0.2	1.0 $\pm$ 0.92
Nemertinos	0.1	0	0.01 $\pm$ 0.14
Tanaidáceos	0.2	0.1	1.9 $\pm$ 2.76
Cumáceos	0.1	0	0.3 $\pm$ 0.91

## **5.2.-Variabilidad geográfica.**

En el análisis realizado por Rowe y Kennicutt (2008) se identificó que la localización geográfica es una variable que afecta a la biomasa de la comunidad macrobéntica. Los valores de biomasa son más elevados en latitudes altas y en los márgenes continentales; en las planicies abisales se presentan valores menores (Wei *et al.*, 2010).

Yeager (2004) reconoce que los valores de biomasa son elevados en zonas con influencia de ríos ya que el aporte fluvial tiene un efecto positivo sobre la talla y la abundancia, y por ende en la biomasa (Escobar-Briones y Soto 1997). Los ríos aportan directamente una cantidad significativa de sedimentos en suspensión y nutrientes (de la Lanza y Gómez, 2004) pero por su topografía, algunas áreas del Golfo de México reciben grandes cantidades de sedimento provenientes de las descargas de los ríos mientras otras no reciben nada (Newman *et al.*, 1973).

Los principales ríos que drenan directamente en el Golfo de México son el Pánuco, el Coatzacoalcos, el Papaloapan, el sistema Grijalva-Usumacinta a través del Frontera, el Champotón y el Bravo (Río Grande), sin embargo también hay que tomar en cuenta la fisiografía del Golfo de México que rodea a la planicie abisal; en el oeste del Golfo de México, la plataforma continental es estrecha (Newman *et al.*, 1973), las Cordilleras Mexicanas son una barrera para el sedimento de origen continental (Bergantito, 1971; Bouma, 1972). Al norte el talud continental presenta una serie de cordilleras paralelas a la costa (Newman *et al.*, 1973) tales como: el cañón de Alaminos el cual es un cañón secundario que divide al talud Texas-Lousiana en oeste y este (Bryant *et al.*, 1990) y el Escarpe de Sigsbee formando un bloque del material terrestre a la planicie abisal (Newman *et al.*, 1973); al sur se presentan a) los montes de Campeche, con una altura tal que cualquier depósito de material terrestre es poco probable (Newman *et al.*, 1973), en estos montes hay domos salinos y asfalto donde la fauna quimiosintética ha colonizado (MacDonal *et al.*, 2004); el Golfo de México cuenta con tres grandes áreas de hábitats y comunidades basadas en la quimiosíntesis, dos de ellas, la sección noreste (cañón de Alaminos) presenta infiltraciones (Gaytán, 2009); al sur hay un sitio denominado "Chapopote" en los montes de Campeche (MacDonal *et al.*, 2004; Gaytán, 2009), el relieve

y número de estos montes decrece del centro al norte (Bergantino, 1971) y su borde al norte se disipa en la planicie abisal Sigsbee (Ponce, 2009); b) el cañón de Campeche, el cual es una frontera entre la zona carbonatada y terrígena del Golfo de México (Bouma y Roberts, 1990; Mortera, comunicación personal) y c) el Escarpe de Campeche, en donde hay diapiros (Martínez, 2007).

Al noreste y centro; la cuenca de la planicie abisal recibe la mayor fuente del sedimento proveniente del río Mississippi cuyo depósito forma un cono (o abanico) que se extiende desde la desembocadura del río hasta la planicie abisal (Bouma y Roberts, 1990; Newman *et al.*, 1973); en el centro de la planicie se encuentran las colinas de Sigsbee donde también hay diapiros (Martínez, 2007).

Respecto al análisis de los dos grupos geográficos reconocidos en el análisis de clasificación de este estudio se tienen a las estaciones del oeste (grupo G-1) de las cuales las estaciones E-13, E-14 y E-15 al encontrarse más al oeste y recibir un mayor aporte de sedimento proveniente de los ríos no contribuyen de manera importante con la biomasa como las estaciones E-16 y E-12 las cuales además de recibir un aporte de sedimentos proveniente de los ríos, se ven influenciados al norte (estación E-12) por el cañón de Alaminos. Al sur (estación E-16) ésta está influenciada por los montes de Campeche. Las estaciones E-2 y E-6 aunque se encuentran al este de la planicie corresponden a este grupo pero no contribuyen de manera importante con la biomasa.

El grupo G-2 (estaciones al este) correspondió a estaciones con aporte de sedimento proveniente del río Mississippi. En este estudio se reconoció que las estaciones cuyo aporte de biomasa contribuyeron de manera significativa (E-4, E-16b, E-9 y E-7) se encuentran dentro de este grupo y están localizadas cerca de estructuras fisiográficas como lo es el cañón de Campeche (estación E-16b), las colinas de Sigsbee (estación E-9) y los Escarpes de Sigsbee (estación E-7) y Campeche (estación E-4).



Para esta profundidad (3,305 a 3,975 m), en esta región geográfica, los valores reconocidos en este estudio se encuentran dentro de lo reportado en la literatura (i.e., Rowe *et al.*, 1974; Hernández, 1999; Salas, 2005; Martínez, 2007 y Wei *et al.*, 2011) [Tabla 5].

**Tabla 5: Intervalo de valores de biomasa de diferentes estudios para la planicie abisal Sigsbee.**  
Abreviaturas: n= número de estaciones muestreadas.

Coordenadas		Profundidad (m)	Biomasa (mg Cm <sup>-2</sup> )	n	Referencia
Latitud (N)	Longitud (W)				
22° 70' a 23° 93'	92° 10' a 93° 20'	3715 - 3780	82.00	3	Rowe <i>et al.</i> , 1974
23° 24' a 25° 27'	93° 07' a 94° 46'	3600 -3760	2.00 a 51.00	8	Hernández, 1999
23° 11' a 23° 30'	92° 17' a 92° 53'	3780 -3975	0.18 a 10.61	5	Salas, 2005
22° 59' a 23° 21'	92° 39' a 94° 01'	3651 - 3740	28.00 a 39.00	6	Martínez, 2007
22° 30' a 23° 32'	92° 17' a 94° 22'	3730 - 3795	2.00 a 5.20	5	Wei <i>et al.</i> , 2011
22° 34' a 23° 02'	93° 00' a 94° 31'	3680 - 3775	2.00 a 33.40	7	Wei <i>et al.</i> , 2011
<b>21° 59' a 25° 00'</b>	<b>91° 00' a 95° 00'</b>	<b>3305 - 3759</b>	<b>3.00 a 22.00</b>	<b>17</b>	<b>Presente estudio</b>

### 5.3.-Factores ambientales.

El tamaño de grano, clorofila en la columna de agua, el contenido de la materia orgánica, la disponibilidad del alimento y la estabilidad del fondo son factores que se han reconocido que controlan la distribución de la biomasa del bentos. (Péres, 1961 y Hernández, 1999).

#### 5.3.1.-Columna de agua.

La hidrodinámica, la cual modifica el fondo (Hernández, 1999) es de importancia por que el alimento llega a la planicie abisal a través del transporte escalonado dependiendo de la producción primaria y secundaria de la columna de agua (Salas, 2005).

**Clorofila a:** La distribución de la clorofila *a* en aguas oceánicas se vincula directamente con la estratificación y mezcla de la columna de agua y la disponibilidad de los nutrientes (Signoret *et al.*, 1998). El Golfo de México se ve influenciado por la corriente de Yucatán la

cual penetra en el Golfo y se convierte en la Corriente de Lazo formando un meandro. Existen remolinos ciclónicos subsidiarios que son ricos en nutrimentos y clorofila *a* (Signoret *et al.*, 2006). La importancia de las corrientes radica en que son mecanismos de dispersión de organismos (De la Lanza, 2004), los remolinos que se desprenden de la Corriente de Lazo introducen agua de la plataforma continental hacia el mar profundo aportando una importante distribución vertical de la clorofila *a* en la columna de agua (Signoret *et al.*, 2006). En este estudio el contenido de clorofila *a* en agua profunda, presenta una correlación positiva con los valores de biomasa; la influencia de la circulación oceánica determina zonas de altas concentraciones de clorofila *a* (Signoret *et al.*, 2006).

**Nutrientes:** Diferentes masas de agua pueden incrementar el contenido de nutrientes a través de los giros ciclónicos (de la Lanza y Gómez, 2004); la masa de agua a mayor profundidad que ocurre en el Golfo de México es el Agua Profunda Noratlántica (Monreal-Gómez, 2004). En la planicie abisal los nutrientes se incorporan a la zona eufótica a través de afloramientos, asociados a la Corriente de Lazo y sus giros (García, 2007), en este estudio encontramos que los silicatos y nitratos se encuentran en mayor concentración al este de la planicie (justo donde está la Corriente de Lazo), pero no se obtuvo una correlación con la biomasa.

### **5.3.2.-Sedimento.**

El sedimento es fundamental porque conforma el substrato (Calva-Benítez *et al.*, 2009), igualmente es sabido que la composición granulométrica y la cantidad de materia orgánica presente en el sedimento influyen en la distribución de los organismos bentónicos (Calva-Benítez y Torres-Alvarado, 2011).

**Tamaño de grano:** La heterogeneidad en el tamaño de grano del sedimento provee diferentes fuentes de alimento; las fracciones de tamaño de grano que caracteriza el sedimento en zonas mayores a 3,000 m son los granos finos, principalmente lodos y limos y en menores proporciones las arenas (Levin, 1998). La contribución de sedimento proveniente de los ríos se acumula en la plataforma y alcanza la planicie abisal a través de

turbiditas (Escobar-Briones, 2004); en la planicie el sedimento es fino, originado del material carbonatado procedente de la columna de agua (García, 2007). Para este trabajo las arenas estuvieron ausentes; al norte, en las estaciones E-7 y E-6 dominaron los limos y los limos gruesos, pero el tamaño de grano no presentó correlación con la biomasa. La determinación de la textura de los sedimentos y su contenido de materia orgánica es primordial en los estudios de los sistemas acuáticos (Calva-Benítez *et al.*, 2009).

**Carbono orgánico:** El tamaño de grano tiene una fuerte influencia sobre el contenido de Carbono orgánico en los sedimentos que es una fuente importante de alimento disponible (Martínez, 2007). En general los fondos marinos en latitudes tropicales tienden a recibir escasa exportación de carbono biogénico (Legendre, 1995; Salas, 2005) por su condición de estratificación térmica (Vidal *et al.*, 1990). Este aporte reducido de materia orgánica limita la talla y abundancia de la fauna (Vetter y Dayton, 1999; Salas, 2005) y por ende presentándose valores bajos de biomasa béntica (Escobar-Briones, 2004); García (2007) reconoce que la mayor concentración de Carbono orgánico para el Golfo de México esta asociada al cañón de Campeche, los montes de Sigsbee y en colindancia a los Escarpes de Sigsbee y Campeche, sitios donde este estudio reporta valores promedio elevados de biomasa.

En este estudio se encontró una correlación del Carbono orgánico con la biomasa alcanzando valores altos en la porción este de la planicie.

**Nitrógeno orgánico:** La biomasa del macrobentos se distribuye a partir del contenido de Nitrógeno orgánico (Martínez, 2007) La calidad y la cantidad de Carbono y Nitrógeno orgánico que es sedimentado por debajo de las capas superficiales es de vital importancia para la vida por debajo de la zona eufótica (Lara-Lara *et al.*, 2007).

**Relación Carbono Nitrógeno (C/N):** Las tasas de relación C:N se han considerado como una característica constante e importante para los sedimentos (Hernández, 2009), pero esta relación de C:N no presentó correlación con la biomasa béntica lo cual coincide con el estudio de Levin *et al.* (2000).

**Materia orgánica:** Para el Golfo de México la principal fuente de materia orgánica que se encuentra en los sedimentos es el hundimiento del Carbono orgánico particulado de origen biogénico, otra fuente disponible es la importación desde la cadena alimenticia pelágica o el efecto local en las inmediaciones de las infiltraciones de metano. En ambientes como el mar profundo el aporte de materia orgánica a la comunidad béntica probablemente depende más del Carbono orgánico particulado que de la producción secundaria (Martínez 2007). Algunos estudios de aguas profundas reconocen que la biomasa béntica responde a la concentración de materia orgánica (Péres, 1961; Hernández, 1999; Josefsen y Rasmussen, 2000).

En general los valores elevados de biomasa siguen una respuesta a la agregación de la materia orgánica por las estructuras fisiográficas como colinas o cañones, (Vetter y Dayton, 1998); las cuencas como el Golfo de México no dependen enteramente de la exportación de materia orgánica al mar profundo (Kennicutt *et al.*, 1988; Saseen *et al.*, 2004) ya que se ha reconocido quimiosíntesis asociada a infiltraciones de metano en la base de escarpes (MacDonal *et al.*, 2004) y en diapiros (Milcov y Sassen, 2000; Brooks *et al.*, 1986) que tiene una afectación local en la agregación de fauna y la biomasa (Kennicutt *et al.*, 1988; Soto *et al.*, 2004; Dayton y Hessler, 1972). Lo anterior es consistente para las estaciones cercanas a los Escarpes de Campeche y Sigsbee (estaciones E-16b, E-4 y E-7), reconociendo así que la comunidad béntica podría beneficiarse de esta concentración del Carbono orgánico quimioautotrófico (Sassen *et al.*, 1999). En este estudio los valores más elevados de biomasa se encontraron en el sector este de la planicie, lo cual coincide con resultados de Richardson *et al.* (1985), Richardson y Young (1987) Briggs *et al.* (1996) para provincias con aporte de sedimento hemipelágico en Caribe relacionándose con la concentración del Carbono orgánico en el sedimento aunque de reconocer la posición de infiltraciones de metano en esta zona se podrían explicar y correlacionar con éstas.

**Clorofila *a*:** La presencia de clorofila *a* en el sedimento refleja un flujo de materia orgánica al fondo que se representa como disponibilidad de alimento para la fauna béntica (Levin *et al.*, 2000) el suministro de material orgánico a los sedimentos y la materia orgánica

preservada es vulnerable a la degradación por bacterias y pequeños metazoarios y por lo tanto se ha venido utilizando el alto contenido de la proporción de la clorofila *a* y Carbono orgánico como un indicativo de zonas con actividad biológica (Dauwe *et al.*, 1998).

## **6.-CONCLUSIONES**

1. El aporte de materia orgánica al fondo marino tiene un efecto positivo sobre la agregación de la fauna toda vez que los valores más elevados de biomasa reconocidos en este estudio corresponden a estaciones inmediatas a los Escarpes de Sigsbee (estación E-7) y Campeche (estación E-4), a los montes de Sigsbee (estación E-9) y Campeche (estación E-16) y al cañón de Campeche (estación E-16b).
2. El aporte de materia orgánica al fondo marino no es la única fuente que tiene un efecto sobre la agregación de la fauna ya que en las estaciones ubicadas en las inmediaciones de las colinas de Sigsbee y diapiros al centro de la planicie abisal se observan valores elevados de biomasa.
3. Los Phyla que contribuyen con un aporte mayor a la biomasa béntica (Annelida, Arthropoda y Porifera) se encuentran principalmente en el sector suroeste y noreste; en localidades cercanas a los cañones de Alaminos y de Campeche.
4. Los factores ambientales de columna de agua contribuyen tangencialmente a la biomasa béntica en contraste a los factores del sedimento, en particular la materia orgánica representada por la fracción lábil de Nitrógeno y el Carbono orgánico
5. El aporte mayor de biomasa se reconoció en el sector suroeste de la planicie abisal Sigsbee.
6. En la porción este de la planicie hay más localidades con valores altos de biomasa.

## **7.-PROPUESTAS.**

- i. Realizar un catálogo taxonómico de las especies de la macroinfauna para la planicie abisal del Golfo de México.
- ii. Que a los estudios que se han realizado en la porción central de la planicie abisal posteriores a éste, se les incluya un análisis de consumo de oxígeno para tener un mejor conocimiento del cambio de la comunidad bentónica en el tiempo (el antes y después del derrame petrolero ocurrido en abril del 2010 por la plataforma "Deep water Horizon")

## **LITERATURA CITADA**

Formato seguido: Deep-sea Research II.

- Arar, J.E., Collins, B.G., 1997. Method 445.0 *In Vitro* Determination of Chlorophyll *a* and Pheophytin *a* in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence. National Exposure Research Laboratory Office of Research and Development United States Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio, 22 pp.
- Bergantino, N.R., 1971. Submarine Regional Geomorphology of the Gulf of Mexico. Geological Society of America Bulletin, 82, 741-752.
- Bone, D., Cholette, I., Rodríguez, C.T., 2007. Macrobentos de aguas profundas en la costa atlántica Venezolana. INC., 32(7), 477-481.
- Bouma, H.A., 1972. Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of Mexico. In: Resak, R., Henry, V.I., (Eds), Contributions on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Gulf Publishing Company, Houston, pp. 35-65.
- Bouma, H.A., Roberts, H.H., 1990. Northern Gulf of Mexico Continental Slope. Geo-Marine Letters 10: 177-181.
- Briggs, K.B., Richardson, M.D., Young, D.K., 1996. The classification and structure of megafaunal assemblages in the Venezuela Basin, Caribbean Sea. Marine Research, 54, 705-730
- Brooks, J.M., Cox H.B., Bryant, W.R., Kennicutt, M.C II., Mann, R.G., McDonald, T.J., 1986. Association of gas hydrates and oil seepage in the Gulf of Mexico. Organic Geochemistry, 10 (1-3), 221-234.
- Brusca, R.C., Brusca, G.J., 2002. Invertebrates, 2<sup>nd</sup>ed. Sinauer Associates Inc. Publishers, U.S.A 936 pp.
- Bryant, W.R., Bryant, J.R., Feeley, M.H., Simmons, G.R., 1990. Physiographic and bathymetric characteristics of the continental slope, northwest Gulf of Mexico. Geo-Marine Letters 10: 184-199.
- Castellanos, I., Gasca, R., 1996. Eufáusidos (Crustacea: Euphausiacea) de Aguas Superficiales del Sur Golfo de México (Invierno y Verano 1991). Caribbean Journal of Science, 32(2), 187-194.

- Castro, P., Huber, M.E., 2008. Marine Biology, The Ocean Depths. 7<sup>th</sup> Edition McGraw-Hill, 459 pp.
- Calva-Benítez, L.G, Torres-Alvarado, R., Cruz, T.J.C., 2009. Carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del sistema costero lagunar Carretas-Pereyra, Chiapas. *Hidrobiológica* 19 (1), 33-42.
- Calva-Benítez, L.G., Torres-Alvarado, R., 2011. Carbono orgánico y características texturales de sedimentos en áreas del pasto marino *Thalassia testudinum* en ecosistemas costeros del sureste del Golfo de México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*. 27 (2), 133-144.
- Dauwe, B., Herman, P.M.J., Heip, C.H.R., 1998. Community structure and bioturbation potential of macrofauna at four North Sea stations with contrasting food supply. *Marine Ecology Progress Series* 173 (12), 67-83.
- Dayton, P.K., Hessler, R.R., 1972. Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep sea. *Deep-Sea Research*. 19:199-208.
- De la Lanza, E.G., Gómez, R.J.C., 2004. Características Físicas y Químicas del Golfo de México. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (Compiladores), Diagnóstico ambiental del Golfo de México I, pp. 102-131.
- De la Lanza, E.G., 2004. Gran escenario de la zona costera y oceánica de México. *Ciencias, UNAM* 76: 4-13.
- Escobar-Briones, E., Soto, L.A., 1997. Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of Mexico. *Continental Shelf Research*, 17(6), 585-600.
- Escobar-Briones, E., Signoret, M., Hernández, D., 1999. Variación de la densidad de la infauna macrobéntica en un gradiente batimétrico: Oeste del Golfo de México. *Ciencias Marinas* 25 (2), 193-212.
- Escobar-Briones, E., 2000. La biodiversidad del mar profundo en México. *Biodiversitas* 6 (29), 2-6.
- Escobar-Briones, E., 2004. Estado del Conocimiento de las comunidades bénticas en el Golfo de México. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (Compiladores), Diagnóstico ambiental del Golfo de México I, pp. 199-244.



- Estrada-Santillán, E.L., 2004. Macroinfauna béntica del cañón de Campeche, SW del Golfo de México. Tesis de Licenciatura, FES-Iztacala, UNAM, México.
- Ewing, J.I., Edgar, N.T., Antoine, J. W., 1970. Structure of the Gulf of Mexico and Caribbean sea. In: Maxwell, A., (Ed), The sea. Wiley-Interscience, New York, N.Y., 4 (Part 2) 664pp.
- García-Villalobos, F. J., Escobar-Briones, E., 2007. Distribución espacial del carbono orgánico total en el sedimento superficial de la planicie abisal del Golfo de México. En: Hernández de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., (Eds) Carbono en ecosistemas acuáticos de México. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat-Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México, pp. 117-128.
- García, V.F.J. (2007). Caracterización de la composición elemental (C, N, S) del sedimento superficial abisal del Golfo de México. Tesis de Maestría Química Acuática, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 85 pp.
- Gaytan, C.A., 2009. *Munidopsis geyeri* Pequegnat & Pequegnat, 1970 asociado al volcán de asfalto (sur del Golfo de México) y su vinculación con las poblaciones del Atlántico. Tesis de Maestría en Biología Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 146 pp.
- Gray, J.S., 1981. The ecology of marine sediment. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press, pp 185.
- Hernández, A. H.A., Rowden, A., Attri II, M., Warwick, M., Gold-Bouchot, G., 2003. Large-scale environmental influences on the benthic macrofauna of the southern Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58, 825-841.
- Hernández, R.D., 1999. Riqueza Taxonómica, densidad y biomasa de la infauna macrobéntica a lo largo de un gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México. Tesis de Licenciatura, FES-Zaragoza, UNAM, México. 43 pp.
- Josefson, A.B., Rasmussen, B., 2000. Nutrient Retention by Benthic Macrofaunal Biomass of Danish Estuaries: Importance of Nutrient Load and Residence Time. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50, 205-216.
- Kennicutt II, M. C., Brooks, J.M., Bidigare, R.R., Denoux G.J., 1988. Gulf of Mexico hydrocarbon seep communities-I. Regional distribution of hydrocarbon seepage and associated fauna. *Deep-Sea Research*, 35 (9), 1639-1651.

- Lara-Lara, J.R., García-Pamánés, J., Bazán-Guzmán, C., 2007. Flujo vertical de materia orgánica particulada en la región central del Golfo de California. En: Hernández de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., (Eds.), *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pp. 383-395.
- Legendre, L., Le Fèvre, J., 1995. Microbial food webs and the export of biogenic carbon in oceans. *Aquatic Microbial Ecology*, 9, 69-77.
- Levin, L.A., Gage, J.D., 1998. Relationships between oxygen, organic matter and the diversity of bathyal macrofauna, *Sea. Deep-Sea Research II* 45, 129-163.
- Levin, L.A., Gage, J.D., Martin, C., Lamont, P., 2000. Macrobenthic community structure withing beneath the oxygen minimum zone, NW Arabian Sea. *Deep-Sea Research II* 47, 189-226.
- Levinton, J.S., 2001. Benthic Life Habits Marine In: Levinton, J. S., *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. Second Edition. Oxford University Press, pp 277-291.
- MacDonald, I.R., Bohrmann, G., Escobar, E., Abegg, F., Blanchon, P., Blinova, V., Brückmann, W., Drews, M., Eisenhauer, A., Han, X., Hesschen, K., Meier, F., Mortera, C., Naehr, T., Orcutt, B., Brook, J., de Faragó, M., 2004. Asphalt vulcanism and chemosynthetic life in the Campeche knolls, Gulf of Mexico. *Science*, 304 (5673), 999-1002.
- Margalef, R., 1993. *Teoría de los sistemas ecológicos*. Universidad de Barcelona, 25-24.
- Martínez, R.M.L., 2007. Estructura del macrobentos abisal y su variación en presencia de un domo salino en el Golfo de México. Tesis de Maestría en Biología Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 100 pp.
- Milkov, A.V., Sassen, R., 2000. Thicknees of the gas hydrate stability zone, Gulf of Mexico continental slope. *Marine and Petroleum Geology*, 17, 981-991.
- Monreal-Gómez, M.A., Salas-de-León, D., Velasco-Mendoza, H., 2004. La hidrodinámica del Golfo de México En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra. E., (Comp.), *Diagnostico ambiental del Golfo de México*. Vol. 1, Instituto Nacional de Ecología, México. 627 pp.
- Muñiz, I.C.G., 2001. Variación de la estructura comunitaria de la infauna macrobéntica en el gradiente batimétrico del sector occidental del escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 79pp.

- Newman, W.L., Parker, L.P., Behrens, E.W., 1973. Organic Carbon isotope ratios in Quaternary cores from the Gulf of Mexico. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37, 225-238.
- Perés, J.M., 1961. *Océanographie Biologique et biologie marine. Tome I. La vie benthique.* Presses Univ. France, 538pp.
- Plaza-Reséndiz, I.P., 2006. Variación de la estructura comunitaria benthica de la planicie abisal del Golfo de México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ponce, N.F., 2009. Caracterización acústica del relieve batimétricos de los diapiros salinos profundos de la sonda de Campeche del Golfo de México. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM. 109 pp
- Richardson, M.D., Briggs, K.B., Young, D.K., 1985. Effects of biological activity by abyssal benthic macroinvertebrates on a sedimentary structure in the Venezuela Basin. *Marine Geology*, 68, 243-267.
- Richardson, M.D., Young, D.K., 1987. Abyssal benthos of the Venezuela Basin, Caribbean Sea: standing stock considerations. *Deep-Sea research*, (34), 2, 145-164.
- Rowe, G.T., Menzel, D., 1971. Quantitative benthic samples from the deep Gulf of Mexico with some comments on the measurement of deep-sea biomass. *Bulletin of Marine Science* 21, 556-566.
- Rowe, G.T., Polloni, P.T., Horner, S.G., 1974. Benthic biomass estimates from the northwestern Atlantic Ocean and the northern Gulf of Mexico. *Deep-Sea Research*, 21, 641-650.
- 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.
- Rowe, G.T., Kennicutt C.M., 2008. Introduction to Deep Gulf of Mexico Benthos Program. *Deep-Sea Research II*, 55, 2636-2540.
- Salas, H.J., 2005. Importancia en el tamaño de malla sobre la estructura comunitaria de la macrofauna de mar profundo en el Golfo de México. Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 65 pp.

- Sanders, H. L., Hessler, R. R., 1969. Ecology of the deep-sea benthos. *Science*, Washintong 163, 1419-1424.
- Sassen, R., Roberts, H.H., Carney, R., Milkov, A.V., DeFreitas, D.A., Lanoil, B., Zhang, C., 2004. Free hydrocarbon gas, gas hydrate, and authigenic minerals in chemosynthetic communities of the northern Gulf of Mexico continental slope: relation to microbial processes. *Chemical Geology*, 205, 195-217.
- Sassen, R., Joye, S., Sweet, S.T., DeFreitas, D.A., Milkov, A.V., MacDonal, I.R., 1999. Termogenic gas hydrates and hydrocarbon gases in complex chemosynthetic communities, Gulf of Mexico continental slope. *Organic Geochemistry*, 30, 485-497.
- Signoret, M., Bulit, C., Pérez, R., 1998. Patrones de la distribución de la clorofila a y la producción primaria en aguas del Golfo de México y del Mar Caribe. *Hidrobiológica*. UAM, 8 (2), 81-88.
- Signoret, M., Aldeco, J., Barreiro, M.T., 2006. Variabilidad de perfiles de clorofila a obtenidos por fluorescência natural en el oeste y centro del Golfo de México en Junio de 1999. *Hidrobiológica* 16 (3), 221-232.
- Smith, C.R., Levin, L. A., Mullineaux, L.S., 1998. Deep-sea biodiversity a tribute to Robert R. Hessler. *Deep Sea Research*, 2 (45), 1-11.
- Somerfield, P.J., Warwick, R.M., Moens, T., 2005. Meiofauna Techniques. In: Eleftheriou, A., McIntyre, A.D., (Eds). *Methods for the study or marine benthos*, 3th edition Oxford, 418 pp.
- Soto, L.A., Sánchez-García, S., López-Veneroni, D., 2004. Ambientes influidos por emanaciones naturales de hidrocarburos y gas en el suroeste del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México pp. 51-58
- Stuart, C.T., Martínez, A.P., Smith, C.R., Molodtsova, T., Brandt, A., Etter, R.J., Escobar-Briones, E., Fabri, M., Rex, M.A., 2008. CeDAMar global database of abyssal biological sampling. *Aquatic Biology*, 4, 143-145
- Van de Meer, J., Heip, C.H., Herman, P.J.M., van Oeleven, D., 2005. Measuring the flow of energy and matter in marine benthic animal populations In: Eleftheriou, A., McIntyre, A.D., (Eds). *Methods for the study or marine benthos*, 3th edition Oxford, 418 pp.

- Vetter, E.W., Dayton, P.K., 1998. Macrofaunal communities within and adjacent to a detritus-rich submarine canyons system. *Deep Sea Research*, 2 (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., Hernandez, A.F., 1990. Atlas oceanográfico del Golfo de México. Vol. 2. Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos, México, 415pp.
- Wei, C-L., Rowe, G.T., Escobar-Briones, E., Boetius, A., Soltwedel, T., *et al.*, 2010. Global patterns and predictions of seafloor biomass using random forest. *PLoS ONE* 5(12): e15323. doi:10.1371/journal.pone.0015323.
- Wei, C-L., Rowe, G. T., Escobar-Briones, E., Nunnally C., Soliman, Y., 2011 en revisión. Standig stocks and body size of deep-sea macrofauna: a baseline prior to the 2010 BP oil spill in the northern Gulf of Mexico.
- Yeager, K.M., Santschi, P.H., Rowe, G.T., 2004. Sediment accumulation and radionuclide inventories (<sup>239,240</sup>Pu, <sup>210</sup>Pb and <sup>234</sup>Th) in the northern Gulf of Mexico, as influenced by organic matter and macrofaunal density. *Marine Chemistry*, 91, 1-14

## Apéndice I

Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) de la macroinfauna béntica de cada grupo. Estaciones E-1 a E-9.

TAXA	E-1( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-2( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-3( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-4( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-5( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-6( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-7( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-8( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-9( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17
Foraminífero	0.42±0.72	0.42±0.59	0.50±0.19	1.25±1.42	0.33±0.19	0.25±0.23	0.92±1.40		0.63±0.54
Esponja	0.34±0.59	1.53±2.43	1.22±1.12	0.41±0.56	0.82±1.82	1.02±1.44	0.41±0.56	6.11±7.49	1.27±1.93
Hidroide									
Anémona						0.25±0.56			
Turbelario									
Nemertino		0.10±0.21							
Kinorrinco									
Nemátodo	0.54±0.24	0.31±0.20	0.33±0.18	1.63±2.14	0.33±0.18	0.65±0.55	1.39±1.34	0.51±0.20	0.71±0.20
Priapulido						0.08±0.19	0.08±0.19		
Sipuncúlido		0.17±0.33							
Poliqueto	0.65±0.65	1.14±0.97	0.65±0.65	3.12±5.16	0.52±0.29	1.04±0.58	1.04±0.74	1.14±1.34	1.79±1.62
Oligoqueto	0.70±0.24	0.31±0.21	0.25±0.23	0.17±0.23	0.17±0.23	0.17±0.23	1.34±1.16		1.46±1.58
Decápodo	0.14±0.24								
Cumáceo						0.07±0.15			
Tanaidáceo	0.12±0.21	0.65±0.82	0.22±0.33	1.11±1.38	0.07±0.017	0.07±0.17	1.48±1.92		2.22±3.26
Isópodo	0.42±0.72	0.10±0.21	0.17±0.23	0.84±1.42	1.34±0.69	0.58±1.31	0.75±1.23	0.10±0.21	0.31±0.40
Anfípodo						1.15±1.34		0.14±0.29	
Copépodo	0.42±0.00	0.94±1.20	0.25±0.23	0.42±0.51	0.42±0.00	0.58±0.37	1.09±1.23	0.84±0.84	0.63±0.54
Ostrácodo		0.21±0.42	0.08±0.19	0.17±0.23	0.08±0.19	0.25±0.23	0.17±0.23	0.31±0.63	0.21±0.24
Ácaro						0.08±0.19	0.08±0.19		
Aplacóforo	0.97±1.68						0.29±0.40		0.18±0.36
Gasterópodo				0.09±0.19					0.11±0.22
Bivalvo		1.62±0.82	0.78±0.47	1.04±1.61	0.26±0.24	1.04±1.36	0.26±0.58	0.11±0.22	
Escafópodo					0.61±1.37				
Forónido									

*Variabilidad de la biomasa de la comunidad bentónica de la macroinfauna de la planicie abisal Sigsbee en el sector central del Golfo de México.*

Briozoario		0.63±1.25		0.75±0.75	0.17±0.23	0.25±0.23	0.33±0.54	0.21±0.24	0.31±0.21
Equinodermo									
Holoturoideo						0.05±0.11	0.05±0.11		
Enteropneuston			0.08±0.19						
Protocordado									
Ascidias						0.33±0.75			

**Continuación: Apéndice I**

**Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) de la macroinfauna béntica de cada grupo. Estaciones E-10 a E-16b; se presenta en "negritas" el valor de biomasa (en la estación E-13) incluyendo la esponja de gran tamaño.**

TAXA	E-10( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-11( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-12( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-13( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-14( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-15( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-16( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17	E-16b( $\bar{x}\pm\sigma$ ) n=17
Foraminífero	1.75±1.60		0.17±0.23	0.50±0.46	0.08±0.19	1.34±0.75	0.50±0.46	1.59±2.67
Esponja	0.41±0.91		0.20±0.43	<b>299.00±666.87</b>			12.03±25.76	4.28±4.29
Hidroide	0.08±0.19		0.08±0.19			0.08±0.19		
Anémona						0.08±0.19	0.08±0.19	
Turbelario		0.08±0.20		0.08±0.19				
Nemertino					0.08±0.19			
Kinorrinco		0.08±0.19	0.08±0.19					
Nemátodo	0.90±0.88	0.49±0.18	0.90±0.78	0.41±0.00	1.22±0.96	0.82±0.71	0.90±0.67	0.57±0.46
Priapulido			0.17±0.37	0.33±0.54	0.08±0.19			
Sipuncúlido	0.66±1.48							
Poliqueto	1.17±1.55	0.26±0.36	3.90±5.22	2.08±2.07	1.43±1.07	1.56±1.27	2.73±3.60	0.65±0.92
Oligoqueto	0.50±0.69	0.67±0.96	0.33±0.75	0.67±0.37	0.84±0.98	0.25±0.23	0.42±0.30	0.58±0.63
Decápodo								
Cumáceo				0.07±0.15	0.07±0.15		0.76±1.69	

*Variabilidad de la biomasa de la comunidad bentónica de la macroinfauna de la planicie abisal Sigsbee en el sector central del Golfo de México.*

Tanaidáceo		0.59±0.93	0.07±0.17	0.07±0.17		0.07±0.17	0.07±0.17	0.22±0.33
Isópodo						0.08±0.19	0.08±0.19	
Anfípodo	0.69±1.24							
Copépodo	0.50±0.19	0.42±0.00	1.09±1.27	0.33±0.19	1.42±1.61	0.42±0.00	2.59±2.67	0.84±0.98
Ostrácodo	0.17±0.23	0.08±0.19	0.67±1.27	0.33±0.19	0.08±0.19	0.58±0.81	0.08±0.19	
Ácaro				0.17±0.37				
Aplacóforo	0.15±0.32			0.29±0.65		0.15±0.32	1.02±1.89	0.73±1.62
Gasterópodo	0.09±0.19		0.78±0.94				0.09±0.19	0.26±0.58
Bivalvo	0.09±0.19	0.26±0.24	0.09±0.19	0.26±0.39	0.35±0.36	0.26±0.39	0.17±0.24	
Escafópodo								
Forónimo		0.42±0.93						
Briozoario	0.17±0.23	0.08±0.19		0.08±0.19		0.42±0.30		
Equinodermo				0.08±0.19			0.08±0.20	
Holoturoideo								
Enteropneuston								
Protocordado							0.08±0.20	
Ascidias								



## Apéndice II

Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$  en cada phylum encontrados en las muestras ( $n=17$ ) de la macroinfauna en la planicie abisal de Sigsbee.

Phylum	Biomasa $\text{mg Cm}^{-2}$ ( $\bar{x} \pm \sigma$ )	Phylum	Biomasa $\text{mg Cm}^{-2}$ ( $\bar{x} \pm \sigma$ )
Sarcomastigophora	3.02±2.79	Annelida	9.40±5.24
Porifera	8.57±15.01	Arthropoda	8.89±4.68
Cnidaria	0.20±0.37	Mollusca	3.40±1.91
Platyhelminthes	0.05±0.14	Phoronida	0.12±0.51
Nemertea	0.05±0.14	Ectoprocta	0.93±1.07
Kinorhyncha	0.05±0.14	Echinodermata	0.08±0.15
Nematoda	3.55±2.02	Emichordata	0.05±0.14
Priapula	0.22±0.45	Chordata	0.10±0.41
Sipuncula	0.23±0.81		

### Apéndice III

Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) por phylum en cada localidad perteneciente a los 2 grupos.

Grupo	Localidad	Phyla							
		Sarcomastigophora	Porifera	Cnidaria	Platyhelminthes	Nemertea	Kinorhyncha	Nematoda	Priapula
1	E-11				0.08±0.19		0.08±0.19	0.49±0.18	
	E-14	0.08±0.19				0.08±0.19		1.22±0.96	0.08±0.19
	E-12	0.17±0.23	0.20±0.46	0.08±0.19			0.08±0.19	0.90±0.78	0.17±0.37
	E-16	0.50±0.46	12.03±25.76	0.08±0.19				0.90±0.67	
	E-15	1.34±0.75		0.17±0.23				0.82±0.71	
	E-10	1.75±1.60	0.41±0.91	0.08±0.19				0.90±0.88	
	E-2	0.42±0.59	1.53±2.43				0.10±0.21	0.31±0.20	
	E-13	0.50±0.46	1.02±0.72		0.08±0.19			0.41±0.00	0.33±0.54
	E-6	0.25±0.23	1.02±1.44	0.25±0.56				0.65±0.55	0.08±0.19
2	E-8		6.11±7.49					0.51±0.20	
	E-7	0.92±1.40	0.41±0.56					1.39±1.34	0.08±0.19
	E-9	0.63±0.54	1.27±1.93					0.71±0.20	
	E-5	0.33±0.19	0.82±1.82					0.33±0.18	
	E-4	0.125±1.42	0.41±0.56					1.63±2.14	
	E-3	0.50±0.19	1.22±1.12					0.33±0.18	
	E-16b	1.59±2.67	4.28±4.29					0.57±0.46	
	E-1	0.42±0.72	0.34±0.59					0.54±0.24	

**Continuación: Apéndice III**

Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) de la biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) por phylum en cada localidad perteneciente a los 2 grupos.

Grupo	Localidad	Phyla								
		Sipuncula	Annelida	Arthropoda	Mollusca	Phoronida	Ectoprocta	Echinodermata	Emichordata	Chordata
1	E-11		0.93±0.79	1.09±1.11	0.26±0.24	0.42±0.33	0.08±0.19			
	E-14		2.26±1.07	1.57±1.73	0.35±0.36					
	E-12		4.23±4.95	1.91±1.51	0.87±1.10					
	E-16		3.15±3.38	3.59±2.39	1.28±1.98			0.08±0.19	0.08±0.19	
	E-15		1.81±1.22	1.16±0.91	0.41±0.40		0.42±0.30			
	E-10	0.66±1.48	1.67±1.66	1.36±1.12	0.32±0.31		0.17±0.23			
	E-2	0.17±0.33	1.45±1.06	1.90±1.36	1.62±0.82		0.63±1.25			
	E-13		2.75±2.15	0.98±0.48	0.55±0.62		0.08±0.19	0.08±0.19		
	E-6		1.21±0.71	2.79±0.95	1.04±1.36		0.25±0.23	0.05±0.11		0.33±0.75
2	E-8		1.14±1.34	1.40±1.32	0.11±0.22		0.21±0.24			
	E-7		2.38±1.19	3.57±2.86	0.55±0.55		0.33±0.54	0.05±0.11		
	E-9		3.25±3.15	3.37±2.46	0.29±0.58		0.31±0.21			
	E-5		0.69±0.24	1.91±0.69	0.87±1.48		0.17±0.23			
	E-4		3.29±5.30	2.53±1.47	1.13±1.80		0.75±0.75			
	E-3		0.90±0.69	0.72±0.82	0.78±0.47				0.08±0.19	
	E-16bis		1.23±0.99	1.06±1.30	0.99±1.58					
	E-1		1.35±0.87	1.10±0.63	0.97±1.68					

## Apéndice IV

Relación de valores de biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) con los valores de los factores ambientales en la columna de agua en cada localidad. Abreviaturas: Chl  $\alpha$ : Clorofila  $\alpha$ ; N-NH<sub>3</sub>: Amonio; Si-SO<sub>4</sub>: Silicatos; N-NO<sub>2</sub>: Nitritos; N-NO<sub>3</sub>: Nitratos.

Estación	Biomasa $\text{mg Cm}^{-2}$	Chl $\alpha$ $\mu\text{g Chl } \alpha \text{ L}^{-1}$	Si-SiO <sub>4</sub> $\mu\text{M.L}^{-1}$	N-NO <sub>2</sub> $\mu\text{M.L}^{-1}$	N-NO <sub>3</sub> $\mu\text{M.L}^{-1}$
E-1	4.71	0.005	21.94	0.10	21.62
E-2	8.12	0.023	19.40	0.07	17.83
E-3	4.45	0.004	22.42	0.09	21.57
E-4	10.98	0.001	22.10	0.13	21.55
E-5	5.11	0.001	21.87	0.10	21.76
E-6	7.93	0.001	21.57	0.13	21.67
E-7	9.67	0.002	22.37	0.25	21.50
E-8	9.48	0.001	21.46	0.16	21.05
E-9	9.83	0.002	21.94	0.33	20.97
E-10	7.32	0.001	23.27	0.13	21.41
E-11	3.44	0.001	21.02	0.41	21.17
E-12	8.61	0.001	14.16	0.10	21.68
E-13	6.79	ND	8.00	0.22	16.26
E-14	5.66	0.002	21.75	0.81	22.26
E-15	6.11	0.002	21.58	0.40	21.02
E-16	21.69	0.001	20.44	0.07	15.28
E-16b	9.72	0.001	21.88	0.22	21.41

## Apéndice V

Relación de valores promedio de biomasa ( $\text{mg Cm}^{-2}$ ) con los valores promedio de los factores ambientales en sedimento en cada localidad. Abreviaturas: %C<sub>org</sub>: Contenido de Carbono Orgánico; %N<sub>org</sub>: Contenido de Nitrógeno Orgánico; C:N: Relación de Carbono y Nitrógeno Orgánicos; Chl  $\alpha$ : Concentración de Clorofila.

Estación	Biomasa $\text{mg Cm}^{-2}$	% Limos	% Limos gruesos	% Arena muy fina	% C	% N	C:N	Chl $\alpha$ $\mu\text{gm}^{-2}$
E-1	4.71±1.91	49.1±18.3	44.4±16.8	6.4±5.1	1.17±0.03	0.13±0.00	9.01±0.12	41.15±2.08
E-2	8.12±5.63	66.8±16.0	24.3±9.4	8.9±6.6	1.42±0.03	0.17±0.00	8.58±0.30	44.71±0.23
E-3	4.45±1.00	38.8±35.3	52.8±41.7	8.4±7.7	1.49±0.01	0.13±0.00	11.27±0.22	70.03±0.59
E-4	10.98±5.50	34.7±32.1	39.8±8.4	12.1±9.0	1.57±0.00	0.18±0.00	8.80±0.05	65.72±0.32
E-5	5.11±2.53	69.7±13.5	28.2±9.9	2.1±3.6	1.25±0.01	0.11±0.00	11.88±0.00	58.63±0.87
E-6	7.93±2.07	68.4±6.3	30.9±5.7	0.7±1.2	0.96±0.00	0.12±0.00	7.84±0.10	146.02±1.72
E-7	9.67±4.33	73.0±2.1	26.4±1.7	0.5±0.7	1.10±0.01	0.13±0.00	8.40±0.05	197.55±1.67
E-8	9.48±8.60	53.8±47.0	46.2±47.0		1.20±0.04	0.14±0.00	8.75±0.05	123.36±0.88
E-9	9.83±2.73	50.6±44.0	49.4±44		1.57±0.01	0.17±0.00	9.08±0.00	32.65±1.58
E-10	7.32±2.49	87.1±2.9	12.9±2.9		1.31±0.08	0.13±0.001	9.77±0.06	56.89±0.37
E-11	3.44±1.67	75.4±9.7	24.6±9.7		1.09±0.07	0.13±0.00	8.54±0.57	146.51±1.01
E-12	8.61±4.57	59.1±2.1	34.3±5.8	6.6±6.3	0.98±0.001	0.09±0.00	11.20±0.12	170.64±1.20
E-13	6.79±3.04	46.8±8.2	39.6±6.7	13.5±5.0	1.37±0.005	0.15±0.00	9.15±0.33	118.14±0.32
E-14	5.66±3.31	52.9±15.5	36.4±9.5	10.5±12.4	0.93±0.00	0.11±0.00	8.31±0.03	68.08±0.62
E-15	6.11±2.86	53.1±5.7	40.5±0.3	6.4±5.5	1.01±0.04	0.12±0.01	8.20±0.37	45.08±0.40
E-16	21.69±24.46	54.1±3.1	40.9±2.8	5.0±2.6	1.05±0.02	0.12±0.00	8.49±0.28	66.64±0.80
E-16bis	9.72±6.74	64.6±10.4	31.4±9.1	4.0±4.2	1.49±0.04	0.16±0.01	9.44±0.20	73.90±0.28

*“El éxito es aprender a ir de fracaso en fracaso sin desesperarse”*