



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Laboratorio de Biodiversidad y Macroecología**

**Variabilidad de la riqueza biológica,
densidad y biomasa en la macrofauna
bentónica de la planicie abisal del Golfo de
México.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I O L O G A

P R E S E N T A

PAULINA VALERIA GUARNEROS NARVÁEZ



DIRECTORA DE TESIS: DRA. ELVA ESCOBAR BRIONES

MARZO 2014



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

- ⊕ A la institución que me ha formado como profesionalista, la Universidad Nacional Autónoma de México.
- ⊕ Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM por las facilidades de infraestructura y logística durante el desarrollo del presente trabajo.
- ⊕ A la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.
- ⊕ Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada PAPITT IN207410 para la conclusión del presente trabajo.
- ⊕ El muestreo y obtención de datos provienen de la campaña oceanográfica Sigsbee12 realizada en Junio–Julio del 2009 a bordo del B/O Justo Sierra de la UNAM. El financiamiento del tiempo de barco para la realización de esta campaña fue cubierta por la Universidad Nacional Autónoma de México.
- ⊕ A la jefa de campaña Sigsbee 12 – 2009, Dra. Elva Escobar Briones, ICMYL, UNAM y participantes.
- ⊕ A la tripulación del B/O Justo Sierra UNAM, por su apoyo en las maniobras realizadas a bordo para la recolección de muestras.
- ⊕ A la Dra. Elva Escobar–Briones por su apoyo, paciencia y orientación para la realización del presente trabajo.
- ⊕ A los miembros del jurado: Dr. José Luis Gómez Márquez, M. en C. Armando Cervantes Sandoval, Dr. Isaías H. Salgado Ugarte y Biól. José Luis Guzmán Santiago por las revisiones y sugerencias para el presente trabajo y su apoyo.
- ⊕ A mis compañeros del laboratorio de “Biodiversidad y Macroecología” del ICMYL: León Álvarez, Adriana Gaytán, Balam Jiménez, Leticia Jiménez, Myrna Martínez e Ivette Arredondo.

Dedicatoria

A mis padres Lili y Manuel por todo su amor, paciencia y comprensión. Por ser mis guías en este mundo. Gracias a su apoyo incondicional, sacrificios y confianza que me han brindado hoy concluyo una etapa de mi vida. GRACIAS por impulsarme siempre a ser mejor ¡LOS AMO!

A mis abuelos Doña Ernestina y Don Filemón por ser la base de la familia, enseñarnos con el ejemplo el valor de ésta y a siempre superarlos. ¡Son mi Adoración! GRACIAS.

A mi hermano Luis por compartir conmigo tantas experiencias y hacerme saber que siempre puedo contar contigo. ¡TE QUIERO Chango!

A Jorge por hacerme tan feliz. Apoyarme en todo momento y decisión que he tomado. Por ser mi cómplice, levantarme cuando me he caído y simplemente por estar a mi lado. ¡Te AMO!

A mis tíos Blanca y Jorge; Paty y Gerardo; Marco y Deyanira; Claudia y Leonardo; a mis primates por ser parte de mi vida y, a pesar de la distancia, demostrarme que siempre puedo contar con ustedes. Con mucho cariño.

A mis amigos de la carrera Chinitos, Poala, Yadi, Peter, Chicharín, Barush, Chava, Flaco, Nefisisim, por compartir conmigo su amistad, desvelos, frustraciones y alegrías.

A la familia Cadena por apoyarme desde que los conocí y abrirme las puertas de su casa.

A Eloisa Guerra, Bertha Peña, José Luis Gómez, José Luis Guzmán y Carlos Catillejos por guiarme en la carrera.

Índice

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	6
3. OBJETIVOS	8
4.1 Objetivo general	8
4.2 Objetivos particulares	8
4. ÁREA DE ESTUDIO	9
4.1 Sitio de muestreo	12
5. MÉTODO	14
5.1 Trabajo de campo	14
5.1.1 Muestreo de macrobentos y sedimento	14
5.2 Trabajo de laboratorio	15
5.2.1 Factores ambientales	15
5.2.2 Muestras biológicas	16
5.2.3 Estructura del macrobentos	16
5.3 Análisis de resultados	17
6. RESULTADOS	18
6.1 Factores ambientales	18
<i>Tamaño de grano</i>	18
<i>Análisis elemental carbono orgánico y nitrógeno</i>	18
<i>Análisis de clorofila</i>	18
6.2 Estructura del macrobentos	20
<i>Composición taxonómica</i>	20
<i>Riqueza taxonómica</i>	21

<i>Densidad</i>	24
<i>Biomasa</i>	27
6.3 Relación de los factores ambientales y la estructura de la macrofauna	30
<i>Análisis de Redundancia</i>	30
7. DISCUSIÓN.....	31
7.1 Factores ambientales	31
<i>Tamaño de grano</i>	31
<i>Composición elemental</i>	32
Clorofila <i>a</i>	33
7.2 Estructura de la macrofauna	34
<i>Composición taxonómica.</i>	34
<i>Densidad</i>	36
<i>Biomasa</i>	36
8. CONCLUSIONES	38
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40
Apéndice I. Valores obtenidos de los factores ambientales de las estaciones muestreadas.....	55
Apéndice II. Matriz de similitud Bray-Curtis para riqueza taxonómica.....	56
Apéndice III. Valores de la abundancia (ind. 0.0785 m ⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa.	57
Apéndice IV. Valores de la densidad (ind.m ⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa.....	59
Apéndice V. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (s) de la densidad (ind.m ⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa.....	62
Apéndice VI. Matriz de similitud Bray-Curtis para densidad (ind.m ⁻²).....	64
Apéndice VII. Valores del peso húmedo fijo (mg phf 0.0785 m ⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa.	65
Apéndice VIII. Valores del phf (mg m ⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa.	67
Apéndice IX. Valores de biomasa (mg C m ⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa.	69

Apéndice X. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (s) de la biomasa (mg C m^{-2}) de la macrofauna bentónica de cada taxa.....	71
Apéndice XI. Valores de las constantes de transformación de biomasa propuestas por Rowe (1983) utilizadas.	73
Apéndice XII. Matriz de similitud Bray-Curtis para biomasa (mg C m^{-2}).	74
Apéndice XIII. Valores del porcentaje de afinidad de los factores ambientales y p.	75
Apéndice XIV. Familias de poliquetos determinados por estación.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Mapa del Golfo de México. b) Provincias fisiográficas del Golfo de México, (tomado de Bouma, 1972, 35-65 p.)	11
Figura 2. a) Localización del área de estudio de la campaña Sigsbee 12. b) Acercamiento de los puntos de muestreo. Estaciones marcadas con punto rojos.	13
Figura 3. a) Porcentaje de las tres clases reconocidas de tamaño de grano: arena, limo y arcilla. b) Porcentaje de Carbono orgánico (C) y Nitrógeno (N). c) Proporción C/N. d) Clorofila (Chl a en µg/l) presentes en las estaciones muestreadas en la Campaña Sigsbee 12 en el Golfo de México.	19
Figura 4. Variación de los valores promedio por estación de la riqueza taxonómica de la macrofauna bentónica de las estaciones muestreadas en la campaña Sigsbee 12.	22
Figura 5. Dendograma obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis por la similitud en la riqueza taxonómica de las estaciones muestreadas en Sigsbee12.	23
Figura 6. Variación de los valores promedio por estación de la densidad (n=16), expresada en individuos por 0.007 m ² para las 12 estaciones de muestreo del macrobentos del Golfo de México, campaña Sigsbee 12.	25
Figura 7. Valores de densidad promedio por taxón reconocidos en las estaciones muestreadas en el Golfo de México, campaña Sigsbee 12.	25
Figura 8. Dendograma obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis por la similitud en la densidad de las estaciones muestreadas en Sigsbee12.	26
Figura 9. Variación de los valores promedio por estación de la biomasa, expresada en mg C m ⁻² para las 12 estaciones de muestreo del macrobentos del Golfo de México, campaña Sigsbee 12.	28
Figura 10. Valores de biomasa relativa por taxa reconocidos en las estaciones muestreadas en el Golfo de México, campaña Sigsbee 12.	28
Figura 11. Dendograma obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis para la similitud en la biomasa (mg C m ⁻²) de las estaciones muestreadas en Sigsbee 12.	29
Figura 12. Gráfica de doble proyección del análisis de redundancia (RDA) de la comunidad bentónica abisal del Golfo de México. Los factores ambientales se presentan como vectores. Abreviaturas: (ESPO) Esponjas; (ANEM) Anémonas; (GAST) Gastrotrichia; (NEMA) Nemátodos; (POLI) Poliquetos; (OLIG) Oligoquetos; (CUMA) Cumáceos; (TANA)= Tanaidáceos; (ISOP) Isópodos; (ANFI) Anfípodos; (COPE) Copépodos; (APLA) Aplacóforos; (GAST) Gasterópodos; (BIVA) Bivalvos; (SCAF) Escafópodos; (FORO) Foronídeos.	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de réplicas, referencia geográfica y profundidad por estación de muestreo de la campaña Sigsbee 12. ...	12
Tabla 2. Grupos taxonómicos identificados de las muestras de macrofauna bentónica de la Campaña Sigsbee 12. La clasificación sigue la clasificación de Brusca y Brusca (2003), para crustáceos a Martin y Davis (2001), para poliquetos a Salazar-Vallejo <i>et al.</i> , 1988. Abreviaturas: (N.C.) Nombre Común.....	20
Tabla 3. Phyla de macrofauna bentónica identificados por estación de muestreo de la Campaña Sigsbee 12.	21
Tabla 4. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (S) de la riqueza taxonómica por estación muestreada en la campaña Sigsbee 12.....	22
Tabla 5. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (S) de la densidad por estación muestreada.	24
Tabla 6. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (S) de la biomasa por estación muestreada.	27

RESUMEN

El presente estudio describe el hábitat y la variabilidad de la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la macrofauna bentónica abisal (3433 a 3761 m de profundidad) en una porción de la planicie abisal del Golfo de México. El material se obtuvo de las colectas correspondientes a la campaña oceanográfica Sigsbee 12 realizada en Junio-Julio del 2009 a bordo del B/O *Justo Sierra*, UNAM. Se registró un sedimento de tipo limo-arcilloso con materia orgánica (MO) reciente o fresca. Los factores ambientales (tamaño de grano, carbono orgánico, nitrógeno, proporción C/N y pigmentos cloroplásticos - expresados como clorofila *a*) no mostraron variabilidad lo cual se debe al origen del aporte sedimentario por parte del Río Mississippi (97%). Se registró un total de 292 organismos pertenecientes a ocho phyla, siendo los nemátodos el taxón dominante y presente en todas las estaciones, seguido por los nemátodos y los copépodos harpacticoides. No se presentó variación significativa entre las estaciones respecto a la riqueza taxonómica y la densidad. Los taxa que contribuyeron con mayor aporte a la densidad fueron los poliquetos (34%), los nemátodos (22%) y los copépodos harpacticoides (14%). Respecto a la biomasa se encontró diferencias significativas (ANOVA $F= 2.83$, $p=0.0170$) y las esponjas fueron el taxón con mayor aporte a la biomasa. Los factores condicionantes para la comunidad macrobéntica fueron el C_{org} , N y la Chl *a*, afectando la presencia o ausencia de los grupos taxonómicos, a excepción de los tanaidáceos, cumáceos y gasterópodos los cuales no mostraron afinidad alguna.

1. INTRODUCCIÓN

El mar profundo es la zona batimétrica que se ubica a más de 200 m de profundidad; cubre cerca de dos tercios de la superficie del medio marino y es por mucho, el ecosistema más extenso de nuestro planeta (Rex, 1981). Prácticamente en la Zona Económica Exclusiva de México esta zona ocupa el 85%. Los hábitats que encontramos en el mar profundo se caracterizan por una productividad biológica baja, energía física relativamente baja (corrientes de velocidades <0.25 nudos), tasas biológicas reducidas por la baja temperatura (2 a 4°C) y un aporte alimentario limitado (1 a 10 g C m⁻² año⁻¹), donde el principal componente es el fitodetrito (Lara-Lara *et al.* 2008).

El 70% de los fondos marinos son, en su mayor parte sedimentarios (Wilson, 1991; Snelgrove, 1999) y se caracterizan por presentar una diversidad de especies extremadamente alta en cualquier latitud y profundidad (Etter y Grassle, 1992; Grassle y Maciolek, 1992; Thrush y Dayton, 2002).

Los organismos asociados a los fondos marinos se definen como bentos. El bentos está constituido por todas aquellas especies que viven en relación íntima con el fondo, ya sea para fijarse en él, excavarlo, marchar sobre su superficie o nadar en sus vecindades sin alejarse de él. El bentos, como gran comunidad ecológica se extiende en el mar desde la zona litoral hasta las grandes profundidades y está representado por casi todos los Phyla del reino animal los cuales muestran una amplia diversidad en tamaños, formas de vida, alimentación y comportamiento. La mayoría de los organismos bénticos poseen movilidad escasa, debido a esto, responden rápidamente a las perturbaciones (Guzmán-Alvis *et al.*, 2001). El conocimiento de las especies bénticas es importante ya que éstos llevan a cabo numerosas funciones ecológicas (Rafaelli *et al.*, 2003) como la remineralización del 52% de la materia orgánica mineralizada en el mar (Middleburg *et al.*, 1997). Su importancia tiene que ver con el papel que juega en los ciclos biogeoquímicos del planeta y servicios ecosistémicos que ofrece (Escobar-Briones, 2004).

La fauna bentónica de mar profundo puede dividirse en categorías basadas en el hábitat, tamaño individual y taxonomía (Thiel, 1975). Con base en su posición en el sustrato se dividen en *epifauna* e *infauna*. La *epifauna* es aquella que vive sobre la superficie del fondo y la *infauna* es la que habita dentro del sustrato (Nybakken, 1993). Con base en la talla se dividen en megafauna, macrofauna, meiofauna y microfauna. La ***megafauna*** se define como aquellos animales epibénticos que son visibles en fotografías del mar profundo (Grassle *et al.*, 1975). La fracción considerada como ***macrofauna*** está constituida por pequeños metazoarios que representan la mayoría de los Phyla de invertebrados marinos (Sanders *et al.*, 1965) retenidos en mallas de 125 µm a 2.0 mm de apertura (Levinton, 1982); es en esta fracción en la que se enfoca el presente estudio. La ***meiofauna***, son metazoarios que se retienen en mallas de 42 a 100 µm de apertura. Y la ***microfauna*** se encuentra constituida por bacterias y levaduras (Levinton, 1982).

Uno de los factores condicionantes de la vida bentónica es el aporte de materia orgánica de aguas superficiales al fondo. La calidad y cantidad de la materia orgánica suelen disminuir de forma exponencial a medida que la profundidad y la distancia de la costa aumenta (Rowe y Staresinic, 1979; Berelson, 2002). La cantidad de materia orgánica depositada en los fondos puede influir en múltiples atributos de la comunidad bentónica, incluyendo: el tamaño del organismo (Thiel, 1975; Josefson y Rasmussen, 2000), composición de la fauna (Carney, 2005), trofodinámica, estructura y organización comunitaria (Rex *et al.*, 2005), entre otros. Los animales bentónicos que habitan en el mar profundo se han adaptado a la disminución del aporte de materia orgánica. La macro y meiofauna muestran una tendencia hacia la disminución del tamaño corporal (miniaturización) con la creciente profundidad, como lo propuso Thiel (1975 y 1979).

La concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua es un factor limitante para la vida marina. Los cambios en el OD afectan de diferentes maneras a las especies. La abundancia de los metazoarios también disminuye a medida que el OD disminuye hacia el interior de los sedimentos. Los cambios en la temperatura también afectan la concentración de oxígeno, y ambos modifican los requerimientos metabólicos de los organismos (Fenchel y Riedl, 1970). En el Golfo de México (GdM) el oxígeno disuelto es acarreado hacia las regiones más profundas por la circulación y hundimiento de agua bien oxigenada proveniente de la Antártica. Generalmente el piso marino está saturado de oxígeno ya que esta agua fluye lentamente de las latitudes altas a las bajas sobre el fondo

marino. Las aguas que poseen menor concentración de OD son aquellas que están a profundidades cercanas a los 1000 m (Ingmanson y Wallace, 1989).

La salinidad es más estable en los fondos marinos, por lo que las poblaciones de organismos bentónicos, en general, no se ven afectadas por este parámetro (Ingmanson y Wallace, 1989). Otro factor es el tipo de sustrato. La composición y la distribución de los animales pueden estar relacionadas con el tamaño de grano (Gray, 1974) y la heterogeneidad de los sedimentos (Etter y Grassle, 2002). La heterogeneidad de la composición del tamaño de grano disminuye y se convierte paulatinamente en un sustrato cada vez más fino con el incremento de la profundidad hacia la zona abisal, (Vegas, 1980). La hidrodinámica también modifica los fondos y por ende afecta la vida bentónica. Las corrientes modifican las condiciones oceanográficas superficiales y facilitan el transporte de materia orgánica a los grandes fondos (Vegas, 1980).

Los patrones de distribución del bentos no sólo están determinados por factores abióticos, sino también por factores bióticos. Las interacciones entre especies son complejas, ya que los organismos pueden afectar a otros de distintas formas. Rex (1981) propone que la depredación y la competencia son parámetros biológicos de mediación de la composición de la fauna, por lo que la composición puede variar considerablemente entre grupos de taxones y las diferentes categorías de tamaño.

La composición faunística del mar profundo incluye a casi todos los Phyla, con lo que se puede calificar como diversa. Esta biodiversidad elevada se encuentra bien documentada (Hessler y Sanders, 1967) y se dice que la riqueza de especies del macrobentos es comparable a la de aguas tropicales poco profundas (Sanders, 1968). Además Hessler y Sander (1967) afirman que la mayoría de las especies bentónicas de mar profundo son endémicas. En aguas mexicanas el conocimiento de la diversidad del mar profundo es escaso pero en el Golfo de México se ha realizado un esfuerzo de recolecta mayor (Escobar-Briones, 2000).

La biodiversidad o diversidad biológica puede ser definida como “la variedad y abundancia de especies en una unidad definida de estudio” (Magurran, 2004), que se puede dividir en dos componentes: riqueza de especies -cantidad de especies- y

uniformidad de las especies -la distribución de sus abundancias relativas en una comunidad- (Simpson, 1949).

La densidad es el número de organismos por unidad determinada. La masa de un organismo se define como biomasa en gramos (g) y es expresada en términos de un elemento químico, por ejemplo el carbono orgánico (Sommerfield *et al.*, 2005) 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).

El presente estudio permitirá contribuir al conocimiento de las características de las comunidades de la infauna macrobéntica del Golfo de México y de los factores ambientales que la determinan en una porción de la planicie abisal Sigsbee y otra porción del Abanico del Mississippi que no ha sido estudiada aún.

2. ANTECEDENTES

Edward Forbes, uno de los más ilustres naturalistas de Inglaterra del siglo XIX, predijo en 1843 que no se encontraría vida animal por debajo de los 550 m de profundidad debido a la falta de luz y alta presión. Forbes pasó por alto el trabajo de Rosses (Sir John y Sir James Clark), quienes en 1817 obtuvieron muchos animales vivos a profundidades de 1800 m en la Bahía de Baffin, Canadá (Gray, 1981).

Los primeros registros de comunidades bentónicas en el Golfo de México, de hábitats someros, datan de la primera mitad del siglo XIX y han sido diversos. Los primeros estudios sobre bentos de mar profundo se inician en 1867, con recolecciones de fauna e hidrografía realizadas por Agassiz en 1870 (Escobar-Briones *et al.*, 1999). En la década de los setentas se iniciaron estudios sistemáticos en el mar profundo del Golfo de México y el norte del Mar Caribe, realizados por la Universidad de Texas A&M (Pequegnat, 1983; Pequegnat *et al.*, 1990). Estos estudios revelaron que las comunidades permanentes de macrobentos son comparables con las del Noroeste del Atlántico (Wei *et al.*, 2012). Dados los crecientes desafíos del cambio climático y los impactos antropogénicos en los ecosistemas marinos, el Census of Marine Life (CoML) fue lanzado en el 2000 para documentar la base de referencia mundial sobre la biodiversidad marina (Snelgrove, 2010). Posteriormente se realizó el proyecto de 3 años para entender la estructura y función de las comunidades bénticas ante las perforaciones en aguas profundas en el Norte del GdM (> 1524 m de profundidad) llamada Deep Gulf of Mexico Benthos (DGoMB) patrocinado por el Mineral Management Service (MMS), ahora el Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) de EE.UU. (Richardson *et al.*, 2008), como parte de este proyecto Wei (2006) hace una zonación batimétrica (200 a 3,800 m de profundidad) y descripción de la estructura en la comunidad del macrobentos de mar profundo en el norte del Golfo de México del 2000 al 2002. En 2012 (Wei *et al.*) fundamentados en una base de datos compuesta por 6 estudios del 1983 a 2003 evaluaron la distribución de biomasa de la macrofauna en el mar profundo del Golfo de México antes del derrame de petróleo ocurrido a ~1500 m en el 2010.

Para la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de México los estudios a más de 200 m de profundidad han sido, comparativamente, menores. Los trabajos acerca del conocimiento de la distribución de la infauna en el Golfo de México son: Rowe y Menzel (1971) sobre la distribución de la biomasa de meio y macrofauna en el Escarpe de Campeche, concluyen que la fauna bentónica de las profundidades del GdM es pobre en comparación con otras cuencas y que la biomasa de la infauna (expresada en términos de peso húmedo, peso seco, número de animales y carbono orgánico) disminuye de manera logarítmica con la profundidad; Gettleson (1976) realizó un estudio ecológico sobre la meiofauna y macrofauna del talud de Veracruz y Tamaulipas (Gettleson, 1976); Kennedy (1976), en la porción suroccidental del Golfo de México; los trabajos de Soto y Escobar-Briones (1997); López (1996) Castañeda (1996), Escobar *et al.* (1997) y Falcón (1998) sobre la macrofauna y meiofauna del margen continental y talud superior de los sectores occidental y sur del Golfo de México, donde describen una variabilidad considerable de la biomasa que puede ser influenciada por el régimen hidrográfico y sedimentológico; Hernández (1999) analiza la comunidad bentónica en el sector occidental del Golfo de México a lo largo de un gradiente batimétrico; Martínez (2007) sobre la estructura del macrobentos y la variación en presencia de un domo salino; Arredondo (2012) describe la variación de la biomasa béntica a través de factores ambientales del fondo marino en la cuenca Sigsbee.

En general, las especies abisales han sido pobremente documentadas (Stuart *et al.*, 2008). A pesar de no poseer una importancia económica, puesto que no pueden ser explotas sustentablemente a nivel comercial (debido a su abundancia escasa, talla reducida y pequeña estructura poblacional) la importancia del estudio de la macrofauna bentónica radica en el papel que juega en los ciclos biogeoquímicos del planeta y servicios ecosistémicos que ofrece (Escobar-Briones, 2004).

3. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la variabilidad de la riqueza biológica, densidad y biomasa de la infauna macrobéntica abisal del Golfo de México.

4.2 Objetivos particulares

4.2.1 Describir el hábitat de la infauna macrobéntica a partir de los factores del sedimento (concentración de materia orgánica, clorofila en sedimento y el tamaño de grano del sedimento).

4.2.2 Describir la estructura del macrobentos (riqueza biológica, densidad y biomasa) del Golfo de México.

4.2.3 Evaluar la relación entre los factores abióticos con la estructura comunitaria del macrobentos del Golfo de México.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México (GdM) es una cuenca semi-cerrada localizada en las zonas tropical y subtropical del oeste del Océano Atlántico entre las latitudes 18° y 30° N y las longitudes 82° y 98° W. (Monreal- Gómez y Salas de León, 1997). Se comunica con el océano Atlántico y con el Mar Caribe, por el estrecho de Florida y por el canal de Yucatán, respectivamente (Hofmann y Worley, 1986; Monreal-Gómez *et al.*, 2004) con una superficie de aproximadamente 1.5 millones de km² (Balsam y Beeson, 2003).

El GdM se divide en dos regiones: el sureste (predominante carbonatada) y el noroeste, la cual recibe una enorme cantidad de sedimento proveniente de las descargas fluviales (Ewing *et al.*, 1970). Las aguas que penetran al GdM a través del Canal de Yucatán forman tres ramas principales: la primera se dirige 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-Luisiana; y la tercera se dirige al este para salir por el Estrecho de Florida (Castellano y Gasca, 1996). Al 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-Luisiana y la Bahía de Campeche se presentan giros ciclónicos (Monreal-Gómez *et al.*, 2004).

El margen continental del Golfo de México tiene una de las más complejas fisiografías y batimetría de los océanos del mundo (Wei, 2006) presentándose numerosos cañones, colinas, lomas, cuencas cerradas y escarpes (Ammons y Daly, 2008).

Por debajo de los 2000 m las aguas son frías en los trópicos y presentan una temperatura promedio de 4 °C. La profundidad máxima es de 3900 m y se localiza en el sector central occidental de la cuenca, es conocida como planicie abisal de Sigsbee la cual cubre un área de 137101 km², es decir, 24% del Golfo (Escobar-Briones, 2000); es extremadamente plana (Ponce, 2009) aunque se ve interrumpida por las colinas de Sigsbee y asociados a ellas los domos salinos (diapiros) que se elevan a 500m sobre el fondo (Bouma, 1972).

La distribución de sedimentos en el Golfo de México proviene en más de 97% del área por el río Mississippi y en menor proporción por el río Bravo. La planicie abisal Sigsbee y una proporción del abanico del Mississippi están compuestas de carbonatos. Éstos son una mezcla de sedimento de carbonato pelágico, dominante de foraminíferos y cocolitos, y arcilla terrígena proveniente del río Mississippi. La contribución relativa que proviene de los organismos pelágicos disminuye donde las arcillas terrígenas y las arcillas calcáreas se hacen más abundantes en el abanico del Mississippi y la parte oeste de la planicie abisal Sigsbee (Balsam y Beeson, 2003).

Los principales ríos que aportan directamente una cantidad significativa de sedimentos en suspensión en el GdM son el Pánuco, el Coatzacoalcos, el Papaloapan, el sistema Grijalva-Usumacinta, el Champotón y el Bravo. Sin embargo, la fisiografía del GdM que rodea la planicie abisal forman una barrera para el sedimento de origen continental (Bouma, 1972). Al oeste la plataforma continental es estrecha (Newman *et al.*, 1973) y las Cordilleras Mexicanas; al sur, los montes de Campeche, con una altura que es poco probable que exista depósitos de material terrestre (Newman *et al.* 1973) y el cañón de Campeche, el cual es una frontera entre la zona carbonatada y terrígena del Golfo de México (Bouma y Roberts, 1990); al norte, el talud continental presenta una serie de cordilleras paralelas a la costa como el Escarpe de Sigsbee que forma un bloque del material terrestre a la planicie abisal (Newman *et al.*, 1973).

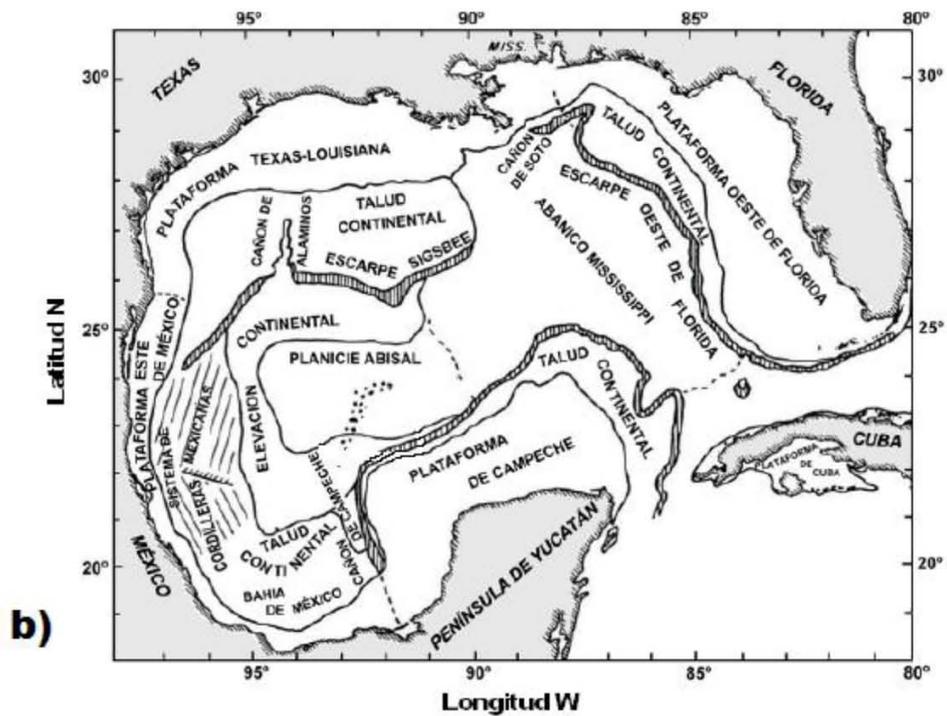
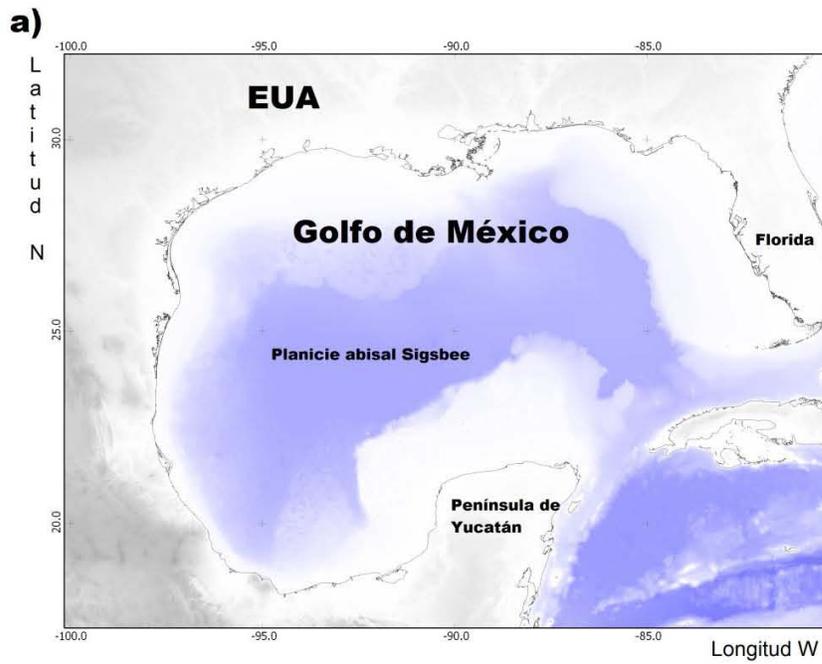


Figura 1. a) Mapa del Golfo de México. **b)** Provincias fisiográficas del Golfo de México, (tomado de Bouma, 1972, 35-65 p.)

4.1 Sitio de muestreo.

El muestreo se realizó en dos zonas del GdM. Las estaciones E1 y E12 se encuentran localizadas en la parte sureste de la planicie abisal Sigsbee a profundidades de 3737 y 3761 m respectivamente. Las estaciones E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10 Y E11 se encuentran ubicadas dentro del abanico del Mississippi, al sureste del Golfo de México con un intervalo de profundidad de 3433 a 3560 m (Tabla1, Fig. 2).

Tabla 1. Número de réplicas, referencia geográfica y profundidad por estación de muestreo de la campaña Sigsbee 12.

Estación	Latitud (N)	Longitud (W)	Profundidad (m)	Número de Réplicas
1	22 59.0858	92 01.8734	3737	1
2	23 44.4196	85 39.6338	3560	3
3	23 38.5851	85 49.9621	3476	3
4	23 24.2559	86 05.0077	3468	3
5	23 31.6495	86 10.0907	3477	3
6	23 16.1835	86 08.1914	3433	4
7	23 29.5905	86 00.4293	3468	3
8	23 29.2259	85 49.5684	3480	2
9	23 43.4487	85 26.5915	3463	3
10	23 40.2560	86 03.4390	3462	3
11	23 46.7141	86 05.2148	3451	3
12	23 00.9454	94 00.9380	3761	4

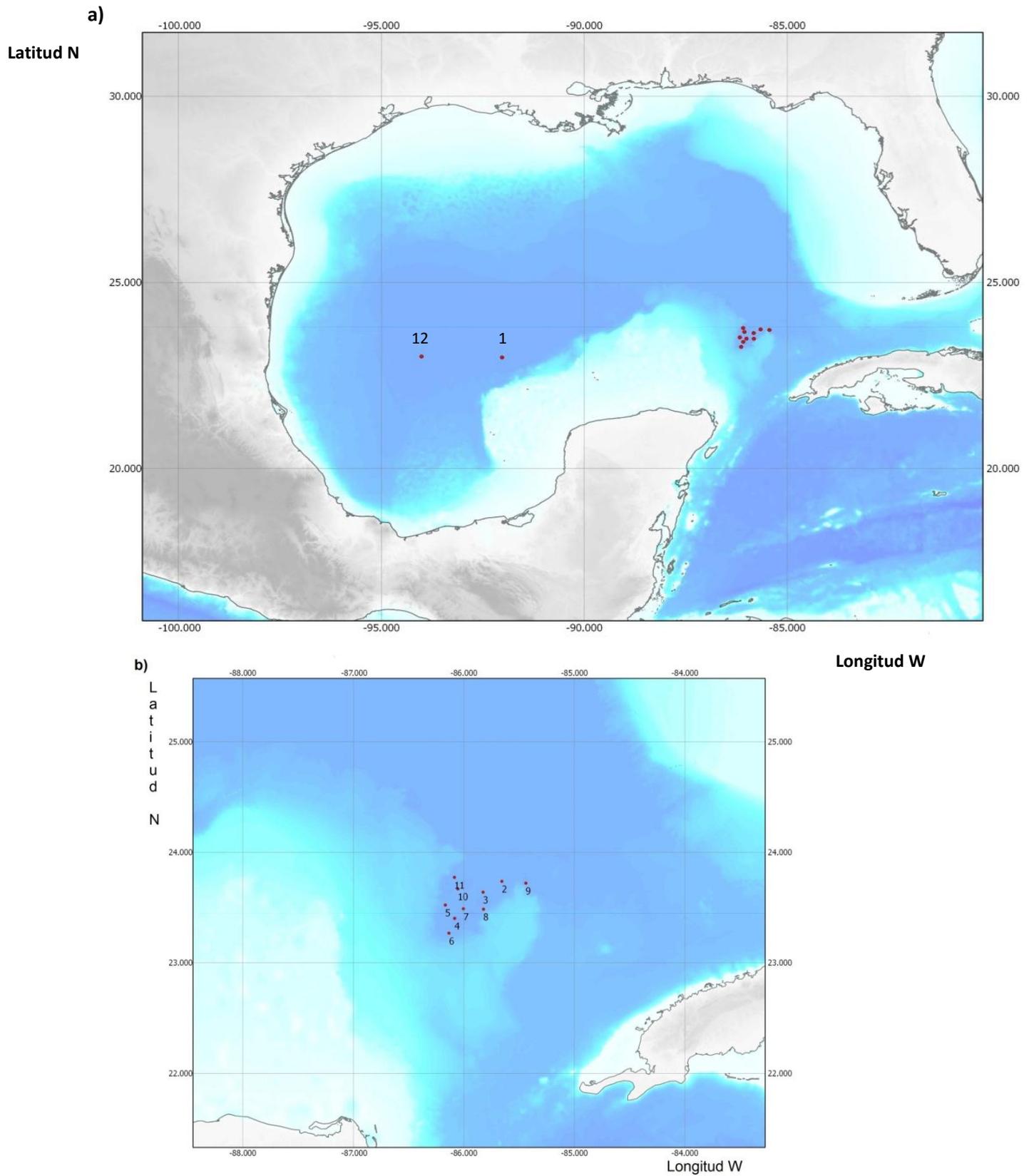


Figura 2. a) Localización del área de estudio de la campaña Sigsbee 12. b) Acercamiento de los puntos de muestreo. Estaciones marcadas con punto rojos.

5. MÉTODO

5.1 Trabajo de campo

El material se obtuvo de las colectas correspondientes a la campaña oceanográfica Sigsbee 12 realizada en Junio-Julio del 2009 a bordo del B/O *Justo Sierra* por Escobar-Briones y colaboradores.

5.1.1 Muestreo de macrobentos y sedimento.

Las muestras de sedimento se obtuvieron con un nucleador múltiple con 12 núcleos de 10 cm de diámetro y 1 m de largo y un área de 0.007854 m². La macrofauna béntica se obtuvo de los primeros 10 cm del sedimento superficial. Para el trabajo de ecología comunitaria se colectaron de 1 a 4 réplicas en cada una de las 12 localidades muestreadas (**Figura 2; Tabla 1**). El sedimento seccionado se colocó en etanol al 96% enfriado a 4°C, se mezcló y se filtró a bordo a través de un tamiz con luz de malla de 250 µm con agua marina filtrada para retener solamente el macrobentos siguiendo la estrategia descrita en Gage *et al.* (2002). El material retenido en el tamiz se colocó por réplica y por estación en frascos de vidrio etiquetados, se fijó con etanol al 70% y se tiñó con Rosa de Bengala (colorante biológico).

Para cada estación se realizó una réplica adicional para determinar el contenido de materia orgánica, tamaño de grano y el equivalente de pigmentos cloroplásticos (Chl *a*) en el sedimento. Para la determinación de materia orgánica y el análisis de tamaño de grano del sedimento superficial se tomaron muestras del sedimento superficial con una jeringa de 20 mL sin punta las cuales se almacenaron en tubos Falcón de 20 mL previamente etiquetados y se congelaron a -20°C. Las muestras para el análisis del contenido de Chl *a* en el sedimento superficial se tomaron con una jeringa de 5 mL sin punta y se colocaron en tubos Falcon de 20 mL previamente etiquetados. El tubo cerrado se envolvió con papel aluminio y se congeló a -20°C.

5.2 Trabajo de laboratorio

5.2.1 Factores ambientales.

Tamaño de grano.

El análisis del tamaño de grano se realizó con un equipo láser Coulter Modelo LS230 (Small Volume Module Plus). De éste se determinó el tamaño de las partículas por la difracción del haz de luz láser en aproximadamente 0.1 g de muestra seca la cual se analizó por triplicado a sextuplicado. El análisis granulométrico y de los factores texturales se realizó en partículas con un intervalo de tamaño de 0.04 a 2000 μm (Folk, 1968).

Análisis elemental carbono orgánico y nitrógeno.

Para el análisis de carbono y nitrógeno orgánico (C_{org} y N_{org}) las muestras de sedimento superficial fueron pre-tratadas con ácido clorhídrico para remover el carbono inorgánico, posteriormente se enjuagaron con agua destilada para obtener un pH neutro (pH=7) y se colocaron en la estufa a una temperatura de 60 °C para secarlas por 24 horas aproximadamente y posteriormente se homogeneizaron moliendo en un mortero de ágata y se colocaron en viales de vidrio debidamente etiquetados para el análisis elemental (Escobar-Briones y García-Villalobos, 2009). El contenido de C_{org} y N_{org} se determinó por triplicado en un analizador elemental FISIONS modelo EA1108 por la unidad de Análisis Químico del Instituto de Química, UNAM siguiendo la técnica de Pella (1990). Los datos se reportaron en porcentaje y a partir de los contenidos porcentuales de carbono orgánico total (COT) y N_{org} , se calculó la tasa C/N obteniendo su cociente.

Análisis de clorofila total.

La Chl *a* sedimentada, se determinó por medio de fluorimetría con base en el método descrito por Arar y Collins (1997) el cual proporciona un procedimiento para la determinación del nivel mínimo de clorofila (Chl *a*) y feofitina *a* que es el derivado libre de magnesio de la Chl *a* en agua marina y agua dulce utilizando detección por fluorescencia. Para el presente estudio el equivalente de pigmentos cloroplásticos (del inglés: Chloroplastic pigment equivalents (CPE)) es expresado como Chl *a*.

5.2.2 Muestras biológicas.

Las muestras se enjuagaron con agua y se filtraron a través de un tamiz con apertura de malla de 42 μm . Una vez enjuagadas, las muestras se analizaron bajo microscopio estereoscópico a 20 y 50 aumentos. Los organismos se separaron del sedimento e identificaron con base en la clasificación de Brusca y Brusca (2006). Los organismos obtenidos se fotografiaron con el objetivo de crear una base de datos de imágenes de la diversidad biológica. Posteriormente los organismos se almacenaron por taxón en frascos de vidrio con etanol al 70% que se rotularon con los datos de las estaciones correspondientes.

5.2.3 Estructura del macrobentos

Determinación.

Los organismos se determinaron siguiendo el criterio de clasificación de Brusca y Brusca (2006) para los invertebrados en general y, específicamente para crustáceos a Martin y Davis (2001). Únicamente se determinaron los poliquetos a nivel de familias utilizando las claves taxonómicas de Salazar-Vallejo *et al.*, 1988.

Riqueza específica.

Ésta se obtuvo a partir del número de taxa promedio presentes en cada estación.

Abundancia.

Los datos para abundancia se obtuvieron del conteo de los organismos en cada réplica (0.00785 m^2), al separar la fauna del sedimento, estos datos se vaciaron en la bitácora de laboratorio.

Densidad.

Se obtuvo por medio del conteo de los individuos obtenidos (abundancia) en cada réplica, se calculó el promedio por estación y posteriormente se transformaron con base en el área del núcleo (0.00785 m^2) para obtener ind.m^{-2} .

Biomasa.

La biomasa se registró en mg de peso húmedo fijado (phf) en una balanza analítica (modelo Sartorius con 0.001 mg de precisión). El cálculo se realizó para cada taxón presente en cada réplica siendo el peso mínimo para cada taxón de 0.001 mg. Los datos obtenidos se transformaron a mg de C (Carbono) con base en las constantes de

transformación de biomasa propuestas por Rowe (1983) para cada grupo expresándose en mg C m^{-2} .

5.3 Análisis de resultados

Para la comparación entre estaciones de la riqueza taxonómica, densidad y biomasa se realizó un ANDEVA de una vía, cuando no se cumplieron los supuestos se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, y se apoyó con gráficas.

Para comparar la similitud entre estaciones se generó un dendograma de análisis de similitud de Bray-Curtis de unión simple utilizando el programa Biodiversity Profesional versión 2. Se descartó la estación E9, pues no se encontraron completos los datos de los factores ambientales.

Para establecer el efecto de los factores abióticos sobre la densidad de los grupos taxonómicos se aplicó un análisis de redundancia (RDA) el cual es un análisis de ordenamiento. Los resultados obtenidos del RDA se interpretaron por medio de la librería "Vegan" del programa estadístico R, donde la abundancia de los diferentes taxa se transformó por medio de la constante de Hellinger y se aplicó un ANDEVA para determinar si el modelo fue significativo (Legendre y Anderson, 1999). La transformación de Hellinger consta de dos etapas: 1) transformar a abundancias relativas los valores por localidad, lo cual elimina las dobles ausencias de las localidades a comparar, y 2) transformar a raíz cuadrada, lo cual reduce la influencia de las especies más abundantes. Este análisis permitió probar la varianza entre las estaciones de muestreo, para describir los patrones de distribución y establecer los factores abióticos a los cuales son afines los taxa. Los grupos taxonómicos y las estaciones de muestreo se ordenaron en una dimensión y el vector de las variables ajustadas creó un ordenamiento unidimensional nuevo. Los resultados se expresaron en diagramas de doble representación o proyección ordenada de taxa y estaciones, y se interpretaron a partir de las variables que describen los ejes X e Y (descritas anteriormente) donde los taxa se expresaron como abreviaturas de sus nombres comunes de color rojo en el espacio, las estaciones de color negro y las flechas azules sólidas representaron los factores (Martínez, 2007).

6. RESULTADOS

6.1 Factores ambientales

Tamaño de grano

Se registraron tres clases de tamaño de grano que comprenden las arenas, limos y arcillas. Los limos presentaron el mayor porcentaje del tamaño de grano en todas las estaciones siendo 51.78% el porcentaje más pequeño (E9) y 74.31% el porcentaje más alto (E4) (**Apéndice I, Fig. 3 a**).

Análisis elemental carbono orgánico y nitrógeno.

El porcentaje de carbono orgánico (C_{org}) más alto, en la zona sureste del Abanico del Mississippi, se registró en la estación E2 (0.553%) donde el Nitrógeno (N) presentó el porcentaje más bajo (0.05%), la estación E10 registró el porcentaje de C_{org} más bajo (0.39%) y el porcentaje de N más elevado (0.14%), el registro más elevado de la proporción C/N fue en la E2 (12.28) y la más baja se registró en la E10 (2.807). Para las estaciones ubicadas en la planicie abisal Sigsbee el porcentaje de C_{org} más alto se registró en la E1 (0.52%) y con el menor porcentaje de N (0.08%), la proporción C/N fue mayor en esta estación (6.50). (**Apéndice I; Figura y 3 c**).

Análisis de clorofila

La estación E7 registró el mayor valor de Chl a ($899.97 \mu\text{g l}^{-1}$). Las mayoría de las estaciones mantuvieron valores entre los 500 y $700 \mu\text{g l}^{-1}$ (E3, E4, E5, E6, E8 y E10) (**Apéndice I; Fig. 3 d**). La estación con menor valor de clorofila a presente fue la E2 ($128.52 \mu\text{g l}^{-1}$). Entre las estaciones ubicadas en la planicie abisal la estación E12 tuvo mayor Chl a que la E1 ($651.60 \mu\text{g l}^{-1}$ vs $210.19 \mu\text{g l}^{-1}$).

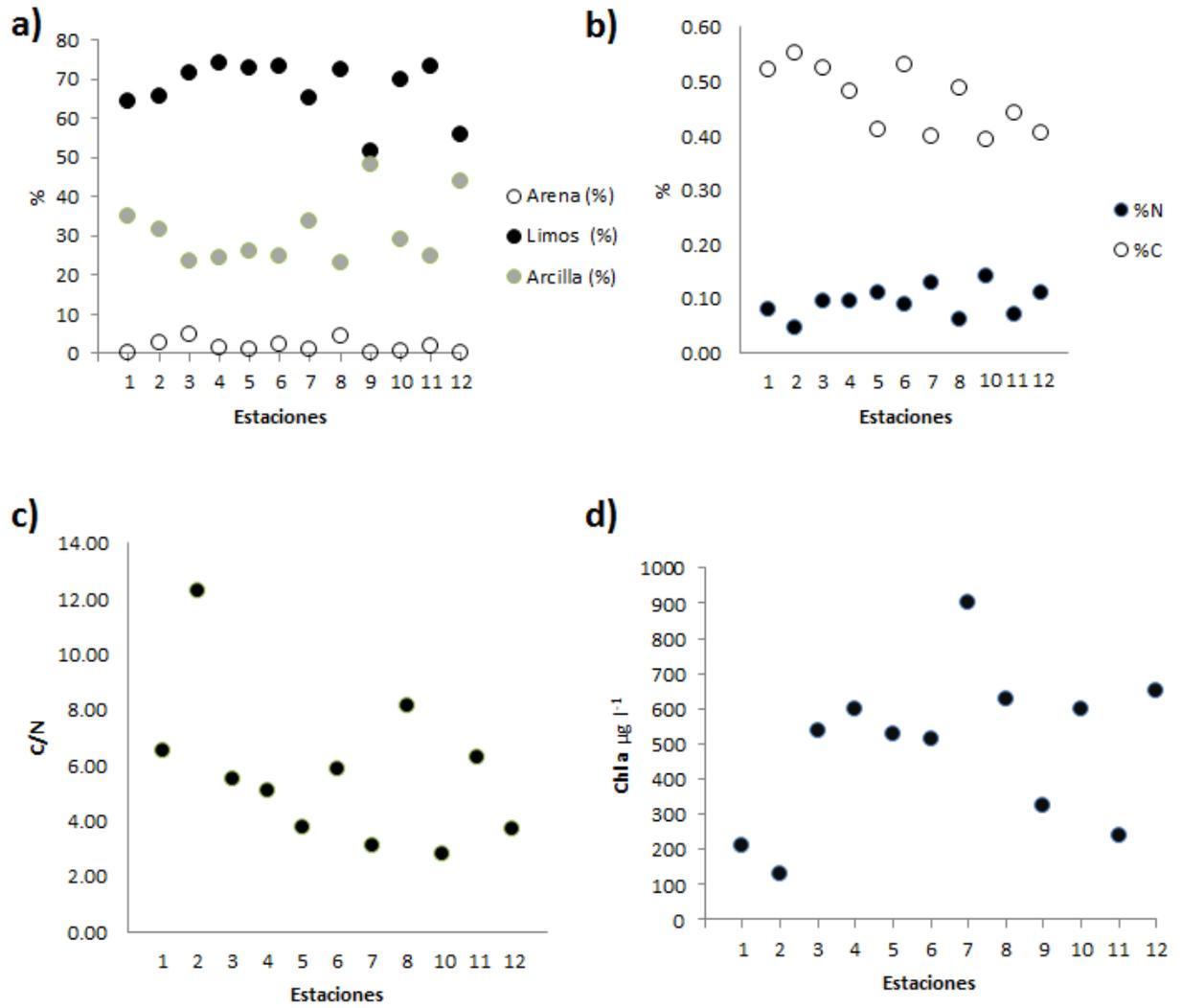


Figura 3. a) Porcentaje de las tres clases reconocidas de tamaño de grano: arena, limo y arcilla. **b)** Porcentaje de Carbono orgánico (C) y Nitrógeno (N). **c)** Proporción C/N. **d)** Clorofila (Chl a en $\mu\text{g l}^{-1}$) presentes en las estaciones muestreadas en la Campaña Sigsbee 12 en el Golfo de México.

6.2 Estructura del macrobentos

Composición taxonómica

Se registró un total de 292 organismos de los cuales se reconocieron 29 grupos taxonómicos. Ocho phyla diferentes fueron identificados y se determinaron a diferentes niveles taxonómicos: 4 a nivel de phylum, 25 a clase, 19 a orden, a nivel de familia únicamente se identificaron los poliquetos que sumaron 14 familias, siendo este último el nivel jerárquico más especializado (**Tabla 2 y 3**).

Tabla 2. Grupos taxonómicos identificados de las muestras de macrofauna bentónica de la Campaña Sigsbee 12. La clasificación sigue la clasificación de Brusca y Brusca (2003), para crustáceos a Martin y Davis (2001), para poliquetos a Salazar-Vallejo *et al.*, 1988. Abreviaturas: (N.C.) Nombre Común.

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Superorden	Orden	Familia	N.C.
Porifera							Esponja
Cnidaria		Anthozoa					Anémona
Gastrotrichia							Gastrotriquia
Nematoda							Nemátodo
Annelida		Polychaeta			Phyllodocidae	Hesionidae	Poliqueto
						Pilargidae	Poliqueto
					Eunicida	Lumbrineridae	Poliqueto
					Orbiniida	Paraonidae	Poliqueto
					Spionida	Poecilochaetidae	Poliqueto
					Cirratulidae	Cirratulidae	Poliqueto
					Cossurida	Cossuridae	Poliqueto
					Flabelligerida	Flabelligeridae	Poliqueto
					Opheliida	Opheliidae	Poliqueto
					Capitellidae	Capitellidae	Poliqueto
					Capitellidae	Maldanidae	Poliqueto
					Terebellida	Trichobranchidae	Poliqueto
						Terebellidae	Poliqueto
					Sabellida	Sabellidae	Poliqueto
	Oligochaeta	Oligoqueto					
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Cumacea		Cumáceo
						Tanaidacea	Tanaidáceo
						Isopoda	Isópodo
						Anhipoda	Anfípodo
						Harpacticoida	Copépodos
Mollusca		Maxillopoda	Copepoda				Copépodos
		Aplacophora					Aplacóforo
		Gastropoda					Gasterópodo
		Bivalvia					Bivalvo
		Scaphopoda				Scafópodo	
Phoronida						Forónido	

Tabla 3. Phyla de macrofauna bentónica identificados por estación de muestreo de la Campaña Sigsbee 12.

Phylum	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
Porifera	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
Cnidaria	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastrotricha	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Nematoda	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Annelida	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Arthropoda	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mollusca	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X
Phoronida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X

Riqueza taxonómica

La riqueza taxonómica reconocida en las 12 estaciones presentó un intervalo de valores de 2 a 4.64 ± 9.58 grupos taxonómicos (**Tabla. 3**). Los valores de la riqueza taxonómica entre las doce localidades mostraron que no hay variaciones significativas (ANDEVA $F=1.7566$, $p=0.11399$) (**Fig. 4**)

Tabla 4. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (s) de la riqueza taxonómica por estación muestreada en la campaña Sigsbee 12.

Estación	Profundidad (m)	No de Taxa ($\bar{x} \pm s$)
E1	3737	2
E2	3560	4 \pm 1
E3	3476	3.67 \pm 0.58
E4	3468	4 \pm 1
E5	3477	4.64 \pm 0.58
E6	3433	3.75 \pm 0.5
E7	3468	4.33 \pm 0.58
E8	3480	3
E9	3463	2.33 \pm 1.53
E10	3462	3
E11	3451	3.33 \pm 0.58
E12	3761	3.75 \pm 1.71

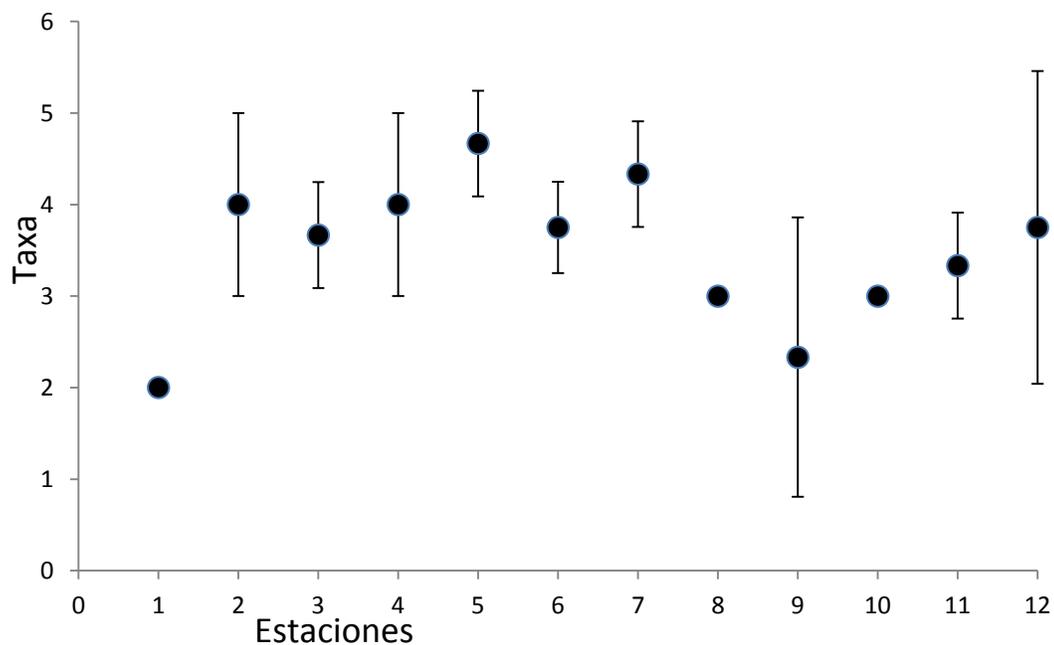


Figura 4. Variación de los valores promedio por estación de la riqueza taxonómica de la macrofauna bentónica de las estaciones muestreadas en la campaña Sigsbee 12.

En el análisis de Bray-Curtis por estaciones para riqueza taxonómica, el porcentaje de similitud entre las estaciones es mayor de 95% (**Apéndice II, Fig.5**).

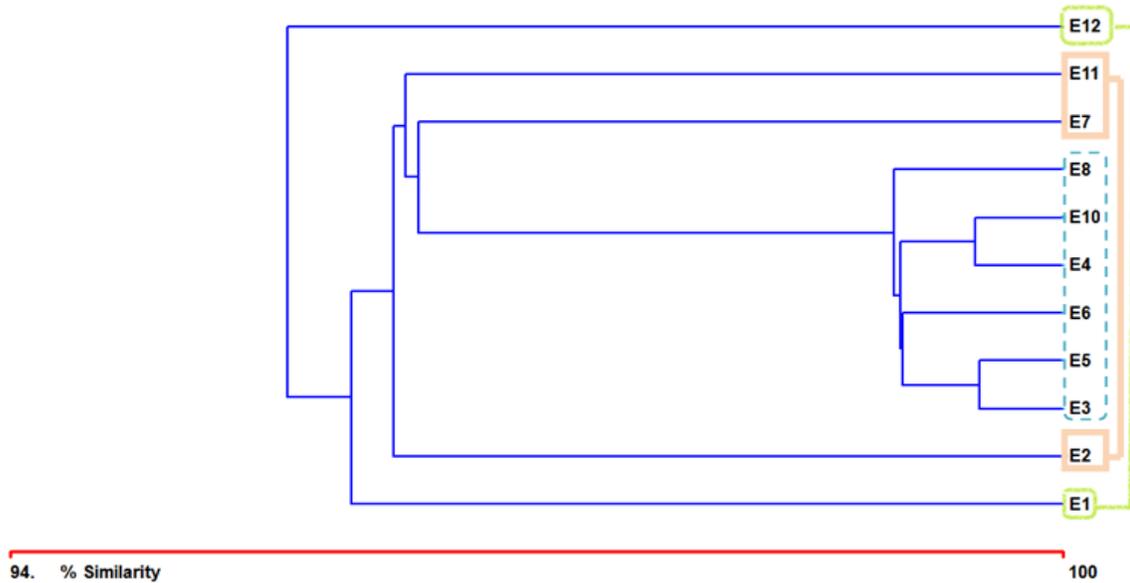


Figura 5. Dendrograma obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis por la similitud en la riqueza taxonómica de las estaciones muestreadas en Sigsbee12.

Las 12 estaciones se agruparon en tres grupos. El primer grupo (G1) cubre las estaciones E1 y E12, las cuales se localizan en el sector este de la planicie abisal, colindando al norte con el escarpe de Sigsbee, al noroeste con el abanico del Mississippi, al sur con el cañón de Campeche y al sureste con el Escarpe de Campeche; el segundo grupo (G2) E2, E7 y E11 presentaron una similitud mayor al 96%; el tercer grupo (G3) abarca las estaciones E3, E4, E5, E6, E8, E10 con una similitud mayor a 98% y localizadas al sur este del Abanico Mississippi, colindando con el talud continental al sur.

Densidad

La densidad del macrobentos reconocida en las doce estaciones tuvo un intervalo de valores de 297.24 ± 94.59 a 1528 ± 674.08 ind.m⁻² (**Tabla 4**). Los valores de densidad en las doce estaciones muestreadas no son estadísticamente significativas (ANDEVA $F=2.02$, $p=0.0742$, **Fig. 6**).

Los grupos taxonómicos que aportaron las densidades promedio más elevadas fueron los poliquetos con 5562.63 ± 213.82 ind.m⁻² (44%), los nemátodos con 3619.095 ± 150.23 ind.m⁻² (26%) y los copépodos con 2356.69 ± 96.11 ind.m⁻² (14%) (**Fig. 7; Apéndice V**). En los **apéndices III, IV y V** se muestran los valores de abundancia, y el cálculo de la densidad.

Tabla 5. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (S) de la densidad por estación muestreada.

Estaciones	Ind.m ⁻² ($\bar{x} \pm s$)
E1	382.17
E2	1528.66±674.08
E3	1188.96±530.36
E4	1273.89±555.27
E5	934.18±294.19
E6	1401.27±63.69
E7	1231.42±194.59
E8	1337.58±630.54
E9	297.24±194.59
E10	721.87±320.59
E11	849.26±482.29
E12	1114.65±420.90

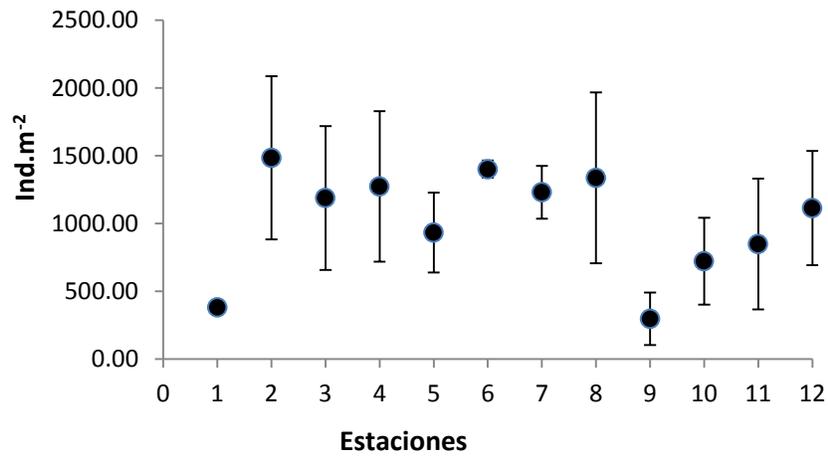


Figura 6. Variación de los valores promedio por estación de la densidad (n=16), expresada en individuos por 0.007 m² para las 12 estaciones de muestreo del macrobentos del Golfo de México, campaña Sigsbee 12.

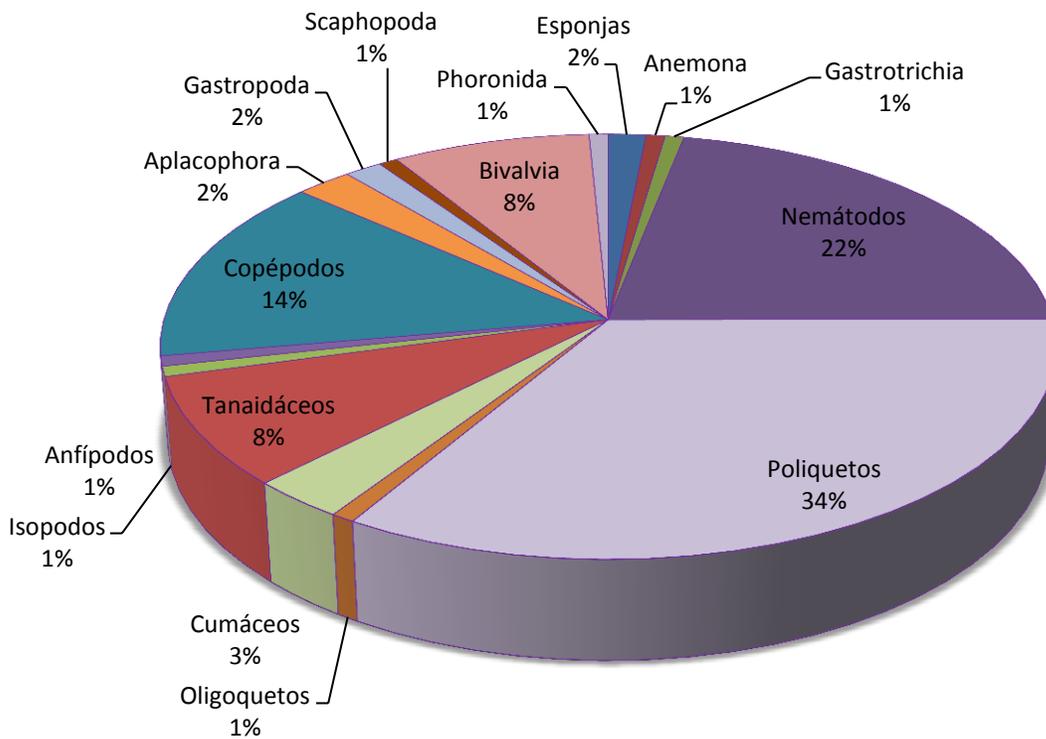


Figura 7. Valores de densidad promedio por taxón reconocidos en las estaciones muestreadas en el Golfo de México, campaña Sigsbee 12.

En el análisis de Bray-Curtis por estaciones para densidad, el porcentaje de similitud entre las estaciones es mayor de 90% (**Apéndice VI, Fig.8**). Las 12 estaciones se agruparon en dos grupos, las cuales coinciden con su localización a excepción de la estación E2 ya que entró en el primer grupo (G1) junto con las estaciones E1 y E12; el segundo grupo (G2) abarca las estaciones E3, E4, E5, E6, E7, E8, E10 Y E11.

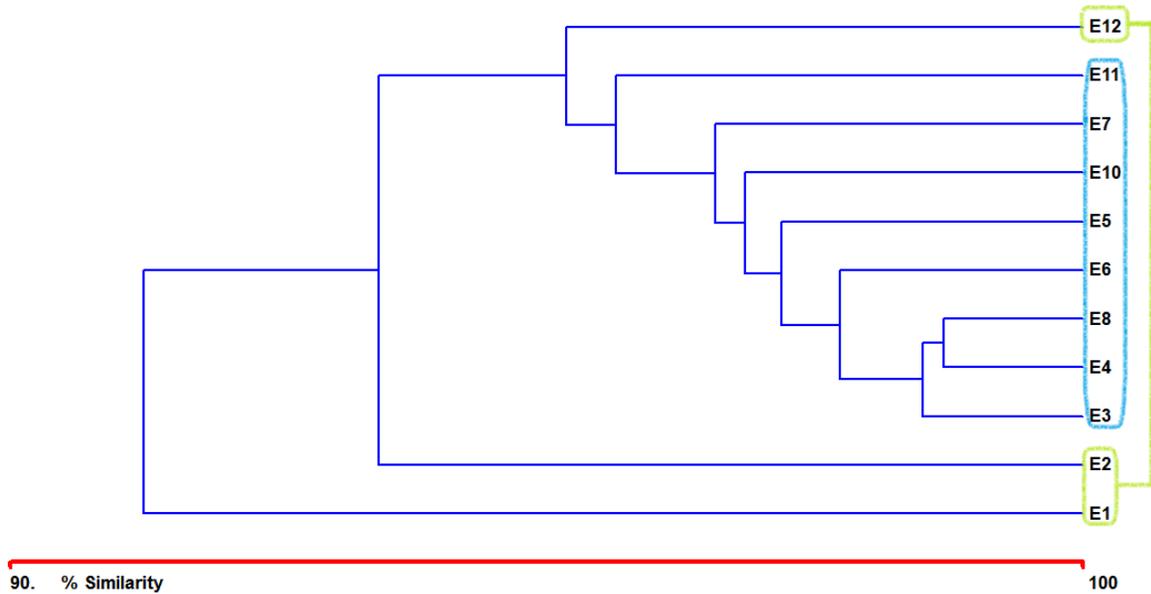


Figura 8. Dendrograma obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis por la similitud en la densidad de las estaciones muestreadas en Sigsbee12.

Biomasa

En los valores de la biomasa del macrobentos se registró un intervalo de 6.46 ± 3.31 a 1.05 ± 0 mg C m⁻². La estación E4 registró la mayor biomasa promedio lo cual indica que la densidad no está relacionada con la biomasa. (**Tabla 5**). La variación de la biomasa entre las doce estaciones si fue estadísticamente significativa (ANOVA F= 2.83, p=0.0170), siendo la estacione E4 la que presentó la diferencia significativa (**Fig. 9**).

Las esponjas fueron el taxa con mayor contribución a la biomasa con 2.038 ± 0 mg C m⁻² (21%), seguida de los poliquetos con 1.496 ± 1.871 mg C m⁻² (15%), los aplacóforos contribuyeron con 0.726 ± 0 mg C m⁻² (7%). Otros grupos, aunque no contribuyen con más del 5% a la biomasa, también se encontraron presentes en las 12 estaciones de muestreo (**Fig. 10**).

En los **Apéndices VII, VIII, IX, X y XI** se muestran los valores del phf, el cálculo de la biomasa, así como las constantes de transformación de biomasa propuestas por Rowe (1983) que se utilizaron para el cálculo de la biomasa (mg C m⁻²) para cada uno de los 16 taxones presentes en cada estación de muestreo.

Tabla 6. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (S) de la biomasa por estación muestreada.

Estaciones	Biomasa mg C m⁻² ($\bar{x} \pm s$)
E1	1.05 *
E2	3.68 ± 2.45
E3	1.79 ± 0.28*
E4	6.46 ± 3.31*
E5	2.89 ± 1.45
E6	3.79 ± 2.10
E7	2.78 ± 1
E8	1.48 ± 0.01*
E9	1.10 ± 0.74*
E10	1.25 ± 0.37*
E11	1.59 ± 0.27*
E12	2.12 ± 0.66

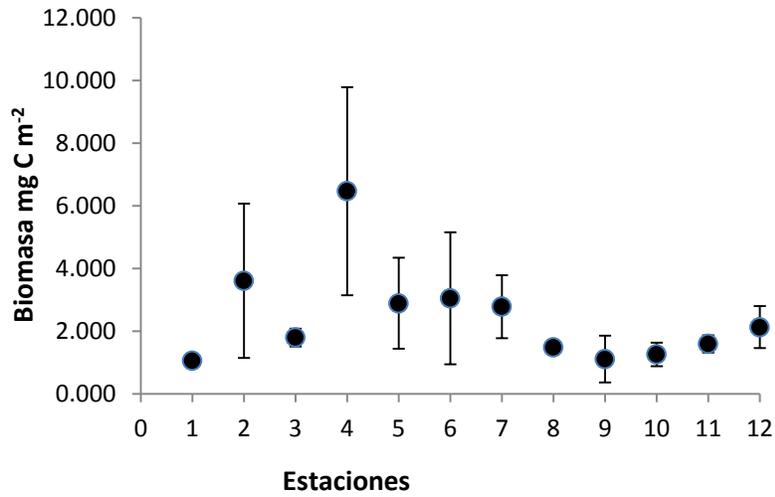


Figura 9. Variación de los valores promedio por estación de la biomasa, expresada en mg C m⁻² para las 12 estaciones de muestreo del macrobentos del Golfo de México, campaña Sigsbee 12.

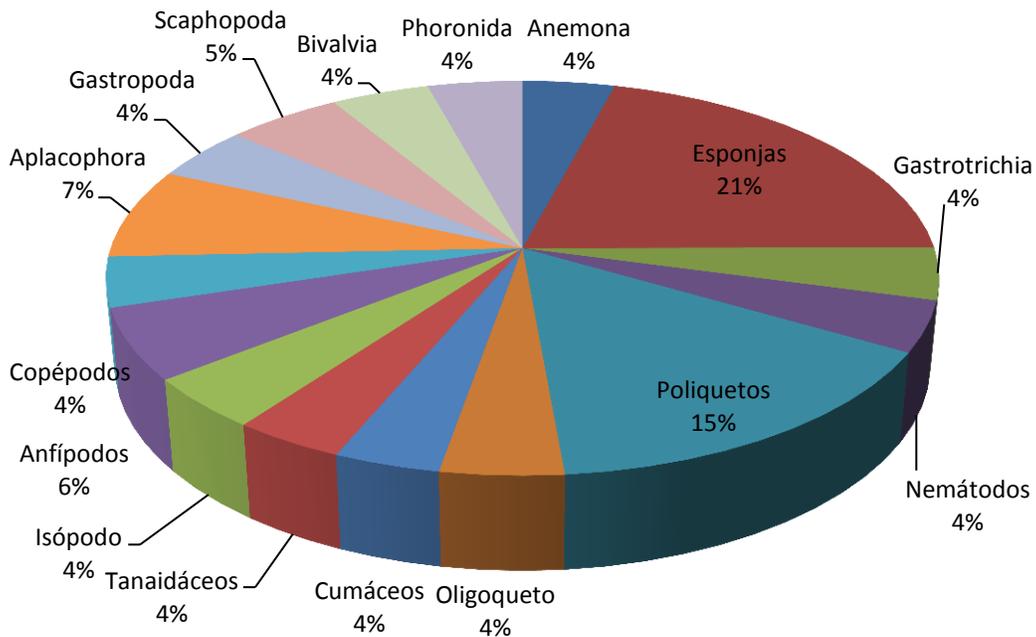


Figura 10. Valores de biomasa relativa por taxa reconocidos en las estaciones muestreadas en el Golfo de México, campaña Sigsbee 12.

En el análisis de Bray-Curtis por estaciones para biomasa las 12 estaciones se agruparon en dos grupos, de los cuales el primero (G1) corresponden a las estaciones que se encuentran en la planicie Sigsbee y una del Abanico del Mississippi (E2), el segundo grupo (G2) presentó similitud arriba del 97% (E3, E4, E5, E6, E7, E8, E10 y E11). El porcentaje de similitud entre las estaciones es mayor de 95% (**Apéndice XII, Fig.11**).

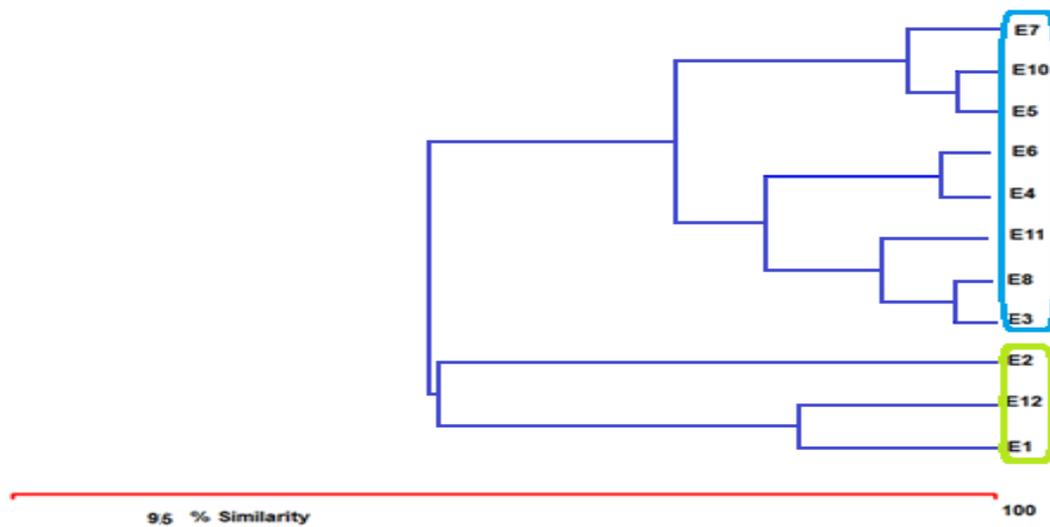


Figura 11. Dendrograma obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis para la similitud en la biomasa (mg C m^{-2}) de las estaciones muestreadas en Sigsbee 12.

6.3 Relación de los factores ambientales y la estructura de la macrofauna

Análisis de Redundancia

Los resultados del análisis de redundancia muestran que los factores ambientales condicionantes para los organismos fueron el porcentaje de C, porcentaje de N y Chl a, pero también se tomó en cuenta la proporción C/N (Apéndice XIV; Fig. 13). Esto afectó la presencia o ausencia de los grupos taxonómicos, a excepción de los tanaidaceos, cumáceos y gasterópodos los cuales no mostraron afinidad a alguno de estos factores. Los poliquetos se encontraron más afines a la proporción C/N, los bivalvos al carbono, los copépodos y esponjas a la concentración de clorofila.

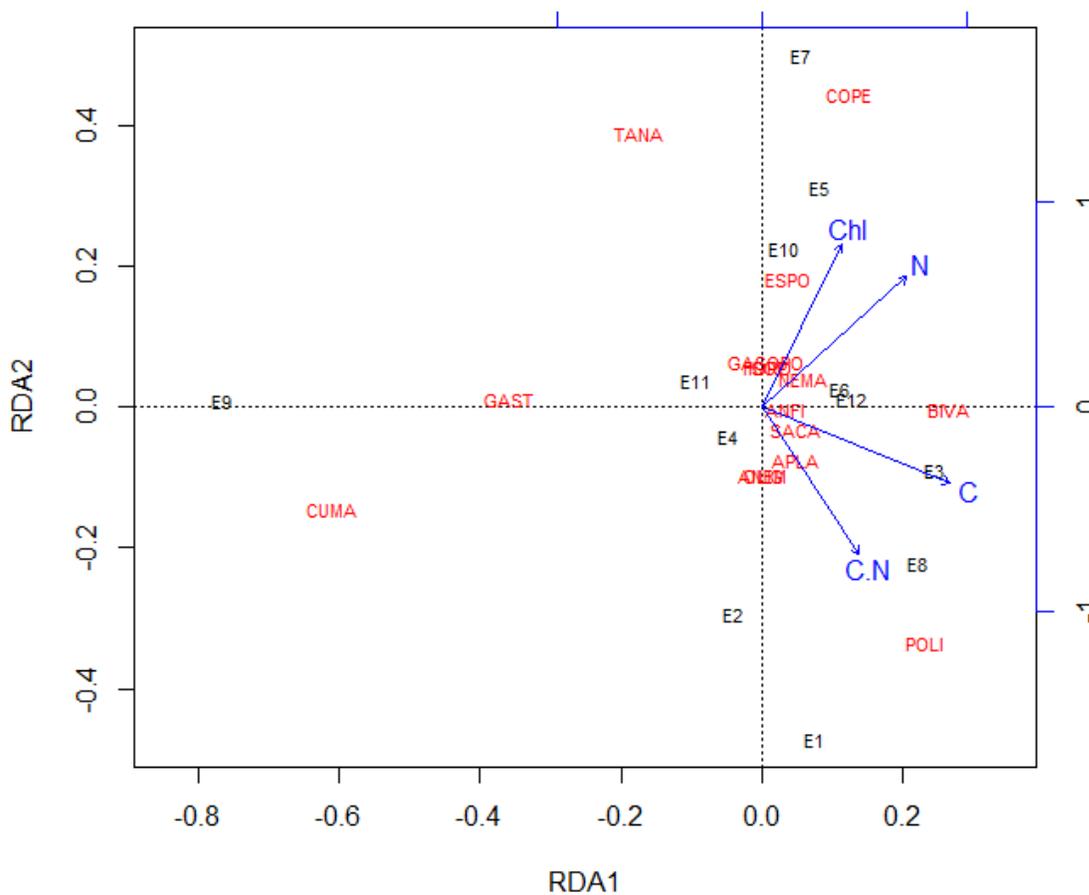


Figura 12. Gráfica de doble proyección del análisis de redundancia (RDA) de la comunidad bentónica abisal del Golfo de México. Los factores ambientales se presentan como vectores. Abreviaturas: (ESPO) Esponjas; (ANEM) Anémonas; (GAST) Gastrotrichia; (NEMA) Nemátodos; (POLI) Poliquetos; (OLIG) Oligoquetos; (CUMA) Cumáceos; (TANA)= Tanaidáceos; (ISOP) Isópodos; (ANFI) Anfípodos; (COPE) Copépodos; (APLA) Aplacóforos; (GAST) Gasterópodos; (BIVA) Bivalvos; (SCAF) Escafópodos; (FORO) Foronídeos.

7. DISCUSIÓN

7.1 Factores ambientales

Tamaño de grano

La distribución de sedimentos en el Golfo de México están conformados por sedimento fino del tamaño de las arcillas que se origina del depósito de material carbonatado procedente de la columna de agua (Escobar-Briones, 2000). La planicie abisal Sigsbee y una pequeña porción del abanico del Mississippi están compuestas de carbonatos. Estos son una mezcla de sedimento de carbonato pelágico, dominante por esqueletos de foraminíferos, cocolitos y conchas de pterópodos, y arcilla terrígena, principalmente proveniente del Río Mississippi (Balsam y Beeson, 2003).

Los principales ríos que aportan directamente una cantidad significativa de sedimentos en suspensión en el GdM son el Pánuco, el Coatzacoalcos, el Papaloapan, el sistema Grijalva-Usumacinta, el Champotón y el Bravo. Sin embargo, la fisiografía del GdM que rodea la planicie abisal conforman una barrera para el sedimento de origen continental (Bouma, 1972). Al oeste la plataforma continental es estrecha (Newman *et al.*, 1973) y las Cordilleras Mexicanas; al sur, los montes de Campeche poseen una altura que es poco probable que exista depósitos de material terrestre (Newman *et al.* 1973) y el cañón de Campeche, el cual es una frontera entre la zona carbonatada y terrígena del Golfo de México (Bouma y Roberts, 1990); al norte, el talud continental presenta una serie de cordilleras paralelas a la costa como el Escarpe de Sigsbee que forma un bloque del material terrestre a la planicie abisal (Newman *et al.*, 1973).

El sedimento es fundamental para los organismos bentónicos ya que conforma el sustrato en el que habitan (Calva-Benítez *et al.*, 2009). La naturaleza de los sedimentos debería desempeñar un papel importante en la estructuración de las comunidades del mar profundo. Numerosos estudios han demostrado que la estructura y composición de las comunidades de sedimentos blandos están relacionadas con las características del sedimento (Levin, *et al.*, 2001). Sin embargo, en el presente estudio el sedimento no representó un factor determinante de la presencia o ausencia de los organismos (% Arena $p= 0.152$; % Limos $p= 0.145$; %Arcilla $p= 0.123$).

El tamaño de grano que caracteriza las profundidades a más de 3000 m de profundidad son limo y arcilla (diámetro $<2 \mu\text{m}$) que usualmente componen entre 60% y

70% del material no biogénico. (Gage y Tayler, 1991; García-Villalobos y Escobar-Briones, 2007). De igual forma, Pequegnat *et al.* (1990), en un estudio para el Golfo de México, encontraron que el tipo de sedimento más común es de tipo limo-arcilloso. Lo cual se ratifica con este estudio donde los limos se encontraron en un mayor porcentaje (entre 64 y 74%), las arcillas le siguieron (entre 23.14 a 35.19%) y las arenas estuvieron casi ausentes (entre 0.23 a 4.79%) siendo entonces un sedimento de tipo limo-arcilloso.

Composición elemental

La materia orgánica (MO) en sedimentos, expresada como carbono orgánico total (COT) y nitrógeno total (NT) juega un papel importante, ya que representa un reservorio en el ciclo global del carbono y es vinculado con la diagénesis temprana contribuyendo en la química del océano (Escobar-Briones y García-Villalobos, 2009). La MO en los sedimentos abisales predominantemente es de origen marino (Chester, 2000) debido a la fijación del CO₂ atmosférico por parte del fitoplancton. El flujo de CO₂ disminuye rápidamente conforme aumenta la profundidad en la columna de agua ya que es remineralizado (Suess, 1980) y posteriormente se deposita en el sedimento superficial quedando disponible para el bentos, donde la mayor parte es oxidado (Seiter *et al.*, 2004). En general los fondos marinos en latitudes tropicales tienden a recibir escasa exportación de carbono biogénico (Legendre y Lèvre, 1995; Salas, 2005) por su condición de estratificación térmica (Vidal *et al.*, 1990).

Para el Golfo de México la principal fuente de MO presente en los sedimentos es el hundimiento de carbono orgánico particulado de origen biogénico, otra fuente es la importación desde la cadena trófica pelágica y de las infiltraciones de metano (Rowe y Kennicutt, 2006). Los Nortes y tormentas tropicales con tendencia a huracanes en el GdM son mecanismos que promueven las mezclas y producción primaria junto con los grandes giros (Río Mississippi) y otras estructuras de mesoescala (Lohrenz *et al.*, 1999) en las cuales se encuentran aquellos factores que controlan la cinética para la dispersión de nutrientes y plancton en el GdM (ocurriendo en diferentes escalas de espacio y tiempo). 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 (Escobar-Briones y Villalobos, 2009).

Los valores promedio de C_{org} en el sedimento para el presente estudio variaron de 0.553% a 0.393%, siendo valores bajos pero que entran en lo anteriormente reportado (5.04 a 0.66%, Hernández, 1999; $1.05 \pm 0.12\%$, Martínez, 2007; 1.78 a 0.13%, Escobar-Briones y Soto, 2009; 0.93 ± 0.00 a $1.57 \pm 0.01\%$, Arredondo-Morales, 2012) para la zona este de la planicie abisal. El patrón reconocido ubica valores de C_{org} de $>0.5\%$ a lo largo de los márgenes continentales y <0.5 en las grandes cuencas (Escobar-Briones y García-Villalobos, 2009).

La calidad y cantidad de C_{org} y N_{org} 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.*, 2008). El porcentaje de C_{org} , N y Chl *a* en el sedimento fueron factores significativos ($F=25.82$, $p=0.02$; $F=21.59$, $p=0.008$; $F=16.57$, $p=0.05$) condicionantes de la presencia o ausencia de los grupos taxonómicos, a excepción de los tanaidáceos, cumáceos y gasterópodos, los cuales no mostraron afinidad a ninguno de los factores.

Los valores promedio de N en el sedimento para este estudio variaron de 0.045% a 0.13%. Para las estaciones ubicadas en la planicie abisal los porcentajes de N entran en los anteriormente registrados (0.09-0.12%, Muñiz, 2001; 0.15 ± 0.01 , 0.13-0.17%, Plaza-Reséndiz, 2006; Martínez-Robles, 2007; 0.09 ± 0 a $0.18 \pm 0\%$, Arredondo-Morales, 2012).

Las tasas de C/N se han considerado como una característica suficientemente constante e importante de los sedimentos (Hernández-Robles 1999). Arredondo-Morales (2012) indica que los valores entre 6 y 10 son indicadores de MO recientemente depositado, siendo el caso de las estaciones ubicadas en el Abanico del Mississippi (E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10 y E11) que presentaron valores entre 2.81 a 8.15 al igual que las estaciones ubicadas en la Planicie Abisal Sigsbee (E1 y E12) que registraron valores de 6.5 y 3.69. Los valores >10 indican que la MO es de origen terrígeno y presenta celulosa, siendo el caso de la estación E2 (12.27).

Clorofila *a*

La disponibilidad de alimento para la fauna béntica es representada por la presencia de la clorofila *a* en el sedimento que refleja un flujo de MO al fondo (Levin *et al.*, 2000). La clorofila *a* en la columna de agua, es un factor que controla la distribución de la biomasa del bentos (Péres, 1961; Hernández-Robles, 1999) La presencia de pigmentos en el sedimento de la planicie abisal y el abanico de Mississippi indicarían aportes recientes y alimento de alta calidad para el macrobentos, pues se estima que la vida

media de los cloropigmentos en el mar profundo es del orden de varias semanas a meses (Duineveld *et al.*, 2001).

Las estaciones de muestreo se encuentran bajo la influencia de la corriente de Lazo, la cual actúa como mecanismos de dispersión de los organismos (De la Lanza, 2004), debido a que los remolinos desprendidos de esta corriente, ricos en nutrientes y clorofila *a*, aportan una distribución vertical de la clorofila en la columna de agua (Signoret *et al.*, 2006).

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 usando el alto contenido de la proporción de clorofila y carbono orgánico como un indicativo de zonas con actividad biológica (Dauwe *et al.*, 1998).

De acuerdo a Escobar-Briones *et al.* (1999) la concentración de clorofila en la columna del agua es el factor que está más estrechamente relacionado con la variación de la densidad e influye en forma similar a la profundidad, por lo que el presente estudio sería mucho más completo con un análisis de la columna de agua, para poder explicar la relación de la producción primaria en la zona epipelágica y las zonas de surgencia con la densidad y biomasa de la macrofauna bentónica.

7.2 Estructura de la macrofauna

Composición taxonómica.

El mar profundo ha sido considerado uno de los ambientes más rigurosos del planeta. La combinación de bajas temperaturas, alta presión, ausencia de luz, y baja tasa de aporte alimentario, ha influido a la conclusión de no ser un lugar en el cual se pueda encontrar una gran riqueza faunística (Rex, 1981). Sin embargo, la composición faunística del mar profundo incluye a casi todos los Phyla (Hessler y Sander, 1967; Etter y Mullineaux, 2001). En el presente estudio se reconocieron 8 Phyla (Porifera, Cnidaria, Gastrotrichia, Nematoda, Annelida, Arthropoda, Mollusca y Phoronida) siendo menor a los reportados anteriormente para la planicie abisal (9 Phyla, Hernández-Robles, 1999; 11 Phyla, Martínez-Robles, 2007; 17 Phyla, Arredondo-Morales, 2012).

La similitud entre estaciones fue mayor a 95%; sin embargo, se agruparon en tres grupos, siendo el G1 el que se encuentra en la Planicie Abisal Sigsbee y los grupos G2 y G3 en el Abanico del Mississippi.

Aproximadamente a los 3300 m de profundidad, el sedimento de Abanico del Mississippi es un hábitat favorable para los nemátodos, harpacticoides y ostrácodos. El sedimento del abanico incluso favorece a los moluscos como bivalvos y aplacóforos (Wei *et al.*, 2010). Sin embargo, en las dos zonas de estudio los poliquetos fueron dominantes, presentes en todas las estaciones al igual que en una gran cantidad de estudios que han reconocido que los poliquetos son un grupo dominante del macrobentos (Levin y Thomas, 1989; Levin *et al.*, 1991; Levin *et al.*, 1994; Borowski y Hjalmar, 1998; Thistle y Levin, 1998; Escobar-Briones *et al.*, 1999; Levin *et al.*, 2000; Etter y Mullineaux, 2001; Hughes y Gage, 2004; Hernández-Robles, 1999; Martínez-Robles, 2007; Arredondo-Morales, 2012). Estos fueron clasificados a nivel de familia, encontrando 14 familias pertenecientes a 12 órdenes (**Tabla 2, Apéndice XV**).

Dominaron, después, los nemátodos y copépodos harpacticoides, los cuales son considerados *sensu stricto* parte de la meiofauna (Hessler y Jumars, 1974) lo que ha conllevado a que sean excluidos en algunos trabajos a pesar de ser retenidos por los tamices de apertura de 250 a 300 μm (Levin *et al.*, 2000; Hughes y Gage, 2004). Una comparación del peso corporal en individuos de diferentes taxones mostró que los nemátodos tenían el porcentaje de carbono en peso seco más alto, lo que sugiere un papel importante en el ciclo del carbono (Rowe, 1983). Por lo cual en el presente estudio si fueron considerados como parte de la macrofauna.

Los nemátodos son el taxón más abundante en la meiofauna. Los copépodos harpacticoides bentónicos se presentan principalmente en el orden Harpacticoida y típicamente constituyen de un 5 al 20% de la abundancia de la meiofauna y son el segundo taxa más abundante después de los nemátodos en la meiofauna (Suárez-Morales *et al.*, 2009).

Los peracáridos y moluscos también forman un grupo de importancia en la composición del macrobentos (Etter y Mullineaux, 2001). En el estudio conformaron porcentajes menores al 5%.

Densidad

La densidad de la infauna bentónica varía de acuerdo al gradiente batimétrico, mostrando en general una tendencia de disminución con el aumento de la profundidad (Rowe *et al.*, 1974). Sin embargo, para el presente estudio la densidad no varió significativamente (ANDEVA $F=2.02$, $p=0.0742$) de una estación a otra, así también las profundidades no variaron significativamente entre estaciones.

La similitud entre estaciones fue mayor a 90%. Sin embargo, se agruparon en dos grupos que coinciden con su localización geográfica, a excepción de la E2 que tuvo mayor similitud con las ubicadas en la Planicie Abisal Sigsbee.

Se ha sugerido que la baja densidad en el fondo del mar, se asocia con la alta carga orgánica periódica, tal como podría estar asociada con áreas sujetas a intensa surgencia (Sanders, 1969), a la deposición del transporte lateral de nutrientes (Blake y Hilbing, 1994), las tormentas bentónicas que exponen sedimentos reactivos (Aller, 1997) o la topografía del fondo que concentra los alimentos (Jumars y Hessler, 1976; Vetter y Dayton, 1998). Sin embargo, todos implican varios factores que podrían afectar a la diversidad y debido a que el nivel de la producción primaria puede variar, es difícil separar su influencia.

Las densidades registradas se encuentran dentro de los intervalos de datos de otros estudios para el Golfo de México (2714 a 491 ind.m⁻², Hernández-Robles, 1999 y Escobar *et al.*, 1999; 1273±180 ind.m⁻², Martínez-Robles, 2007). El único estudio registrado en la zona del Abanico del Mississippi (DGoMB), en la estación S4 (a 3 409 m de profundidad) presentó densidades de 825 ind.m⁻² (S4). En las estaciones de Sigsbee 12 para la zona del Abanico del Mississippi la densidad menor fue de 297.24±194.59 y la mayor de 1528±674.08, las cuales son menores y mayores respectivamente, a las documentadas anteriormente por el proyecto DGoMB (Wei *et al.*, 2012).

Biomasa

El macrobentos contribuye mayoritariamente a la biomasa en el sedimento marino (Snelgrove, 2010). Se ha postulado que el tamaño corporal pequeño tiene como ventaja ahorrar energía y mantener poblaciones viables en profundidades del mar donde el alimento es limitado (Rex *et al.* 2006; Thiel, 1975; Wei *et al.*, 2010, 2012) se benefician de la competencia, la explotación de recursos, la eficiencia metabólica y evitan la

depredación (McClain *et al.* 2009). El escaso carbono orgánico particulado (COP) depositado en la planicie abisal favorece a los taxa pequeños, como los nemátodos, copépodos harpacticoides y ostrácodos (Biggs *et al.*, 2008; Rowe *et al.*, 2008; Wei *et al.*, 2012).

Arredondo-Morales (2012) registró una biomasa de 3.00 a 22.00 mg C m⁻², Wei *et al.* (2011) de 2.00 a 33 mg C m⁻². El presente estudio registró un intervalo de 6.46 a 1.05 mg C m⁻², el cual entra en la biomasa registrada anteriormente. Sin embargo, es un intervalo menor, lo cual puede ser explicado debido a que los valores de biomasa son más elevados en latitudes altas y en los márgenes continentales, no así en las planicies abisales donde se registran valores menores (Wei *et al.*, 2010).

La similitud entre estaciones fue mayor a 95%. Sin embargo, se agruparon en dos grupos, siendo el G1 las estaciones E1 y E12 que se ubican en la Planicie Abisal Sigsbee y el E2 ubicado en el Abanico del Mississippi; el grupo G2 se ubican en el Abanico del Mississippi.

En promedio, las esponjas son las que aportan mayor biomasa (21%) al igual que en el estudio realizado por Arredondo-Morales (2012) en la porción suroeste del GdM, donde reportó que las esponjas contribuyen con un 22%.

En el estudio realizado por Wei *et al.* (2012) para la macrofauna de mar profundo en el GdM, los poliquetos contribuyen en más de la mitad (63%) de la biomasa, Wei *et al.* (2011) reporta una contribución del 63% en la campaña DGoMB, Arredondo-Morales reporta en un 18% a los poliquetos. En el presente estudio los poliquetos contribuyeron con un 15% en promedio de la biomasa (mg C m⁻²).

8. CONCLUSIONES

El presente estudio describe el hábitat, la riqueza, densidad y biomasa de la infauna macrobéntica de 3433 a 3761 m de profundidad en una porción del Golfo de México. Los resultados de este estudio permitieron reconocer que:

- El tipo de sedimento se definió como limo-arcilloso, la MO es reciente o fresca. Los factores no mostraron variabilidad entre los sitios de muestreo, lo cual se debe al origen del aporte sedimentario por parte del Río Mississippi (97%).
- La comunidad estuvo compuesta de ocho phyla. El phylum Annelida fue el taxón dominante, presente en todas las estaciones, seguido por el phylum Nematoda y el subphylum Crustacea representado por los copépodos harpacticoides.
- No se presentó variación significativa entre las estaciones respecto a la riqueza taxonómica y la densidad. La similitud entre estaciones fue mayor a 95% para riqueza taxonómica y mayor a 90% para la densidad.
- Los taxa que contribuyeron con mayor aporte a la densidad fueron los poliquetos (34%), nematodos (22%) y copépodos harpacticoides (14%).
- La variación entre estaciones respecto a la biomasa fue significativa, dada por la E4 que registró la mayor biomasa promedio ($6.46 \pm 3.31 \text{ mg C m}^{-2}$).
- Las esponjas fueron el taxón que tuvo un aporte mayor a la biomasa béntica $2.038 \pm 0 \text{ mg C m}^{-2}$ (21%), lo cual indica que la densidad no está relacionada con la biomasa.
- Los factores ambientales condicionantes para la comunidad macrobéntica fueron el C_{org} , N y la Chl a, afectando la presencia o ausencia de los grupos taxonómicos, a excepción de los tanaidáceos, cumáceos y gasterópodos los cuales no mostraron afinidad alguna.
- La caracterización ambiental del fondo marino, así como el conocimiento de la variabilidad de la densidad y biomasa, contribuyeron como información base

para un mejor entendimiento de la respuesta de la biota ante futura contaminación y perturbaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aller, J. Y., 1997. Benthic community response to temporal and spatial gradients in physical disturbance within a deep-sea western boundary region. *Deep-sea Research Part I-Oceanographic Research* 44: 39.
- Ammons, A.W. y Daly, M., 2008. Distribution, habitat use and ecology of deepwater Anemones (Actiniaria) in the Gulf of Mexico. *Deep-Sea Research II* 55, 2657-2666.
- Arar, J.E. y Collins, B.G., 1997. *In vitro* determination of Chlorophyll a and Pheophytin a in marine and Freshwater Algae by Fluorescence. National Exposure Research Laboratory. Cincinnati, Ohio, pp. 22.
- Arredondo-Morales, I., 2012. Variabilidad de la biomasa de la comunidad bentónica de la macrofauna de la planicie abisal Sigsbee en el sector central del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 56 p.
- Balsam, W.L. y Beeson, J.P., 2003. Sea-floor sediment distribution in the Gulf of Mexico. *Deep-Sea Research I* 50, 1421-1444.
- Berelson, W.M., 2002. Particle settling rates increase with depth in the ocean. *Deep-Sea Research II* 49, 237-251.
- Biggs, D.C., Hu, C. y Müller-Karger, F.E., 2008. Remotely sensed sea-surface chlorophyll and POC flux at Deep Gulf of Mexico Benthos sampling stations. *Deep-Sea Research II* 55 (24-26), 2555-2562.
- Blake, J. A., Hilbing, B., 1994. Dense infaunal assemblages on the continental slope of Cape Hatteras, North Carolina. *Deep-Sea Research* 41: 875-900.

- Borowski, C. y Hjalmar, T., 1988. Deep-Sea macrofaunal impacts of a large-scale physical disturbance experiment in the Southeast Pacific. *Deep-Sea Research II* 45 (1-3), 55-81.
- Bouma, H.A., 1972. Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of Mexico. pp. 35-65. En: Rezak, R., Henry, V.I. (Eds.), *Contributions on the Geological and geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico*. Gulf Publishing Company, Houston.
- Bouma, H.A., Roberts, H.H., 1990. Northern Gulf of Mexico Continental Slope. *Geo-Marine Letters* 10: 177-181.
- Brusca, R. y G. Brusca, 2006. *Invertebrados*. 2a edición, McGraw Hill. México D.F., pp. 1005.
- 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.
- Carney, R.S., 2005. Zonation of deep biota on continental margins. *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 43, 211–278.
- Castañeda, O., 1996, Contribución al conocimiento del macrobentos de la infauna del margen continental del Golfo de México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 80pp.
- Castellano, I. y Gasca, R., 1996. Eufáusidos (Crustacea: Euphausiacea) de aguas superficiales del Sur Golfo de México (Invierno y Verano 199). *Caribbean Journal of Science*, 32(2), 187-194.
- Chester, R. 2000. *Marine Geochemistry*. Blackwell Science, Londres. Pp. 341-441.

- Dauwe, B., Herman, P.M.J. y 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.
- De la Lanza, E.G., 2004. Gran escenario de la zona costera y oceánica de México *Ciencias, UNAM* 76: 4-13.
- Duineveld, G., Lavaleye, M., Berghuis, E., de Wilde, P. 2001. Activity and composition of the benthic fauna in the Whittard Canyon and the adjacent continental slope (NE Atlantic). *Oceanologica Acta* 24 (1). 69-83.
- Escobar-Briones, E. y Soto, L.A., 1997. Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of Mexico. *Continental Shelf Research*, 7(6): 585-604.
- Escobar-Briones, E., López, M., Soto, L.A. y Signoret, M., 1997. Comparación de la densidad y biomasa de la meiofauna del talud continental superior en dos zonas del Golfo de México. *Ciencias Marinas*, 23(4), 463-487.
- Escobar-Briones, E., Signoret, M. y Hernández, D., 1999. Variación de la densidad de la infauna macrobéntica en un gradiente batimétrico: oeste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*, 25, 193-212.
- Escobar-Briones, E., 2000. La biodiversidad del mar profundo en México. *Biodiversitas* 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.

- Escobar- Briones, E. y García- Villalobos, F.J., 2009. Distribution of total organic carbon and total nitrogen in deep-sea sediments from the southwestern Gulf of Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61, 73-86.
- Etter, R.J. y Grassle, J.F., 1992. Patterns of species diversity in the deep sea as a function of sediment particle size diversity. *Nature*. 360, 576-578.
- Etter, R.J. y Mullineaux, L.S., 2001. Deep-Sea communities. En: Bertness, MD., Gaines, S.D. y Hay, M.E. (Eds.), *Marine community ecology*. Sinauer Associates, Massachusetts, pp. 367-393.
- Etter, R.J., y J.F. Grassle, 2002. Patterns of species diversity in the deep sea as a function of sediment particle size diversity. *Nature* 360, 576-578.
- Ewing, J.I., Edgar, N.T., Antonie, J.W., 1970. Structure of the Gulf of Mexico and Caribbean sea. En: Maxwell, A., (Ed), *The sea*. Wiley-Interscience, New York, N.Y., 4 (Part 2) 664 pp.
- Falcón, L. 1998. Consumo de oxígeno y biomasa de la infauna del ambiente de plataforma continental del sureste del Golfo de México y península de Yucatán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Biología. UNAM. 78 pp.
- Fenchel, T.M. y Riedl, R.J., 1970. The sulfide system: A new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. *Marine Biology*. 7, 255.
- Folk, R.P., 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill's, Austin, pp. 182.
- Gage, J.D. y Tyler, P.A. 1991. *Deep sea biology: a natural history of organisms at the deep sea floor*. Cambridge University Press. 504 pp.

- Gage, J.D., Hughes, D.J., Gonzalez, V.J.L., 2002. Sieve size influence in estimating biomass, abundance and diversity in samples of deep-sea macrobenthos. *Marine Ecology Progress Series* 225, 97-107.
- García-Villalobos, F.J. y Escobar Briones, E., 2007. Distribución espacial del carbono orgánico total en el sedimento superficial de la planicie abisal del Golfo de México. Pp. 117-128. En: Hernández, B.T y Gaxiola, G.C. (Ed.) *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. 117 p.
- Gettleson, D.A., 1976. An ecological study of the benthic meiofauna and macroinfauna of a soft bottom area on the Texas outer continental shelf. Ph.D. thesis, Texas A&M University, 256 pp.
- Grassle, J.F., Sanders, H.L., Hessler, R.R., Rowe, G.T. y McLellan, T., 1975. Pattern and zonation: a study of the bathyal megafauna using the research submersible *Alvin*. *Deep-Sea Research* 22, 457-481.
- Grassle, J.F, y Maciolek, N.J., 1992. Deep-sea species richness: regional and local diversity estimate from quantitative bottom samples. *American Naturalist*. 139: 313-341.
- Gray, J.S., 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 12, 223-261.
- Gray, J.S., 1981. *The ecology of marine sediments: An introduction to the structure and function of benthic communities*. Cambridge University Press. pp. 185.

- Guzmán-Alvis, A.I., Solano, O.D., Córdoba-Tejada, M.E. y López-Rodríguez, A.C., 2001. Comunidad macrofaunal de fondos blandos someros tropicales (Caribe Colombiana). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 30, 39-66.
- Hernández-Robles, D.R., 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. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 41 pp.
- Hessler, R.R. y Sanders, H.L., 1967. Faunal diversity in the deep-sea. *Deep-Sea Research* 14, 65-78.
- Hessler, R.R y Jumars, P.A., 1974. Abyssal community analysis from replicate box cores in the central North Pacific. *Deep-Sea Research I* 21, 181-209.
- Hofmann, E.E. y Worley, S.J., 1986. An investigation of the circulation of the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 91 (C12).14, 221-236.
- Hughes, D.J. y Gage, J.D., 2004. Benthic metazoan biomass, community structure and bioturbation at three contrasting deep-water sites on the northwest European continental margin. *Progress in Oceanography* 63 (1-2), 29-55.
- Ingmanson, D.E. y Wallace, W.J., 1989. *Oceanography: an Introduction*. Wadsworth Publishing Company. California, pp. 511.
- Josefson, A.B. y 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.
- Jumars, P.A. y Hessler, R.R., 1976. Hadal community structure: implications from the Aleutian Trench. *Journal of Marine Research* 34:547-60.

- Kennedy, E.A., 1976. A distribution study of deep-sea macrobenthos collected from the western Gulf of Mexico. Ph.D. thesis. Texas A&M University, 200 pp.
- Lara-Lara, J.R., Arenas, F.V., Bazán, G.C., Díaz, C.V., Escobar-Briones, E., García, A.M., Gaxiola, C.G., Robles, J.G., Sosa, A.R., Soto, G.L., Tapia, G.M. y Valdéz-Holguín, J., 2008. Los ecosistemas marinos, en Capital Natural de México, Vol I. Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, 135-159 pp.
- Legendre, P., Anderson, M.J., 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69, 1-24.
- 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. y Thomas, C.L., 1989. The influence of hydrodynamic regime on infaunal assemblages inhabiting carbonate sediments on central Pacific seamounts. *Deep-Sea Research* 36 (12), 1897-1915.
- Levin, L.A., Huggett, C.L., Wishner, K.F., 1991. Control of deep-sea benthic community structure by oxygen and organic-matter gradients in the eastern Pacific Ocean. *Journal of Marine Research* 49 (4), 763-800.
- Levin, L.A., Leithold, E.L., Gross, T.F., Huggett, C.L., DiBacco, C., 1994. Contrasting effects of substrate mobility on infaunal assemblages inhabiting two high-energy settings on Fieberling Guyot. *Journal of Marine Research* 52 (3), 489-522.
- Levin, L.A., Gafe, J.D., Martin, C., Lamont, P., 2000. Macrobenthic community structure withing beneath the oxygen minimum zone, NW Arabian See. *Deep-Sea Research II* 47, 189-226.

- Levin, L.A., Etter, J.R., Rex, M.A., Gooday, T.C., Smith, R.C., Pineda, J., Stuart, T.C., Hessler, R.R. y Pawson, D., 2001. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Reviews in Ecology and Systematics*. 32,51-93.
- Levinton, J.S., 1982. *Marine ecology*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs N.J. 526 pp.
- López. M., 1996. Meiofauna de dos ambiente: terrígeno (Tamaulipas) y carbonatado (Yucatán) del margen continental en el Golfo de México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. México, 62 pp.
- Lohrenz, S.E., Wisenburg, D.A., Arnone, R.A, Chen, X., 1999. What controls Primary Production in the Gulf of Mexico? In: Kumpf, H., Steidinger K., Sherman K. *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem*. Blackwell Science. 151-170 pp.
- Magurran, A.E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Company. Oxford, UK. 256 pp.
- Margalef, R., 1993. *Teoría de los sistemas ecológicos*. 2ª Edición. Universidad de Barcelona, 25-24.
- Martin, J.W. y Davis, G.E., 2001. An updated classification of the recent Crustacea. *Science Series (Los Angeles)*, 39. Natural History Museum of Los Angeles County: Los Angeles. 7, 123pp.
- Martínez-Robles, M.L., 2007. Estructura del macrobentos abisal y su variación en presencia de un domo salino en el Golfo de México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 100 pp.

- McClain, C., Rex, M. y Etter, R., 2009. Patterns in deep-sea macroecology. In: Witman, J.D. y Roy, K. (Ed.) *Marine Macroecology*. The University of Chicago Press, Chicago, USA, pp. 440.
- Middleburg, J.J., Sotaert, K. y Herman, P.M., 1997. Empirical relationships for use in global diagenetic models. *Deep-Sea Research*. 44,327-344.
- Monreal-Gómez, M.A. y Salas de León, D.A., 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México, in Lavin, M.F. (ed.), *contribuciones a la oceanografía física de México: Unión Geofísica Mexicana, Monografía 3*, 183-199.
- Monreal-Gómez, M.A., Salas de León, D. y Velasco-Mendoza, H., 2004. La hidrodinámica del Golfo de México En: Caso, M., Pisanty, I. y Ezcurra. E., (Comp.), *Diagnóstico 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.
- Nybakken, J.W., 1993. *Marine ecology: An ecological approach*. Third ed. Harper Collins College Publishers 462 pp.

- Plaza-Reséndiz, I.P., 2006. Variación de la estructura comunitaria béntica de la planicie abisal del Golfo de México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pella, E., 1990. Elemental organic analysis. Part 1. Historical developments. *American Laboratory* 22(2), 116-125.
- Pequegnat, W.E., 1983. The ecological communities of the continental slope and adjacent regimes of the northern Gulf of Mexico. Report of Contract AA851-CTI-12. Mineral Management Service, USA, 398 pp.
- Pequegnat, W.E., Gallaway, B.J. and Pequegnat, L.H., 1990. Aspects of ecology of the deep-water fauna of the Gulf of Mexico. *Am. Zool.*, 30, 45-64.
- Perés, J.M., 1961. *Océanographie Biologique et biologie marine. Tome I. La vie benthique.* Presses Univ. France, 538 pp.
- Ponce, N.F., 2009. Caracterización acústica del relieve batimétrico de los diapiros salinos profundos de la sonda de Campeche del Golfo de México. Tesis de Licenciatura, Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM, México. 109 pp.
- Rafaelli, D., Emmerson, M.C., Solan, M., Biles, C. y Paterson, D.M., 2003. Biodiversity and ecosystem processes in shallow coastal waters: an experimental approach. *Journal of Sea Research* 49, 133-141.
- Rex, M.A., 1981. Community structure in the deep-sea benthos. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12, 331-353.
- Rex, M.A., McClain, C.R., Johnson, N.A., Etter, R.J., Allen, J.A., Bouchet, P. y Warèn, A., 2005. A source-sink hypothesis for abyssal biodiversity. *American Naturalist* 165, 163–178.

- Rex, M.A.; Etter, R.J., Morris, J.S., Crouse, J., McClain, C.R., Johnson, N.A., Stuart, C.T., Deming, J.W., Thies, R. y Avery, R., 2006. Global bathymetric patterns of standing stocks and body size in the deep-sea benthos. *Marine Ecology Progress Series* 317, 1-8.
- Richardson, G.E., Nixon, L.D., Bohannon, C.M., Kazanis, E.G., Montgomery, T.M. y Gravpois, M.P., 2008. Deepwater Gulf of Mexico 2008: America's shore energy future. U.S. Department of the interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA, p. 112.
- Rowe, G.T. y Menzel, D.W., 1971. Quantitative benthic samples from the deep Gulf of Mexico with some comments on the measurement of deep-sea biomass. *Bulletin of Marine Science*, 21, 556-566.
- Rowe, G.T., Polloni, P.T. y Horner, S.G., 1974. Benthic biomass estimates from the northwestern Atlantic Ocean and the northern Gulf of Mexico. *Deep-Sea Research* 21 (8), 641-650.
- Rowe, G.T. y Staresinic, N., 1979. Sources of organic matter to the deep-sea benthos. *Ambio Special Report* 6, 19-23.
- Rowe, G.T., 1983. Biomass and production of the deep-sea macrobenthos. pp. 97-121. En: Rowe, G.T. (Ed.), *Deep-sea biology. The Sea. Vol. 8.* Wiley, New York.
- Rowe, G.T. y Kennicutt, M. C., 2006. Deep-water program: Northern Gulf of Mexico continental slope habitat and benthic ecology. Final Report (contract 30991), U. S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, Louisiana. OCS Study MMS. 158 p.

- Rowe, G.T., Morse, J., Nunnally, C. y Boland, G.S., 2008. Sediment community oxygen consumption in the deep Gulf of Mexico. *Deep-Sea Research II* 55 (24-26), 2686-2691.
- 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.
- Salazar-Vallejo, S.I., León-González, J. A. y Salaices-Polanco, H., 1989. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, pp. 212.
- Sanders, H.L., Hessler, R.R. y Hampson, G.R., 1965. An introduction to the study of deep-sea benthic faunal assemblages along the Gay Head-Bermuda transect. *Deep-Sea Research* 12, 845-867.
- Sanders, H.L., 1968. Marine benthic diversity: A Comparative Study. *The American Naturalist* 102(95), 243-282.
- Sanders, H.L., 1969. Benthic marine diversity and the time-stability hypothesis. *Brookhaven Symposium Biology*. 22: 71-81.
- Seiter, K. Henesen, C. Schöter, J., Zabel, M., 2004. Organic carbon in surface sediments-defining regional provinces. *Deep-Sea Research*. 51, 2001-2026.
- Signoret, M., Aldeco, J., Barreiro, M.T., 2006. Variabilidad de perfiles de clorofila a obtenidos por fluorescencia natural en el oeste y centro del Golfo de México en Junio de 1999. *Hidrobiológica* 16 (3), 221-232.
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of Diversity. *Nature* 163, 688.

- Snelgrove, P.V., 1999. Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats ocean bottoms are the most widespread habitat on Earth and support high biodiversity and key ecosystems services. *Bioscience*. 49, 129-138.
- Snelgrove, P., 2010. Discoveries of the Census of Marine Life: Making ocean life count. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 270 pp.
- Somerfield, P.J., Warwick, R.M., Moens, T., 2005. Meiofauna Techniques. In: Eleftheriou, A., McIntyre, A.D., (Eds). *Methods for the study of marine benthos*, 3th edition Oxford, pp. 418 .
- Soto, L.A. y Escobar, E., 1995. Coupling mechanisms related to benthic production in the southwestern Gulf of Mexico. En: A. Eleftheriou, A.D. Ansell and C.C. Smith (eds.), *Proc. 28th European Marine Biology Symposium Series*, Olse & Olsen, Denmark, pp. 233-242.
- 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.
- Suess, E., 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans-surface productivity and oxygen utilization. *Nature* 288, 260-283.
- Thiel, H., 1975. The size structure of the deep-sea benthos. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 60, 575-606.
- Thiel, H., 1979. Structural aspects of the deep-sea benthos. *Ambio Special Report* 6, 25–31.

- Thistle, D. y Levin, L.A., 1998. The effect of experimentally increased near-bottom flow on metazoan meiofauna at deep-sea site, with comparison data on macrofauna, *Deep-Sea Research I* 45 (4-5), 625-638.
- Thrush, S.F y Dayton, P.K., 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: Implications for marine biodiversity. *Annual Reviews in Ecology and Systematics*. 33, 449-473.
- Vegas, M., 1980. Introducción a la ecología del bentos marino, Segunda Ed. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C., pp.98.
- Vetter, E.W. y Dayton, P.K., 1998. Macrofaunal communities within and adjacent to a detritus-rich submarine canyon system. *Deep-Sea Research*, 45:25-54.
- 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., Clay, J.M., Soliman, Y., Huettmann, F., Qu, F., Yu, Z., Pitcher, R.C., Haedrich, R.L., Wicksten, M.K., Rex, M.A., Baguley, J.G., Sharma, J., Danovaro, R., MacDonald, I.R., Nunnally, C.C., JDeming, J.W., Montagna, P., Lévesque, M. Weslawski, J.M, Wlodarska-Kowalczyk, M. Ingole, B.S., Bett, B. Billett, D.S.M., Yool, A. Bluhm, B.A., Iken, K. y Narayanaswamy, B.E. 2010. Global patterns and predictions of seafloor biomass using Random Forests. *PLoS ONE* 5(2): e15323. Doi:10.1371/journal.pone.0015323.

- Wei, C.L., 2006. The bathymetric zonation and community structure of deep-sea macrobenthos in the Northern Gulf of Mexico. Master of Science Thesis. Texas A&M University, pp. 91.
- Wei, C.L., Rowe, G., Hubbard, g., Scheltema, A., Wilson, G. Petrescu, I., Foster, J., Wicksten, M, Chen, M. Davenport, R., Soliman, Y. y Wang, Y., 2010. Bathymetric zonation of deep-sea macrofauna in relation to export of surface phytoplankton production. *Marine Ecology Progress Series*. 399, 1-4.
- Wei, C.L., Rowe, G.T., Escobar-Briones, E., Nunnally, C., Soliman, Y. y Ellis, N., 2012. Standing stocks and body size of deep-sea macrofauna: predicting the baseline of 2010 *Deepwater Horizon* oil spill in the northern Gulf of México. *Deep-Sea Research I* 69, 82-99.
- Wilson, W.H., 1991. Competition and predation in marine soft-sediment communities. *Annual Reviews in Ecology and Systematics*, 21, 221-241.

Apéndice I. Valores obtenidos de los factores ambientales de las estaciones muestreadas. Abreviaturas: (N) Nitrógeno, (C) Carbono orgánico, (C/N) Proporción carbono orgánico/nitrógeno, (Chl a) Clorofila.

Estación	Profundidad (m)	Arena (%)	Limos (%)	Arcilla (%)	%N	%C	C/N	Chl a / feopigmentos ($\mu\text{g l}^{-1}$)
1	3737	0.23	64.58	35.19	0.08	0.520	6.5	210.19
2	3560	2.91	65.62	31.48	0.05	0.553	12.28	128.52
3	3476	4.79	71.56	23.65	0.10	0.526	5.53	539.23
4	3468	1.37	74.31	24.31	0.10	0.481	5.06	596.92
5	3477	1.08	72.79	26.13	0.11	0.412	3.75	527.68
6	3433	2.13	73.22	24.66	0.09	0.530	5.89	515.08
7	3468	0.85	65.34	33.81	0.13	0.400	3.08	899.97
8	3480	4.55	72.31	23.14	0.06	0.489	8.15	628.85
9	3463	0	51.718	48.28	*	*	*	323.84
10	3462	0.76	70.05	29.19	0.14	0.393	2.81	599.33
11	3451	1.75	73.29	24.96	0.07	0.440	6.29	239.79
12	3761	0.00	56.05	43.95	0.11	0.406	3.69	651.60

Apéndice III. Valores de la abundancia (ind. 0.0785 m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa.
Estaciones de la E1 a E6.

TAXA		E1A	E2A	E2B	E2C	E3A	E3B	E3C	E4A	E4B	E4C	E5A	E5B	E5C	E6A	E6B	E6C	E6D
Porifera	Esponjas											1						
Cnidaria	Anemonas			1														
Gastrotrichia	Gastrotrichia																	
Nematoda	Nemátodos	1	3	5	2	4		1	9		1	2	1	1	3	1	3	2
Annelida	Poliquetos	2	13	2	4	7	4	3	2	8	3	1	6	1	6	6	2	10
	Oligoquetos		1															
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos				1					1								
	Tanaidáceos			1						1		1	2	1	1		2	
	Isópodos																	
	Anfípodos								1									
	Copépodos			1		3	1	1	1	1	1		1	2	4	1		1
Mollusca	Aplacóforos				1												1	
	Gasterópodos																	
	Escafópodos						1											
	Bivalvos		1				2	1		1	0	1		1		1		
Phoronida	Forónidos																	
Total de Taxa		2	3	5	4	3	4	4	4	5	3	5	4	5	4	4	4	3
Abundancia total por Replica		3	17	10	8	14	8	6	13	12	5	6	10	6	14	9	8	13
Abundancia total por Estación		3	35			28			30			22			44			
Promedio		3	11.67			9.33			10.00			7.33			11.00			
Varianza			22.33			17.33			19.00			5.33			8.67			
Desv Est			4.73			4.16			4.36			2.31			2.94			

Apéndice III Continuación: Valores de la abundancia (ind. 0.0785 m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E7 a E12.

TAXA		E7A	E7B	E7C	E8A	E8B	E9A	E9B	E9C	E10A	E10B	E10C	E11A	E11B	E11C	E12A	E12B	E21C	E12D	
Porifera	Esponjas	1																		
Cnidaria	Anemonas																			
Gastrotrichia	Gastrotrichia						1													
Nematoda	Nemátodos	3	2	3	5	2	1		1	3	2	1	1	1	2	4	3	2	1	
Annelida	Poliquetos	2	1	3	6	4	1	1		3	3		3	2	3	2	7	3	4	
	Oligoquetos																			
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos												1							
	Tanaidáceos	3					1									1				
	Isópodos																			1
	Anfípodos																			
Mollusca	Copépodos	4	1	4		1	1			2	1	1	1		5	1	3			
	Aplacóforos																			1
	Gasterópodos			1											1					
	Escafópodos																			
Phoronida	Bivalvos	1			3															1
	Forónidos																			1
Total de Taxa		4	5	4	3	3	4	2	1	3	3	3	3	3	4	4	3	2	6	
Abundancia total por Replica		10	8	11	14	7	4	2	1	8	6	3	5	4	11	8	13	5	9	
Abundancia total por Estación		29			21		7			17			20			35				
Promedio		9.67			10.50		2.33			5.67			6.67			8.75				
Varianza		2.33			24.50		2.33			6.33			14.33			10.92				
Desv Est		1.53			4.95		1.53			2.52			3.79			3.30				

Apéndice IV. Valores de la densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E1 a E4.

TAXA		E1A	E2A	E2B	E2C	E3A	E3B	E3C	E4A	E4B	E4C
Porifera	Esponjas										
Cnidaria	Anemonas			127.39							
Gastrotrichia	Gastrotrichia										
Nematoda	Nemátodos	127.39	382.17	636.94	254.78	509.55		127.39	1146.50		127.39
Annelida	Poliquetos	254.78	1656.05	254.78	509.55	891.72	509.55	382.17	254.78	1019.11	382.17
	Oligoquetos		127.39								
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos				127.39					127.39	
	Tanaidáceos			127.39						127.39	
	Isópodos										
	Anfípodos								127.39		
	Copépodos			127.39		382.17	127.39	127.39	127.39	127.39	127.39
Mollusca	Aplacóforos				127.39						
	Gasterópodos										
	Escafópodos						127.39				
	Bivalvos		127.39				254.78	127.39		127.39	
Phoronida	Forónidos										
Densidad total por Replica		382.17	2292.99	1273.89	1019.11	1783.44	1019.11	764.33	1656.05	1528.66	636.94
Densidad total por Estación		382.17		4585.99			3566.88			3821.66	
Densidad promedio por estación		382.17		1528.66			1188.96			1273.89	
Varianza por estación				454379.49			281282.54			308328.94	
Desv. Est. por estación				674.08			530.36			555.27	

Continuación: Apéndice IV. Valores de la densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E5 a E8.

TAXA		E5A	E5B	E5C	E6A	E6B	E6C	E6D	E7A	E7B	E7C	E8A	E8B
Porífera	Esponjas	127.39								127.39			
Cnidaria	Anemonas												
Gastrotrichia	Gastrotrichia												
Nematoda	Nemátodos	254.78	127.39	127.39	382.17	127.39	382.17	254.78	382.17	254.78	382.17	636.94	254.78
Annelida	Poliquetos	127.39	764.33	127.39	764.33	764.33	254.78	1273.89	254.78	127.39	382.17	764.33	509.55
	Oligoquetos												
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos												
	Tanaidáceos	127.39	254.78	127.39	127.39		254.78			382.17			
	Isópodos												
	Anfípodos												
	Copépodos		127.39	254.78	509.55	127.39		127.39	509.55	127.39	509.55		127.39
Mollusca	Aplacóforos						127.39						
	Gasterópodos										127.39		
	Escafópodos												
	Bivalvos	127.39		127.39		127.39			127.39			382.17	
Phoronida	Forónidos												
Densidad total por Replica		764.33	1273.89	764.33	1783.44	1146.50	1019.11	1656.05	1273.89	1019.11	1401.27	1783.44	891.72
Densidad total por Estación			2802.55			5605.10				3694.27		2675.16	
Densidad promedio por estación			934.18			1401.27				1231.42		1337.58	
Varianza por estación			86548.47			140641.27				37864.96		397582.05	
Desv. Est. por estación			294.19			375.02				194.59		630.54	

Continuación: Apéndice IV. Valores de la densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E9 a E12.

TAXA		E9A	E9B	E9C	E10A	E10B	E10C	E11A	E11B	E11C	E12A	E12B	E21C	E12D
Porifera	Esponjas													
Cnidaria	Anemonas													
Gastrotrichia	Gastrotrichia	127.39												
Nematoda	Nemátodos	127.39		127.39	382.17	254.78	127.39	127.39	127.39	254.78	509.55	382.17	254.78	127.39
Annelida	Poliquetos	127.39	127.39		382.17	382.17		382.17	254.78	382.17	254.78	891.72	382.17	509.55
	Oligoquetos													
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos								127.39					
	Tanaidáceos		127.39				127.39				127.39			
	Isópodos													127.39
	Anfípodos													
	Copépodos	127.39			254.78	127.39	127.39	127.39		636.94	127.39	382.17		
Mollusca	Aplacóforos													127.39
	Gasterópodos								127.39					
	Escafópodos													
	Bivalvos													127.39
Phoronida	Forónidos												127.39	
Densidad total por Replica		509.55	254.78	127.39	1019.11	764.33	382.17	636.94	509.55	1401.27	1019.11	1656.05	636.94	1146.50
Densidad total por Estación			891.72			2165.61			5095.54				4458.60	
Densidad promedio por estación			297.24			721.87			849.26				1114.65	
Varianza por estación			37864.96			102776.31			232599.02				177153.91	
Desv. Est. por estación			194.59			320.59			482.29				420.90	

Apéndice V. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (s) de la densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E1 a E6.

Taxa		E1 ($\bar{x} \pm s$)	E2 ($\bar{x} \pm s$)	E3 ($\bar{x} \pm s$)	E4 ($\bar{x} \pm s$)	E5 ($\bar{x} \pm s$)	E6 ($\bar{x} \pm s$)
Porifera	Esponjas					42.46 ± 73.55	
Cnidaria	Anemonas		42.46 ± 73.55				
Gastrotrichia	Gastrotrichia						
Nematoda	Nemátodos	127.39 ± 0	424.63 ± 194.59	212.31 ± 265.18	424.63 ± 628.39	169+85 ± 73.55	286.62 ± 121.97
Annelida	Poliquetos	254.78 ± 0	806.79 ± 746.43	594.48 ± 265.18	552.02 ± 409.50	339.70 ± 367.74	764.33 ± 416.05
	Oligoquetos		42.46 ± 73.55				
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos		42.46 ± 73.55		42.46 ± 73.55		
	Tanaidáceos		42.46 ± 73.55		42.46 ± 73.55	169.85 ± 73.55	95.54 ± 121.97
	Isópodos						
	Anfípodos				42.46 ± 73.55		
	Copépodos		42.46 ± 73.55	212.31 ± 147.10	127.39 ± 0	127.39 ± 127.39	191.08 ± 220.64
Mollusca	Aplacóforos		42.46 ± 73.55				31.85 ± 63.69
	Gasterópodos						
	Escafópodos			42.46 ± 73.55			
	Bivalvos		42.46 ± 73.55	127.39 ± 127.39	42.46 ± 73.55	84.93 ± 73.55	31.85 ± 63.69
Phoronida.530	Forónidos						
Densidad promedio ± Desv. Est.		382.17 ± 0	15.28 ± 674.08	1188.96 ± 503.36	1273.89 ± 555.27	934.18 ± 294.19	1401.27 ± 375.02

Continuación: Apéndice V. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (s) de la densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E7 a E12.

Taxa		E7 ($\bar{x} \pm s$)	E8 ($\bar{x} \pm s$)	E9 ($\bar{x} \pm s$)	E10 ($\bar{x} \pm s$)	E11 ($\bar{x} \pm s$)	E12 ($\bar{x} \pm s$)
Porifera	Esponjas	42.46 ± 73.55					
Cnidaria	Anemonas						
Gastrotrichia	Gastrotrichia			42.46 ± 73.55			
Nematoda	Nemátodos	339.70 ± 73.55	445.86 ± 270.23	84.93 ± 73.55	254.78 ± 127.39	169.85 ± 73.55	318.47 ± 164.46
Annelida	Poliquetos	254.78 ± 127+39	636.94 ± 180.15	84.93 ± 73.55	254.78 ± 220.64	339.70 ± 73.55	509.55 ± 275.19
	Oligoquetos						
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos					42.46 ± 73.55	
	Tanaidáceos	127.39 ± 220.64		42.46 ± 73.55	42.46 ± 73.55		31.85 ± 63.69
	Isópodos						31.85 ± 63.69
	Anfípodos						
	Copépodos	382.17 ± 220.64	63.69 ± 90.08	42.46 ± 73.55	169.85 ± 73.55	254.78 ± 337.04	127.39 ± 180.15
Mollusca	Aplacóforos						31.85 ± 63.69
	Gasterópodos	42.46 ± 73.55				42.46 ± 73.55	
	Escafópodos						
	Bivalvos	42.46 ± 73.55	191.08 ± 270.23				31.85 ± 63.69
Phoronida	Forónidos						31.85 ± 63.69
Densidad promedio ± Desv. Est.		1231.42 ± 194.59	1337.58 ± 630.54	297.24 ± 194.59	721.87 ± 320.59	849.26 ± 482.29	1114.65 ± 420.90

Apéndice VII. Valores del peso húmedo fijo (mg phf 0.0785 m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E1 a E6.

Taxa		E1A	E2A	E2B	E2C	E3A	E3B	E3C	E4A	E4B	E4C	E5A	E5B	E5C	E6A	E6B	E6C	E6D	
Cnidaria	Esponjas		0.001																
Porifera	Anemonas											0.002							
Gastrotrichia	Gastrotrichia																		
Nematoda	Nemátodos	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		0.001			0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Annelida	Poliquetos	0.001	0.008	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012	0.009	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.001	0.008
	Oligoquetos		0.001																
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos				0.001						0.001								
	Tanaidáceos			0.001							0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		0.001	
	Isópodos																		
	Anfípodos								0.001										
	Copépodos			0.001			0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		0.001	0.001	0.001	0.001		0.001
Mollusca	Aplacóforos				0.001														0.001
	Gasterópodos																		
	Escafópodos						0.001												
	Bivalvos		0.001				0.001	0.001		0.001			0.001		0.001		0.001		
Phoronida	Forónidos																		
Biomasa por Replica		0.002	0.011	0.005	0.004	0.003	0.004	0.004	0.015	0.013	0.005	0.007	0.004	0.005	0.004	0.009	0.004	0.010	
Biomasa por Estación		0.002	0.020				0.011			0.033			0.016			0.027			

Continuación: Apéndice VII. Valores del phf (mg phf 0.0785 m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E7 a E12.

Taxa		E7A	E7B	E7C	E8A	E8B	E9A	E9B	E9C	E10A	E10B	E10C	E11A	E11B	E11C	E12A	E12B	E12C	E12D
Cnidaria	Esponjas																		
Porifera	Anemonas		0.002																
Gastrotrichia	Gastrotrichia						0.001												
Nematoda	Nemátodos	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Annelida	Poliquetos	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		0.001	0.001		0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
	Oligoquetos																		
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos												0.001						
	Tanaidáceos		0.001					0.001								0.001			
	Isópodos																		0.001
	Anfípodos																		
Mollusca	Copépodos	0.001	0.001	0.001		0.001	0.001			0.001	0.001	0.001	0.001		0.001	0.001			
	Aplacóforos																		0.001
	Gasterópodos			0.001											0.001				
	Escafópodos																		
Phoronida	Bivalvos	0.001			0.001													0.001	0.001
	Forónidos																		0.001
Biomasa por Replica		0.005	0.006	0.004	0.003	0.003	0.004	0.002	0.001	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.006
Biomasa por Estación			0.015		0.006		0.007			0.008			0.010					0.017	

Apéndice VIII. Valores del phf (mg m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E1 a E6.

Taxa		E1A	E2A	E2B	E2C	E3A	E3B	E3C	E4A	E4B	E4C	E5A	E5B	E5C	E6A	E6B	E6C	E6D		
Cnidaria	Esponjas		0.127																	
Porifera	Anemonas											0.255								
Gastrotrichia	Gastrotrichia																			
Nematoda	Nemátodos	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127		0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	
Annelida	Poliquetos	0.127	1.019	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	1.529	1.146	0.382	0.255	0.127	0.127	0.127	0.127	0.764	0.127	1.019	
	Oligoquetos		0.127																	
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos				0.127				0.127											
	Tanaidáceos		0.127						0.127			0.127	0.127	0.127	0.127	0.127		0.127		0.127
	Isópodos																			
	Anfípodos								0.127											
	Copépodos			0.127			0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127		0.127	0.127	0.127	0.127	0.127		0.127
Mollusca	Aplacóforos			0.127															0.127	
	Gasterópodos																			
	Escafópodos						0.127													
	Bivalvos		0.127				0.127	0.127	0.127			0.127		0.127		0.127				
Phoronida	Forónidos																			
Biomasa por replica		0.255	1.401	0.637	0.510	0.382	0.510	0.510	1.911	1.656	0.637	0.892	0.510	0.637	0.510	1.146	0.510	1.274		
Biomasa promedio por estación		0.255	0.849			0.467			1.401			0.679			0.860					
Varianza			0.233			0.005			0.454			0.038			0.166					
Desv. Est.			0.482			0.074			0.674			0.195			0.408					

Continuación: Apéndice VIII. Valores del phf (mg m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E7 a E12.

Taxa		E7A	E7B	E7C	E8A	E8B	E9A	E9B	E9C	E10A	E10B	E10C	E11A	E11B	E11C	E12A	E12B	E12C	E12D	
Cnidaria	Esponjas																			
Porifera	Anemonas	0.255																		
Gastrotrichia	Gastrotrichia						0.127													
Nematoda	Nemátodos	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127		0.127		0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	
Annelida	Poliquetos	0.255	0.127	0.127	0.127	0.127		0.127	0.127		0.127	0.127		0.127	0.127	0.127	0.127	0.255	0.127	0.127
	Oligoquetos																			
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos												0.127							
	Tanaidáceos	0.127						0.127									0.127			
	Isópodos																			0.127
	Anfípodos																			
	Copépodos	0.127	0.127	0.127		0.127	0.127			0.127	0.127	0.127	0.127		0.127		0.127	0.127		
Mollusca	Aplacóforos																			0.127
	Gasterópodos		0.127											0.127						
	Escafópodos																			
	Bivalvos	0.127				0.127														0.127
Phoronida	Forónidos																			0.127
Biomasa por replica		0.637	0.764	0.510	0.382	0.382	0.510	0.255	0.127	0.382	0.382	0.255	0.382	0.382	0.510	0.510	0.510	0.382	0.764	
Biomasa promedio por estación		0.637			0.382		0.297			0.340			0.425			0.541				
Varianza		0.016			0.000		0.038			0.005			0.005			0.026				
Desv. Est.		0.127			0.000		0.195			0.074			0.074			0.160				

Apéndice IX. Valores de biomasa (mg C m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E7 a E12.

Taxa		E1A	E2A	E2B	E2C	E3A	E3B	E3C	E4A	E4B	E4C	E5A	E5B	E5C	E6A	E6B	E6C	E6D		
Cnidaria	Esponjas		0.408																	
Porifera	Anemonas											2.038								
Gastrotrichia	Gastrotrichia																			
Nematoda	Nemátodos	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408		0.408	0.408		0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	
Annelida	Poliquetos	0.650	5.197	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	7.796	5.847	1.949	1.299	0.650	0.650	0.650	3.898	0.650	5.197		
	Oligoquetos		0.408																	
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos				0.344					0.369										
	Tanaidáceos		0.369							0.369			0.369	0.369	0.369	0.369		0.369		0.369
	Isópodos																			
	Anfípodos								0.573											
	Copépodos		0.418			0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.000	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418		0.418	
Mollusca	Aplacóforos				0.726														0.726	
	Gasterópodos																			
	Escafópodos						0.510													
	Bivalvos		0.433				0.433	0.433		0.433			0.433		0.433		0.433			
Phoronida	Forónidos																			
Biomasa por replica		1.057	6.446	2.252	2.127	1.475	2.010	1.908	9.195	7.437	2.775	4.548	1.845	2.278	1.845	5.157	2.153	6.023		
Biomasa promedio por estación		2.115	3.608			1.798			6.469			2.890			3.794					
Varianza			6.042			0.081			11.008			2.108			4.440					
Desv. Est. por estación			2.458			0.284			3.318			1.452			2.107					

Continuación: Apéndice IX. Valores de biomasa (mg C m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E7 a E12.

Taxa		E7A	E7B	E7C	E8A	E8B	E9A	E9B	E9C	E10A	E10B	E10C	E11A	E11B	E11C	E12A	E12B	E12C	E12D
Cnidaria	Esponjas																		
Porifera	Anemonas	2.038																	
Gastrotrichia	Gastrotrichia						0.418												
Nematoda	Nemátodos	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408		0.408		0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408
Annelida	Poliquetos	1.299	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650		0.650	0.650		0.650	0.650	0.650	0.650	1.299	0.650	0.650
	Oligoquetos																		
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos												0.344						
	Tanaidáceos		0.369					0.369								0.369			
	Isópodos																		0.418
	Anfípodos																		
Mollusca	Copépodos	0.418	0.418	0.418		0.418	0.418			0.418	0.418	0.418	0.418		0.418	0.418	0.418	0.418	
	Aplacóforos																		0.726
	Gasterópodos			0.433											0.433				
	Escafópodos																		
Phoronida	Bivalvos	0.433			0.433													0.433	
	Forónidos																		0.418
Biomasa por replica		2.558	3.883	1.908	1.490	1.475	1.893	1.019	0.408	1.475	1.475	0.825	1.475	1.401	1.908	1.845	2.125	1.490	3.052
Biomasa promedio por estación		2.783			1.483		1.107			1.259			1.595			2.128			
Varianza		1.013			0.000		0.557			0.141			0.075			0.447			
Desv. Est. por estación		1.006			0.011		0.747			0.375			0.274			0.669			

Apéndice X. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (s) de la biomasa (mg C m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E1 a E6.

Taxa		E1 ($\bar{x} \pm s$)	E2 ($\bar{x} \pm s$)	E3 ($\bar{x} \pm s$)	E4 ($\bar{x} \pm s$)	E5 ($\bar{x} \pm s$)	E6 ($\bar{x} \pm s$)
Cnidaria	Esponjas		0.41				
Porifera	Anemonas					2.04	
Gastrotrichia	Gastrotrichia						
Nematoda	Nemátodos	0.41	0.401	0.41	0.408	0.41	0.41
Annelida	Poliquetos	0.65	2.17 ± 2.63	0.65	5.197 ± 2.977	0.87 ± 0.38	2.60 ± 2.31
	Oligoquetos		0.41				
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos		0.34		0.37		
	Tanaidáceos		0.37		0.37	0.37	0.37
	Isópodos						
	Anfípodos				0.57		
	Copépodos		0.42	0.42	0.42	0.28 ± 0.24	0.42
Mollusca	Aplacóforos		0.73				0.73
	Gasterópodos						
	Escafópodos			0.51			
	Bivalvos		0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Phoronida	Forónidos						
Biomasa	$\bar{x} \pm \sigma$ por estación	1.06	3.61 ± 2.46	1.80 ± 0.28	6.47 ± 3.32	2.89 ± 1.45	3.79 ± 2.11

Continuación: Apéndice X. Valores promedio (\bar{x}) y desviación estándar (S) de la biomasa (mg C m⁻²) de la macrofauna bentónica de cada taxa. Estaciones de la E7 a E12.

Taxa		E7($\bar{x} \pm s$)	E8 ($\bar{x} \pm s$)	E9 ($\bar{x} \pm s$)	E10 ($\bar{x} \pm s$)	E11 ($\bar{x} \pm s$)	E12 ($\bar{x} \pm s$)
Cnidaria	Esponjas						
Porifera	Anemonas	2.04 ± 0					
Gastrotrichia	Gastrotrichia			0.42 ± 0			
Nematoda	Nemátodos	0.41 ± 0	0.41 ± 0	0.41 ± 0	0.41 ± 0	0.41 ± 0	0.41 ± 0
Annelida	Poliquetos	0.87 ± 0.38	0.56 ± 0	0.65 ± 0	0.65 ± 0	0.65 ± 0	0.81 ± 0.32
	Oligoquetos						
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos					0.34 ± 0	
	Tanaidáceos	0.37 ± 0		0.37 ± 0			0.37 ± 0
	Isópodos						0.42 ± 0
	Anfípodos						
Mollusca	Copépodos	0.42 ± 0	0.42 ± 0	0.42 ± 0	0.42 ± 0	0.42 ± 0	0.42 ± 0
	Aplacóforos						0.73 ± 0
	Gasterópodos	0.43 ± 0				0.43 ± 0	
	Escafópodos						
Phoronida	Bivalvos	0.43 ± 0	0.43 ± 0				0.43 ± 0
	Forónidos						0.42 ± 0
Biomasa	$\bar{x} \pm \sigma$ por estación	2.78 ± 1.01	1.48 ± 0.01	1.11 ± 0.75	1.26 ± 0.38	1.59 ± 0.27	2.13 ± 0.67

Apéndice XI. Valores de las constantes de transformación de biomasa propuestas por Rowe (1983) utilizadas.

Taxa		Constantes de transformación de biomasa propuestas por Rowe (1983)
Cnidaria	Esponjas	3.280
Porifera	Anemonas	8.000
Gastrotrichia	Gastrotrichia	3.280
Nematoda	Nemátodos	3.200
Annelida	Poliquetos	5.100
	Oligoquetos	3.200
Arthropoda (Subphylum Crustacea)	Cumáceos	2.700
	Tanaidáceos	2.900
	Isópodos	3.280
	Anfípodos	4.500
Mollusca	Copépodos	3.280
	Aplacóforos	5.700
	Gasterópodos	3.400
	Escafópodos	4.000
Phoronida	Bivalvos	3.400
	Forónidos	3.280

Apéndice XIII. Valores del porcentaje de afinidad de los factores ambientales y p.

Factor ambiental	Afinidad (%)	p=
Profundidad	12.44	0.19
N	21.59	0.008*
C _{org}	25.82	0.022*
C/N	16.45	0.071
Chl a (µg/l)	16.57	0.050*
% Arena	13.69	0.152
% Limos	13.62	0.145
% Arcilla	14.52	0.123

Apéndice XIV. Familias de poliquetos determinados por estación.

FAMILIA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
CAPITELLIDAE	X				X							
TRICHOBRANCHIDAE	X											
SABELLIDAE		X	X									
CIRRATULIDAE		X			X	X						X
PARAONIDAE		X				X				X	X	
MALDANIDAE		X	X	X		X						
OPHELIDAE		X										
PILARGIDAE			X			X	X	X				
POECILOCHAETIDAE						X						
TERABELLIDAE						X						X
CUSSURIDAE								X				
FLABELLIGERIDAE								X				
HESIONIDAE											X	
LUMBRINERIDAE												X