



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

---

---

**DESCRIPCIÓN DE LA**  
**ESTRUCTURA COMUNITARIA DEL MEIOBENTOS**  
**EN LA PLANICIE ABISAL DEL GOLFO DE MÉXICO: 2010**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

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

**THALÍA MALENI MARTÍNEZ SEGUNDO**



**DIRECTORA DE TESIS:**  
**DRA. ELVA GUADALUPE ESCOBAR-BRIONES**

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2019



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.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**



**DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA  
COMUNITARIA DEL MEIOBENTOS EN  
LA PLANICIE ABISAL DEL GOLFO DE  
MÉXICO: 2010**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

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

**THALÍA MALENI MARTÍNEZ SEGUNDO**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. ELVA GUADALUPE ESCOBAR-BRIONES**

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México,

2019

## Datos del jurado

1. Datos del alumno

Martínez  
Segundo  
Thalía Maleni  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala  
Biología  
307261171

2. Datos del tutor

Dra.  
Elva Guadalupe  
Escobar  
Briones

3. Datos del sinodal 1

Dr.  
Arturo  
Rocha  
Ramírez

4. Datos del sinodal 2

Biol.  
José Ángel  
Lara  
Vázquez

5. Datos del sinodal 3

Dra.  
Gloria  
Vilaclara  
Fatjo

6. Datos del sinodal 4

Mtro.  
Daniel Octavio  
Ramos  
Carmona

7. Datos del trabajo escrito

Descripción de la estructura comunitaria del meiobentos en la planicie  
abisal del Golfo de México: 2010  
115 p.  
2019



*“-Ama usted el mar, capitán.*

*-¡Sí! ¡Lo amo! ¡El mar es todo! Cubre las siete décimas partes del mundo. Su aliento es puro y sano. Es el inmenso desierto en el que el hombre no está nunca solo, pues siente estremecerse la vida en torno suyo. El mar es el vehículo de una sobrenatural y prodigiosa existencia; es movimiento y amor; es el infinito viviente, como ha dicho uno de sus poetas...*

*El mar es la gran reserva de la naturaleza. Fue por el mar por lo que comenzó el mundo, y quién sabe si no terminará por él.”*

***Veinte mil leguas de viaje submarino***

***-Julio Verne-***



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y al Laboratorio de Biodiversidad y Macroecología.

Al Proyecto: “Factores que definen la variabilidad de la diversidad biológica y biomasa béntica en el mar profundo del Golfo de México.” El cual ha sido financiado en sus diferentes etapas por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

Esta tesis es un producto del Laboratorio Nacional Buques Oceanográficos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (FONDO F0003 NÚMERO 00000000281140, LN 295157).

El tiempo de buque de la Campaña SIGSBEE 13, fue financiado por la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.

A la tripulación del B/O “Justo Sierra”, por su apoyo en las maniobras durante la campaña oceanográfica SIGSBEE 13.

A la Dra. Elva Escobar Briones por la oportunidad de ser parte de su grupo de trabajo, por su guía y paciencia en la realización de este trabajo.

A los miembros del jurado, Dr. Arturo Rocha Ramírez, Biol. José Ángel Lara Vázquez, Dra. Gloria Vilaclara Fatjo y Mtro. Daniel Octavio Ramos Carmona, por sus acertados comentarios y apoyo para mejorar este trabajo.

Al Dr. Luis Alberto Oseguera Pérez por su apoyo en la obtención de datos de concentración de clorofila *a*.

A todos mis compañeros de laboratorio con quienes conviví, Sandra, Esme, Letty, Adriana, Nora, Darién, Karla, Erick, Karen, Iris, Paco, Clara por su compañía y amistad.

A cada uno de mis profesores en la carrera, por todas sus enseñanzas que fueron parte fundamental en mi formación.

Al Dr. Alejandro Cristín Ponciano, por su consejo de no quedarme en un solo sitio e ir en busca de experiencias nuevas.



Al maestro José Ángel Lara Vázquez, por todas sus enseñanzas y asesorías a lo largo de mi formación como bióloga y profesionista.

A la M. en C. Pilar Amellali Badillo Suarez, por su paciencia y enseñanzas al inicio de la carrera.

A mis amigos de UNIVERSUM y al físico Juan Ramón Sánchez Jácome por tantos permisos y tanta paciencia.

A mis amigos y compañeros de carrera, en especial a mis amigas Alejandra Godoy León y Xóchitl Nieves Morales por su amistad, por tanto compartido en todo este tiempo, por sus consejos, su compañía, su paciencia y su amor.

### **DEDICATORIA**

A toda la familia Segundo, mis tíos Mario y Edgar, por siempre estar al pendiente de mí; a mi abuelo Mario y a mis tías Lilys y Ana por su cariño.

A mis hermanos Tania y José, por estar siempre conmigo y motivarme a aprender cada día más; ustedes son mi motor.

Finalmente a mi mamá, Judith Segundo López, por todo su amor, su apoyo incondicional, su guía y sus consejos que me motivaron a seguir adelante y no rendirme en alcanzar mis metas. ¡MUCHAS GRACIAS! ¡TE AMO!

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	3
1.1. El mar profundo	3
1.2. Las comunidades bénticas	3
1.3. La meiofauna	4
1.4. La estructura comunitaria	5
<b>2. ANTECEDENTES</b>	5
2.1. Conocimiento general de la meiofauna de mar profundo en el mundo	6
2.2. Aportaciones del conocimiento de la meiofauna de la planicie abisal Sigsbee	7
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	8
<b>4. OBJETIVOS</b>	8
4.1. Objetivo general	8
4.2. Objetivos particulares	8
<b>5. HIPÓTESIS</b>	9
<b>6. ÁREA DE ESTUDIO</b>	9
6.1. Ubicación	9
6.2. Geología	10
6.3. Hidrodinámica	13
<b>7. MATERIAL Y MÉTODO</b>	15
7.1. Trabajo de campo	15
7.2. Trabajo de laboratorio	17
<b>8. RESULTADOS</b>	26
8.1. Descripción taxonómica	26
8.2. Riqueza específica y abundancia	29
8.3. Densidad	37
8.4. Índices ecológicos	39
8.5. Parámetros ambientales	43
8.6. Similitud entre localidades	64
8.7. Frecuencia de ocurrencia	68
<b>9. DISCUSIÓN</b>	70
9.1. Descripción taxonómica	70
9.2. Riqueza específica	70
9.3. Abundancia y densidad	71
9.4. Índices ecológicos	72
9.5. Parámetros ambientales	73
<b>10. CONCLUSIONES</b>	75
<b>11. LITERATURA CITADA</b>	76
<b>12. ANEXOS</b>	86

## Figuras

Figura 1. Mapa del Golfo de México, realizado a partir del programa QGIS.	10
Figura 2. Regiones ecológicas del Golfo de México y la llanura costera circundante, que muestran divisiones terrestres, marinas e hidrológicas. Modificado de (Yáñez-Arancibia y Day, 2004; Yáñez-Arancibia et al., 2009); extraído de Poag (2015).	11
Figura 3. Características fisiográficas y provincias del Golfo de México, realizado a partir del programa QGIS; modificado de Poag (2015).	12
Figura 4. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	15
Figura 5. Prueba de Olmstead-Tukey, representando en cada cuadrante taxa dominantes, constantes, ocasionales y raras (Steel y Torrie, 1985).	25
Figura 6. Variación de la riqueza específica (s), para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	30
Figura 7. Variación de la riqueza específica (s) en cada región de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	31
Figura 8. Variación de la abundancia (individuos/0.007 m <sup>2</sup> ) en cada estación de muestreo, de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	33
Figura 9. Variación de la abundancia (individuos/0.007 m <sup>2</sup> ) en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	34
Figura 10. Abundancia (individuos/0.007 m <sup>2</sup> ) y riqueza taxonómica (s) para cada estación de muestreo y nivel de sedimento de la campaña SIGSBEE 13. a) Nivel 1, b) Nivel 2, c) Nivel 3.	36
Figura 11. Variación de la densidad (individuos/m <sup>2</sup> ) en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	38
Figura 12. Variación del porcentaje de arenas en cada estación de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	46
Figura 13. Variación del porcentaje de arenas en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	47
Figura 14. Variación del porcentaje de limos en cada estación de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	48
Figura 15. Variación del porcentaje de limos en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	49
Figura 16. Variación del porcentaje de arcillas en cada estación de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	50
Figura 17. Variación del porcentaje de arcillas en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	51
Figura 18. Variación del porcentaje de arenas en cada región de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	52
Figura 19. Variación del porcentaje de limos en cada región de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	53
Figura 20. Variación del porcentaje de arcillas en cada región de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	54
Figura 21. Porcentaje de sedimento según la clasificación textural de Shepard para el nivel 1 (0-1.0 cm) en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	55
Figura 22. Porcentaje de sedimento según la clasificación textural de Shepard, para el nivel 2 (1.1-3.0 cm), en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	56
Figura 23. Porcentaje de sedimento según la clasificación textural de Shepard para el nivel 3 (3.1-5.0 cm) en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	57

Figura 24. Variación del porcentaje de nitrógeno, para cada una de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	59
Figura 25. Variación del porcentaje de carbono orgánico, para cada una de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	60
Figura 26. Variación del porcentaje de nitrógeno en cada región de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	61
Figura 27. Variación del porcentaje de carbono orgánico en cada región de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.	62
Figura 28. Concentración de clorofila <i>a</i> en el sedimento superficial de cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	63
Figura 29. Dendrograma de similitud Bray-Curtis. G1 y G2 generados a partir de la abundancia de los grupos taxonómicos, en cada una de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	64
Figura 30. Dendrogramas de similitud Bray-Curtis generados a partir de la abundancia de los grupos taxonómicos, en cada una de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13; a) Nivel 1 (0-1.0 cm), b) Nivel 2 (1.1-3.0 cm), c) Nivel 3 (3.1-5.0 cm).	66
Figura 31. Dendrograma de similitud Bray-Curtis. G1 y G2 generados a partir de la abundancia de los grupos taxonómicos, para las 2 regiones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	67
Figura 32. Caracterización de los grupos taxonómicos por su frecuencia relativa y abundancia de la región perteneciente a la Planicie abisal Sigsbee. Los números representan a los taxa: Nematodo=1, Copépodo=2, Poliqueto=3, Equiuro=4, Ostrácodo=5, Cumáceo=6, Bivalvo=7, Tanaidáceo=8, Esponja=9, Quinorrinco=10, Foraminífero=11, Oligoqueto=12, Ácaro=13, Briozoo=14, Isópodo=15, Anfípodo=16, Priapúlido=17, Sipunculido=18, Holoturoideo=19, Aplacóforo=20.	68
Figura 33. Caracterización de los grupos taxonómicos por su frecuencia relativa y abundancia de la región perteneciente al Abanico del Mississippi. Los números representan a los taxa: Nematodo=1, Copépodo=2, Poliqueto=3, Equiuro=4, Ostrácodo=5, Cumáceo=6, Bivalvo=7, Tanaidáceo=8, Esponja=9, Quinorrinco=10, Foraminífero=11, Oligoqueto=12, Acaro=13, Hidrozoo=14, Isópodo=15, Anfípodo=16, Priapúlido=17, Sipunculido=18, Holoturoidea=19, Aplacoforo=20.	69

## Tablas

Tabla 1. Descripción de algunos estudios de meiofauna del mar profundo en el mundo a partir del año 2000.	6
Tabla 2. Descripción de algunos estudios de meiofauna de mar profundo en el Golfo de México y planicie abisal Sigsbee.	7
Tabla 3. Posición geográfica, profundidad y número de réplicas colectadas por estación en el muestreo de meiofauna de la campaña SIGSBEE 13.	17
Tabla 4. Escala de tamaños de grano. Clasificación de Wentworth de los tamaños de partículas y escala phi ( $\phi$ ), tomado de Gray (1981).	22
Tabla 5. Grupos taxonómicos registrados con base a la clasificación de Brusca y Brusca (2016) de la meiofauna abisal, identificada en once estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	27
Tabla 6. Grupos taxonómicos identificados en las 11 estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviatura: (N.C.) Nombre común.	28
Tabla 7. Riqueza específica (s) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	29
Tabla 8. Riqueza específica (s) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	30
Tabla 9. Abundancia (individuos/0.007 m <sup>2</sup> ) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	32
Tabla 10. Abundancia (individuos/0.007 m <sup>2</sup> ) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	32
Tabla 11. Densidad (individuos/m <sup>2</sup> ) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	37
Tabla 12. Densidad (individuos/m <sup>2</sup> ) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo y nivel de sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	38
Tabla 13. Valores de los Índices ecológicos ( $H' \log_2, J'$ y $D$ ) en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	39
Tabla 14. Valores de los Índices ecológicos ( $H' \log_2, J'$ y $D$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	41
Tabla 15. Valores de los Índices ecológicos ( $H' \log_2, J'$ y $D$ ) en cada región de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	42
Tabla 16. Porcentaje de arenas, limos y arcillas promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	44
Tabla 17. Porcentaje de arenas, limos y arcillas promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	51
Tabla 18. Porcentaje de materia orgánica (%N y %C <sub>org</sub> ) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.	58
Tabla 19. Porcentaje de la materia orgánica (%N, %C <sub>org</sub> ) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	60
Tabla 20. Valores de clorofila <i>a</i> , en el sedimento superficial ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	63
Tabla 21. Comparación de la riqueza taxonómica y densidad de meiofauna en diferentes regiones.	71

## **Anexos**

Anexo I. Abundancia total (individuos/0.007 m <sup>2</sup> ), de cada grupo taxonómica identificado en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	86
Anexo II. Riqueza específica de cada grupo taxonómico identificado en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	90
Anexo III. Parámetros ambientales del área de muestreo. Abreviaturas: N%: Nitrógeno orgánico en el sedimento y C <sub>org</sub> %: Carbono orgánico en el sedimento.	94
Anexo IV. Valores de tamaño de grano encontrados en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.	95
Anexo V. Valores de parámetros estadísticos granulométricos por nivel y estación en la campaña Sigsbee 13. Abreviaturas: promedio gráfico (Mz), desviación estándar grafica inclusiva ( $\sigma_i$ ), grado de asimetría gráfica (Sk <sub>i</sub> ) y curtosis gráfica (K <sub>G</sub> ).	96
Anexo VI. Matriz de similitud por estación, Índice de Bray-Curtis.	97
Anexo VII. Resultados de análisis estadísticos	100

## RESUMEN

El presente estudio reconoció la estructura comunitaria de la meiofauna de la planicie abisal del Golfo de México. El material se obtuvo en la campaña oceanográfica "SIGSBEE 13", realizada en agosto-septiembre de 2010 a bordo del B/O Justo Sierra, UNAM. La recolecta de las muestras se realizó en dos regiones del Golfo de México (planicie abisal Sigsbee y el Abanico del Mississippi) a profundidades de 2998 a 3749 metros, en la que se recolectaron solo los primeros 5 cm de sedimento con un nucleador múltiple. Se identificaron 20 taxa (nemátodos, copépodos, poliquetos, equiuros, ostrácodos, cumáceos, bivalvos, tanaidáceos, esponjas, quinorrincos, foraminíferos, oligoquetos, ácaros, hidrozooos, isópodos, anfípodos, priapúlidos, sipuncúlidos, holoturoideos y aplacóforos) con un total de 1796 individuos. La región del Abanico del Mississippi fue la que presentó que una mayor riqueza con 13 taxa. La región con mayor abundancia total fue la de la planicie abisal Sigsbee con 457 individuos. El nivel 1 (0-1.0 cm) con 1280 individuos fue el que presentó una mayor abundancia, reduciéndose en los niveles siguientes nivel 2 (1.1-3.0 cm) 321 y por último el nivel 3 (3.1-5.0 cm) 210. Los nemátodos fueron el taxón más abundante de las estaciones, seguido por los copépodos harpacticoides. Se observó un patrón de distribución en el grupo de los nemátodos, encontrándose una disminución de su abundancia con la profundidad del sedimento. Se encontró que el taxón dominante, en las dos regiones estudiadas, fue nemátodo. La densidad osciló en un intervalo de (1496 a 25 individuos/m<sup>2</sup>). Los factores ambientales que se analizaron, sugieren que los patrones de distribución observados responden al predominio de limos en el sedimento.

## ABSTRACT

The present study recognized the community structure of the meiofauna of the abyssal plain of the Gulf of Mexico. The material was obtained during oceanographic campaign "SIGSBEE 13", carried out in August-September 2010 on board R/V Justo Sierra, UNAM. The samples were collected in two regions of the Gulf of Mexico (Sigsbee abyssal plain and the Mississippi Fan) at depths of 2998 to 3749 meters, in which only the first 5 cm of sediment was collected with a multiple nucleator. Were identified 20 taxa (nematodes, copepods, polychaetes, echinurus, ostracods, cumaceans, bivalves, tanaidaceans, sponges, quinorinids, foraminifera, oligochaetes, mites, hydrozoans, isopods, amphipods, priapulids, sipunculids, holoturoids and aplousobranchs) with a total of 1796 organisms. The region of the Mississippi Fan was the one that presented greater wealth with 13 taxa. The region with the greatest total abundance was that of the Sigsbee abyssal plain with 457 organisms. Level 1 (0-1.0 cm) with 1280 organisms was the one that presented the greatest abundance, being reduced in the following level 2 (1.1-3.0 cm) 321 and finally level 3 (3.1-5.0 cm) 210. The nematodes they were the most abundant taxon of the stations, followed by the harpacticoid copepods. A distribution pattern was observed in the group of nematodes, finding a decrease in their abundance with the depth of the sediment. It was found that the dominant taxon, in the two regions studied, was a nematode. The density oscillated in a range of (1496 to 25 individuals/m<sup>2</sup>). The environmental factors that were analyzed suggest that the distribution patterns observed respond to the predominance of silts in the sediment.



## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. El Mar profundo**

El mar profundo es la región marina ubicada a más de 200 m de profundidad; la ausencia de luz es el factor ambiental que generalmente determina el límite de esta región al comienzo del talud continental (Escobar-Briones, 2000). Éste presenta una serie de características que hacen del mar profundo un entorno distinto a cualquier otro ecosistema marino, tales como una productividad biológica escasa, la oscuridad permanente, la baja temperatura de 2 a 4°C, tasas biológicas reducidas, el efecto de la presión hidrostática y la dependencia generalmente de otros ecosistemas para sostener a los organismos, con el fitodetrito como principal aporte alimentario con valores de 1 a 10 g cm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> (Lara-Lara *et al.*, 2008). La diversidad es elevada registrándose entre 21 y 250 especies en un área de 0.25 m<sup>2</sup> de lodo de mar profundo, además que la gran mayoría de sus especies son endémicas (Escobar-Briones, 2014).

La configuración geoquímica, geológica y física de la columna de agua y el fondo marino en el mar profundo permiten la conformación de hábitats, en el que las asociaciones y comunidades de fauna son únicas y específicas (Escobar-Briones, 2014).

### **1.2. Las comunidades bénticas**

Las comunidades bénticas constituyen un eslabón muy importante de la cadena trófica; su papel reside en la transferencia de energía entre los productores primarios y los consumidores terciarios. Ya que dependen tanto de factores biológicos como de factores físicos, que en su conjunto intervienen en la distribución de las especies que lo conforman (Levin *et al.*, 2001).

El bentos es el conjunto de organismos que habitan y se encuentran asociados al fondo de los cuerpos de agua. Los phylum representativos de la comunidad béntica son Annelida, Arthropoda, Brachiopoda, Cnidaria, Echinodermata, Mollusca, Nemertea, Porifera, Sipuncula, Kinorhyncha, Nemata, Platyhelminthes, Granuloreticulosa y Tardigrada (Escobar-Briones, 2000).

La clasificación del bentos varía dependiendo el tipo de estudio en cuestión, así se tienen las clasificaciones por posición en la que aquellos que habitan dentro o enterrados en el sedimento se les conoce con infauna y a los que prosperan sobre el sustrato integran la epifauna (Carrasco, 2004).

En particular por su talla se clasifican por la retención que se tiene de los organismos según el tipo de malla de tamiz: macrobentos ( $\geq 250 \mu\text{m}$ ), meiobentos ( $< 250 \mu\text{m}$  a  $63 \mu\text{m}$ ) y microbentos ( $< 63 \mu\text{m}$ ) (Pech y Ardisson, 2010). Además por su peso se define el macrobentos como aquellos organismos que pesan de 1 a 100 mg, el meiobentos de  $1 \times 10^{-4}$  a 0.05 mg y el microbentos de  $1 \times 10^{-9}$  a  $1 \times 10^{-4}$  mg. Se define como macrobentos la macrofauna que habita en el fondo e incluye también las macroalgas. La meiofauna contiene organismos de talla intermedia, tales como copépodos, cumáceos, poliquetos de talla pequeña, nemátodos y foraminíferos. La microfauna incluye a diatomeas bentónicas, bacterias y a protozoarios excepto foraminíferos, ya que se incluyen dentro de la meiofauna (Mare, 1942).

### **1.3. La meiofauna**

Se consideran meiofauna aquellos organismos bentónicos cuyo intervalo de talla está definido entre  $44 \mu\text{m}$  y  $250 \mu\text{m}$ . Recientemente se ha fijado el límite inferior de la meiofauna en  $31 \mu\text{m}$  para incluir hasta los individuos más pequeños de la meiofauna presentes en el mar profundo (Giere, 2009).

La meiofauna habita el sedimento superficial y se llega a distribuir con una alta uniformidad, presentándose comúnmente en hábitats de los márgenes continentales y las extensas planicies abisales (Escobar-Briones, 2014).

Una forma de describir las diferencias que muestran las comunidades es por su estructura.

#### **1.4. La estructura comunitaria**

La estructura comunitaria es su composición, tanto en número de especies como en sus porcentajes (Starr y Taggart, 2006). En una interpretación más amplia y compleja se pueden incluir también los patrones de interacción entre las especies (Roxburgh, 2001). Podemos describir la composición de una comunidad por su riqueza y diversidad de especies, entendiendo que la riqueza de especies es el número total de especies en una comunidad particular. La estructura comunitaria es el resultado de muchos factores que interactúan, tanto abióticos (parámetros fisicoquímicos) como bióticos (relacionados con la interacción de otros organismos): algunos de los factores que influyen de manera más importante son la heterogeneidad en la distribución, las interacciones entre individuos de diferentes especies y la geografía del lugar en que viven (Raven *et al.*, 2014).

## **2. ANTECEDENTES**

A finales del siglo XIX se inició la investigación enfocada al mar profundo, con las campañas del buque Challenger; los primeros estudios sobre el bentos en el ambiente de mar profundo se inician en 1867, con recolecciones realizadas por Alexander Agassiz. Las primeras muestras obtenidas en el mar profundo del Golfo de México y el mar Caribe las realizó el zoólogo estadounidense A. Agassiz a finales del siglo XIX (Escobar-Briones, 2000). Rowe y Menzel (1971) publicaron los primeros estudios de mar profundo del Golfo de México, en temas de la distribución de la biomasa del macrobentos en el Escarpe de Campeche (Escobar-Briones, 2000). La escasa descripción de especies y la limitada cobertura actual de las muestras obtenidas dificultan comprender los patrones de diversidad (Mora *et al.*, 2008).

Se observa que en México, una de las comunidades marinas menos estudiadas es la del bentos, a pesar de su relevancia por el vínculo que tiene en el reciclaje de materiales en la interfase agua-sedimento (Escobar-Briones, 2004).

## 2.1. Conocimiento general de la meiofauna de mar profundo en el mundo

En las décadas de los 50 y 60 se comenzaron a realizar estudios acerca de los factores que regulan la distribución y la abundancia de la meiofauna. El primer estudio cuantitativo de la meiofauna lo realizaron Wigley y McIntyre (1964). Dichos estudios se enfocaron en la ecología descriptiva y la taxonomía de los grupos que conforman la meiofauna, lográndose comprender la forma en que diversos factores abióticos y bióticos regulan la distribución, la densidad y la diversidad de la meiofauna (Coull y Giere, 1988).

En general existe un número limitado de estudios sobre patrones de pequeña escala horizontal, montes submarinos y en ciertas regiones geográficas como el Océano Índico y la Antártida. El estudio en las cuencas oceánicas profundas es menor en comparación con estudios del margen continental. La mayoría de los estudios se han centrado en nemátodos, mientras que otros taxones de meiofauna no se han investigado con tanta frecuencia en estudios ecológicos de aguas profundas (Rosli *et al.*, 2018).

Sin embargo, fue hasta finales de la segunda mitad del siglo XX cuando los estudios de la meiofauna del mar profundo cobraron importancia, llevándose a cabo en el océano Atlántico, en el Mediterráneo y en el Golfo de México (Gutzmann *et al.*, 2004; Baguley *et al.*, 2006a; b; 2008; Morse y Beazley, 2008; Gheerardyn y Veit-Köhler, 2009).

**Tabla 1.** Descripción de algunos estudios de meiofauna del mar profundo en el mundo a partir del año 2000.

AÑO	AUTOR	CONTRIBUCIÓN
2000	Danovaro <i>et al.</i>	Estudio cuantitativo de abundancia y biomasa de la meiofauna de 3 sitios en la plataforma continental y 4 estaciones en mar profundo en el Mar de Creta.
2000	Soltwedel	Revisión de estudios de meiobentos en el margen continental.
2001	Neira <i>et al.</i>	Distribución de la meiofauna y su relación con la materia orgánica en una zona de oxígeno mínimo.
2004	Hughes y Gage	Contraste de la estructura, composición taxonómica y bioturbación de comunidades de meiobentos en tres sitios del noreste de Europa.
2004	Robinson <i>et al.</i>	Estudio de la infauna en filtraciones de hidrocarburos superficiales en el Océano Atlántico y Golfo de México.
2004	Shimanaga <i>et al.</i>	Cambios en la distribución de copépodos de diferentes especies en la zona central de Japón.
2006	Lampadariou y Tselepides	Abundancia y estructura de la comunidad de meiofauna en sedimento del mar profundo en el norte y sur del Mar Egeo.
2009	Danovaro <i>et al.</i>	Diversidad de meiofauna, con enfoque especial en nemátodos en tres regiones del Atlántico.
2014	Kai <i>et al.</i>	Diferencia en la composición de copépodos en dos sitios del sureste Atlántico.

2016	Rosli <i>et al.</i>	Estudio los atributos de la comunidad meiobéntica en dos regiones del talud continental de Nueva Zelanda.
2018	Rohal <i>et al.</i>	Efectos en la operación de extracción de muestras de meiofauna en la costa oeste de Estados Unidos.

## 2.2. Aportaciones del conocimiento de la meiofauna del Golfo de México y la planicie abisal Sigsbee

Los estudios más recientes en el oeste del Golfo de México reportan que la densidad de la macrofauna disminuye con el incremento de la profundidad (Escobar-Briones *et al.*, 1999). Díaz- Aguilar (2001), reconoció que el patrón de distribución de la comunidad meiobéntica del sector occidental de Golfo de México. Díaz-Aguilar (2003), describió que la estructura de las comunidades meiobénticas del talud continental y de la planicie abisal del Golfo de México, utilizando dos métodos de separación: uno manual y otro por centrifugación. Encontrando una mayor riqueza, abundancia y biomasa al utilizar el método de separación manual; por otro lado, y considerando el patrón de distribución, la abundancia obtenida fue mayor en las muestras provenientes del talud continental. Guzmán-Rodríguez (2015), reconoció la estructura comunitaria de la meiofauna asociada al volcán de asfalto “Chapopote” y sugirió que los patrones de distribución se encuentran influenciados por las concentraciones de nitrógeno, azufre y carbono orgánico, además de la presencia de limos.

**Tabla 2.** Descripción de algunos estudios de meiofauna de mar profundo en el Golfo de México y planicie abisal Sigsbee.

AÑO	AUTOR	CONTRIBUCIÓN
1989	Murrell y Fleeger	Estudio de la abundancia de la meiofauna afectada por la hipoxia en la plataforma del Golfo de México.
1990	Pequegnat <i>et al.</i>	Análisis de la composición de infauna, densidad y profundidad en el Golfo de México.
1997	Escobar- Briones <i>et al.</i>	Comparación de la densidad y biomasa de la meiofauna del talud continental superior en dos regiones del Golfo de México.
2006a	Baguley <i>et al.</i>	Análisis de la distribución de la meiofauna y su relación con variables ambientales en el norte del Golfo de México en mar profundo.
2006b	Baguley <i>et al.</i>	Análisis de la estructura comunitaria de copépodos harpacticoides del norte del Golfo de México en mar profundo.
2008	Escobar-Briones <i>et al.</i>	Estudio de la estructura comunitaria de la meiofauna, utilizando dos métodos de clasificación en el mar profundo del Golfo de México.
2008	Rowe <i>et al.</i>	Investigación de la estructura y función del bentos en la plataforma continental y la planicie abisal del Golfo de México.

---

2012	Landers <i>et al.</i>	Revisión de los años 2007-2009 de la abundancia de meiofauna en la parte norte de la plataforma y la pendiente del Golfo de México.
2014	Martinec <i>et al.</i>	Correlación de la química de los sedimentos y meiofauna del norte del Golfo de México y la plataforma continental.

---

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El conocimiento sobre diversidad biológica y sus características ambientales para el mar profundo es escaso. En particular la meiofauna es uno de los componentes faunísticos menos entendidos del mar profundo en México. El conocimiento sobre los grupos taxonómicos que lo componen es limitado debido al número reducido de expertos. El financiamiento se restringe para el estudio de este tipo de hábitats y el costo elevado en equipos e infraestructura para su estudio. A lo anterior se suma que entre las principales amenazas para el mar profundo, se prevé el desecho de basura industrial y urbana, la extracción de minerales, petróleo y gas. Todo lo mencionado enfatiza la necesidad de profundizar en este tipo de estudios, siendo importante conocer la estructura y funcionamiento de los ecosistemas bentónicos del mar profundo y por consiguiente sus componentes dominantes, lo que coadyuvará a la promoción de programas de manejo y conservación que ayuden a preservar esta riqueza biológica.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo general**

Describir la estructura comunitaria del meio bentos en la planicie abisal Sigsbee y noreste del Golfo de México de la campaña del año 2010.

#### **4.2. Objetivos particulares**

- Identificar los taxa de los organismos
- Registrar la riqueza específica regional
- Describir la abundancia, densidad y frecuencia de los taxa que permitan caracterizar a los mismos
- Describir los parámetros comunitarios: diversidad, equidad y dominancia

- Analizar los siguientes parámetros ambientales: materia orgánica, textura y clorofila
- Describir la similitud y afinidad de taxa entre las localidades muestreadas

## **5. HIPÓTESIS**

**¿Se observara una diferencia en la estructura comunitaria de las dos regiones comparadas?**

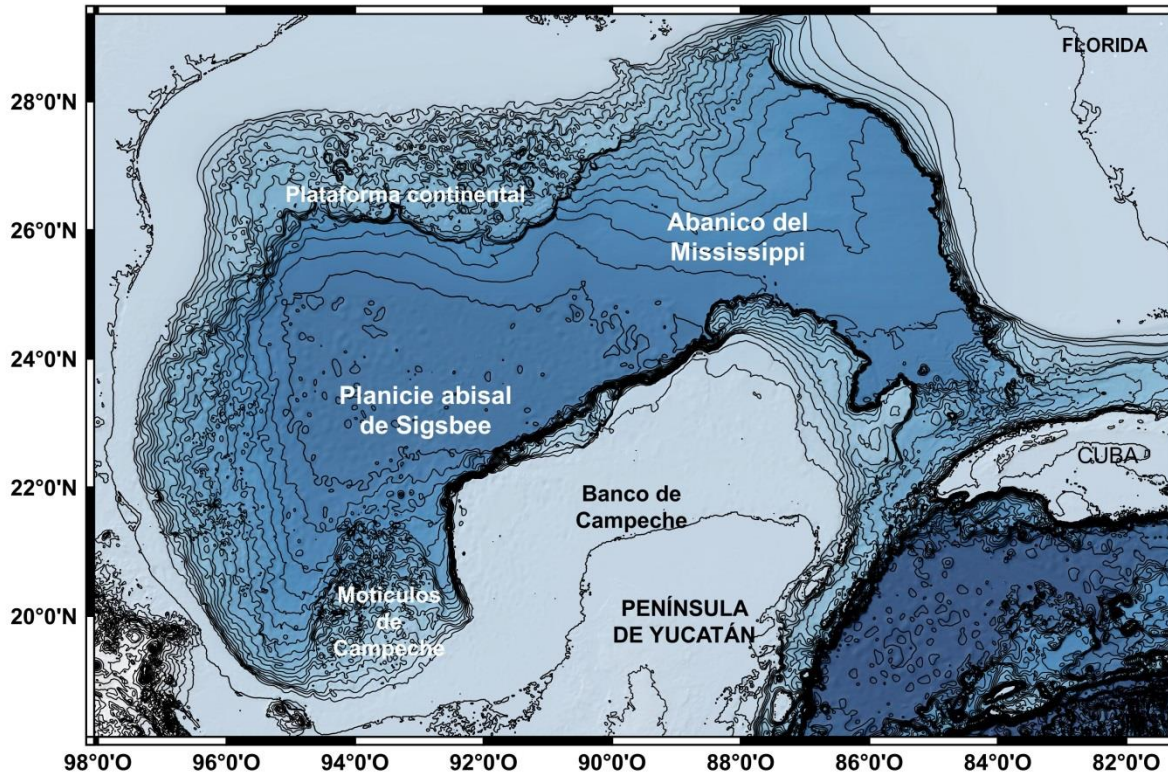
**H<sub>0</sub>:** Se espera que la estructura comunitaria del meiobentos en la planicie abisal Sigsbee y en el noreste del Golfo sea homogénea.

**H<sub>1</sub>:** Se espera que la estructura comunitaria del meiobentos en la planicie abisal Sigsbee y en el noreste del Golfo sea contrastante.

## **6. ÁREA DE ESTUDIO**

### **6.1. Ubicación**

El Golfo de México se localiza en una zona de transición entre clima tropical y subtropical, entre los 18°-30° N y 82°-98° W. Es una cuenca semicerrada que se comunica con el Océano Atlántico y con el Mar Caribe, por el estrecho de Florida y por el canal de Yucatán, respectivamente (Monreal-Gómez y Salas, 1997). Su batimetría varía considerablemente, alcanzando profundidades cercanas a los 4000 m en su región central. La parte occidental tiene una extensión de norte a sur de 1300 km, mientras que la región central y oriental promedian 900 km (Lara-Lara *et al.*, 2008). La cuenca conocida como planicie abisal de Sigsbee cubre un área de 137101 km<sup>2</sup>, es decir, el 24% de la superficie del Golfo; se localiza en el sector central occidental del Golfo de México a una profundidad máxima de 3 900 m (Escobar-Briones, 2000) (Figura 1).



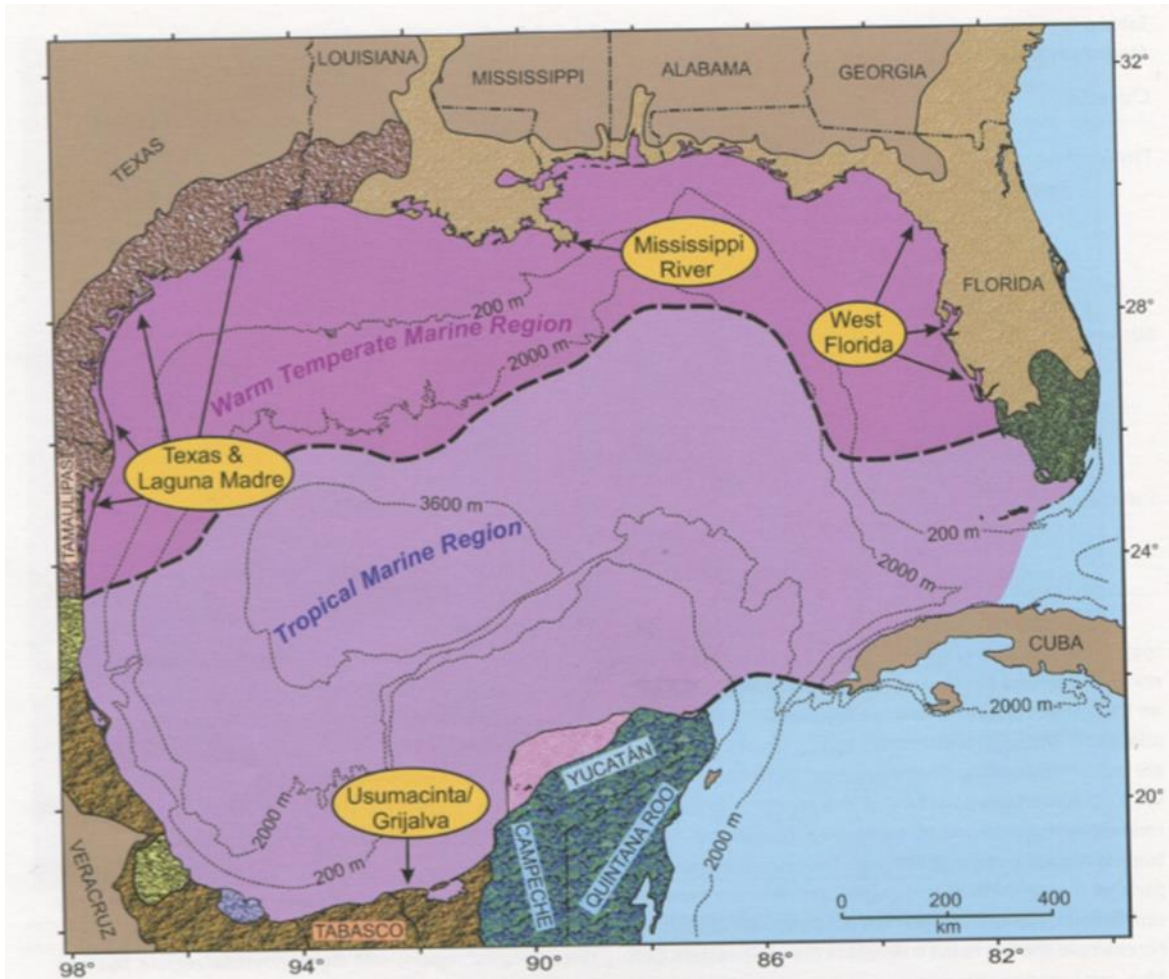
**Figura 1.** Mapa del Golfo de México, realizado a partir del programa QGIS.

## 6.2. Geología

El Golfo de México se divide en dos regiones ecológicas: la región del Golfo de México Norte (Golfo Norte) y la región del Golfo de México Sur (Golfo Sur). La descripción de las regiones que incluye niveles, en los cuales el nivel II, refleja la división entre las zonas nerítica y oceánica. El Golfo Norte cuenta con tres regiones geomorfológicas bentónicas del nivel II: Plataforma del norte del Golfo de México, Talud del norte del Golfo de México y la Cuenca del Golfo de México; mientras que el Golfo Sur cuenta con cuatro regiones geomorfológicas bentónicas nivel II: Plataforma del sur del Golfo de México, Abanico del Mississippi, Talud del sur del Golfo de México y Cuenca del Golfo de México, gran parte de la cuenca también se encuentra dentro del Golfo Sur. La Planicie abisal de Sigsbee es la parte más profunda de la región (Figura 2) (Wilkinson *et al.*, 2009). Por otro lado, Spalding *et al.* (2007) dividen al Golfo en dos ecorregiones marinas: Reino del Atlántico norte templado; provincia del Atlántico noroccidental templado cálido:



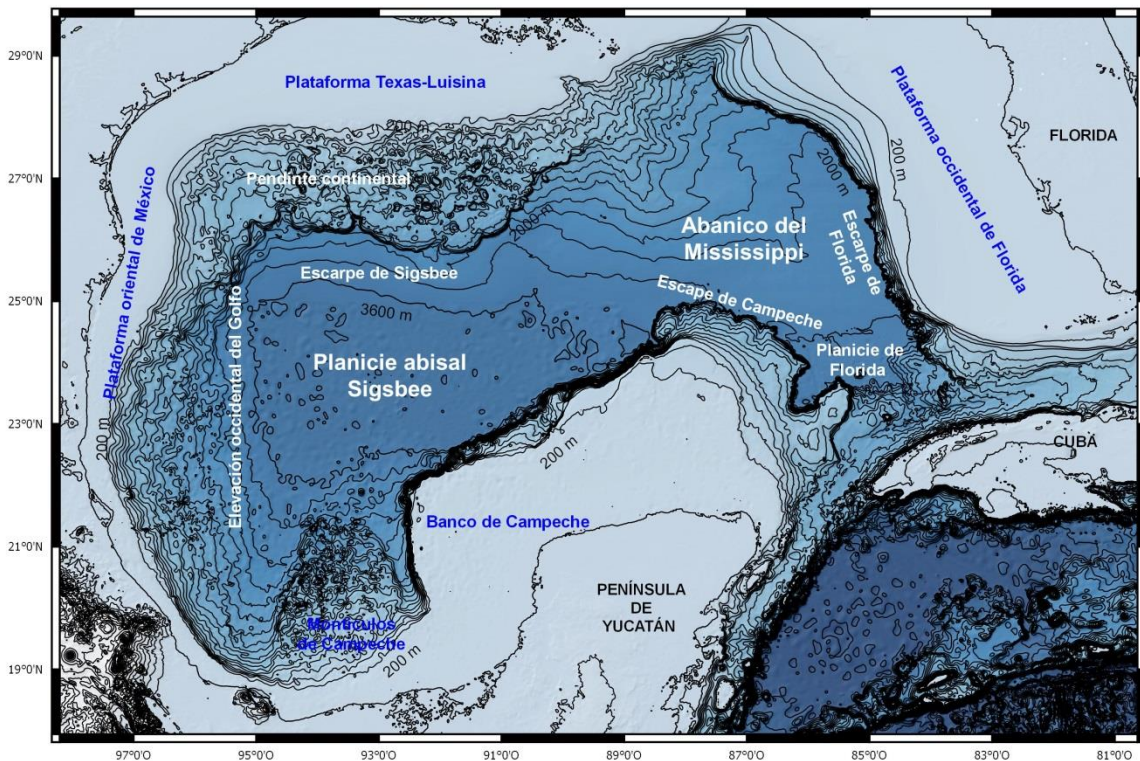
norte del Golfo de México y el Reino Atlántico tropical; provincia del Atlántico noroccidental tropical: sur del Golfo de México.



**Figura 2.** Regiones ecológicas del Golfo de México y la llanura costera circundante, que muestran divisiones terrestres, marinas e hidrológicas. Modificado de (Yáñez-Arancibia y Day, 2004; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2009); extraído de Poag (2015)

El Golfo de México se caracteriza por tener segmentos inclinados de la plataforma continental, con una profundidad de 200 m aproximadamente. La plataforma occidental de Florida (90-110 km de anchura), estrechándose a 20-40 km al oeste del cabo San Blas; la plataforma Texas-Luisiana (20-90 km de anchura), que se extiende desde Bahía Móvil hasta el Río Grande y la plataforma del este de México (10-20 km de anchura), está separada por una estrecha llanura costera (10-60 km). El Banco de Campeche (80-120 km de anchura) bordea las partes norte y oeste de la península de Yucatán (Ballard y Uchupi, 1970; Poag, 1972; Rezak *et al.*, 1985; Tunnell *et al.*, 2007). El borde de la vertiente del talud

continental, excepto el del Delta del Mississippi y la plataforma del este de México, está formado por escarpados acantilados: Escarpe del oeste de Florida, Escarpe de Sigsbee, Escarpe de Perdido y Escarpe de Campeche (Paull *et al.*, 1984, 1990). En el centro de la cuenca del Golfo de México, la elevación continental es uniforme en el oeste y el noroeste, pero hacia el este una enorme pila (360000 km<sup>2</sup>) de sedimentos del río Mississippi, forma el Abanico del Mississippi (Bouma *et al.*, 1985; Buster y Homles, 2011). La parte más profunda de la cuenca del Golfo (> 3600 m) cubre 150000 km<sup>2</sup> en la parte centro-oeste del Golfo de México. Esta región relativamente plana se llama Planicie Sigsbee, y cuenta con diapiros de sal subyacentes que han producido los Montes Sigsbee. En un área relativamente pequeña del lecho marino abisal en el sureste del Golfo, entre la Escarpe de Florida y Campeche, se ubica así mismo la Planicie de Florida (Pyle *et al.*, 1969; Martin y Buma 1979; Buffer *et al.*, 1984) (Figura 3).



**Figura 3.** Características fisiográficas y provincias del Golfo de México, realizado a partir del programa QGIS; modificado de Poag (2015).

### 6.3. Hidrodinámica

Su dinámica oceanográfica está caracterizada por la fuerte corriente que proviene del Mar Caribe y penetra al Golfo de México por el Estrecho de Yucatán, y por la corriente de Florida, la cual entra a través del Estrecho de Florida; formando un lazo, que se denomina Corriente del Lazo (Vukovich y Crissman, 1986; Vidal *et al.*, 1994).

La Corriente del Lazo y sus giros ciclónicos y anticiclónicos, asociados distribuyen y dispersan las masas de agua en el Golfo de México que se transporta del Caribe hacia el sector oriental entre los estrechos de Yucatán y de Florida. Durante las estaciones del año, la Corriente del Lazo presenta distintas características, en primavera y verano alcanzan máximos de temperatura, en la zona norte alcanzan temperaturas superiores a los 28°C, en el centro de 28.7°C y en el suroriente aproximadamente de 28.9°C; la salinidad se ve afectada por la temperatura con valores de 36 y 36.7 (De la Lanza, 1991).

En otoño e invierno, las temperaturas en el Golfo de México descienden, alcanzando en el noroccidente 19°C y una salinidad del 31.1 y a partir de éste mínimo, asciende de manera paulatina hacia el sur, hasta los 27°C y salinidad de 36.7 en la plataforma de Yucatán. En esta época es donde se presentan mayormente los “nortes” por la combinación de masas de aire polar y los giros de la Corriente del Lazo (Cochrane y Kelly, 1986).

Adicionalmente en el Golfo de México existen siete masas de agua (Vidal *et al.*, 1990):

1. La masa de agua común del Golfo, se forma cuando los giros anticiclónicos provenientes de la Corriente del Lazo colisionan con el talud continental del noroeste del Golfo México (Vidal *et al.*, 1990).
2. La masa de agua subtropical subyacente, proviene del Mar Caribe, los giros anticiclónicos que se desprenden de la Corriente del Lazo en la región nororiental del Golfo de México propician que se ubique dentro del Golfo de México (Elliott 1979, 1982).

3. La formación de la masa de agua de 18°C del Mar de los Sargazos, ocurre durante el invierno en la región norte del Mar de los Sargazos (Worthington, 1959; Schroeder *et al.*, 1959) esta masa de agua ingresa del Mar Caribe al Golfo de México, a través del Estrecho de Yucatán. El desprendimiento de los giros anticiclónicos de la Corriente del Lazo transporta el remanente del Agua de 18°C del Mar de los Sargazos hacia el interior del Golfo.

4. La masa de agua central del Atlántico, se localiza entre 100 y 680 m de profundidad.

5. La masa de agua Antártica intermedia, se forma en la Convergencia Antártica, donde se incorpora a la circulación intermedia del Atlántico sur y migra hacia al norte donde se localiza a los 800 m de profundidad (Pickard, 1979). La masa de agua remanente del agua Antártica intermedia, ingresa al Mar Caribe a través de los pasajes de Santa Lucía (Wüst, 1963,1964). Al ingresar al Golfo de México se dispersa hacia el oeste, mediante el desprendimiento de giros anticiclónicos de la Corriente del Lazo (Nowlin, 1972; Vidal *et al.* 1986a, 1986b).

6. La formación de la masa de agua subtropical subsuperficial del Caribe, ocurre en el mar Caribe.

7. La masa de agua profunda del Atlántico Norte, ingresa al Golfo de México vía el mar Caribe, a través de la profundidad del umbral (1600 a 1900 m) del Estrecho de Yucatán (Nowlin y McLellan, 1967). Esta masa de agua constituye la masa de agua profunda del Golfo de México.

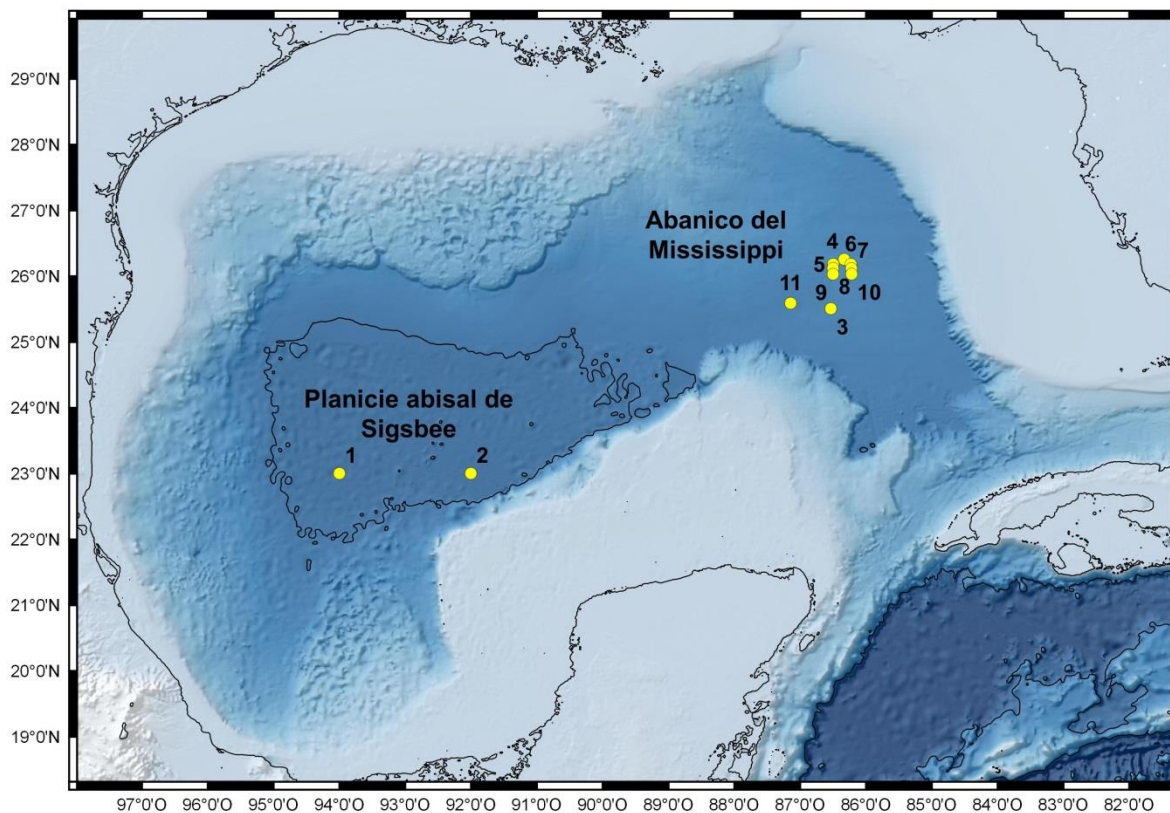
De estas masas de agua, cuatro se ubican dentro de la capa cálida (0 a 500 m de profundidad) como agua subsuperficial subtropical, agua característica del Golfo de México, agua de los 18°C del mar de los Sargazos y agua central del Atlántico Tropical. La capa fría (500 a 3650 m de profundidad) se encuentra al agua intermedia del Caribe y al agua profunda del Atlántico Norte. De todas estas capas, seis ingresan al Golfo de México a través del Estrecho de Yucatán y de los giros anticiclónicos que migran hacia el oeste; la séptima es propia del Golfo (Vidal *et al.*, 1990).



## 7. MATERIAL Y MÉTODO

### 7.1. Trabajo de campo

Las muestras de sedimento del fondo marino se obtuvieron de recolectas correspondientes a la campaña oceanográfica SIGSBEE 13 a bordo del B/O Justo Sierra, realizada del 18 de agosto al 1 septiembre de 2010, a cargo de la Dra. Elva Escobar-Briones y colaboradores. Las estaciones 1 y 2 corresponden a sitios permanentes de investigación para los estudios de largo plazo y se visitan recurrentemente cada año desde 1997, ubicadas en la región de la planicie abisal Sigsbee a 3750 m de profundidad. Adicionalmente se realizaron nueve estaciones provenientes de la región del abanico del Mississippi (sector noreste); ya que cada campaña en el proyecto de largo plazo tiene un objetivo de estudio y alcance geográfico y, en este caso, el objetivo fue el evaluar la diferencia de estaciones ubicadas en el abanico y el efecto de la Corriente del Lazo sobre el fondo marino (resultados de la Campaña SIGSBEE 13) (Figura 4).



**Figura 4.** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

Las muestras de sedimento se obtuvieron con un nucleador múltiple MUC-Oktopus de 12 núcleos en 11 estaciones de muestreo (Tabla 3). Cada núcleo se cortó en 3 niveles (0-1 cm, 1.1-3 cm y 3.1-5 cm). Cada núcleo representa una réplica con un área de 0.007 m<sup>2</sup>. En cada réplica se revisaron los primeros 5 cm del sedimento superficial para analizar la meiofauna. Esta información y su ubicación exacta, se registraron en la bitácora de campo. Cada nivel de sedimento se disectó y el sedimento se colocó en un frasco con etanol absoluto a 4°C y se tamizó posteriormente a través de un tamiz de malla de 42 µm Gage *et al.* (2002). El material retenido en el tamiz se colocó en un frasco rotulado por fuera y dentro (con etiqueta de papel albanene) con los datos de la estación de muestreo, se postfijó con etanol al 70% y se añadió Rosa de Bengala con el fin de teñir a los organismos que se encontraban vivos al momento del muestreo (Solís *et al.*, 2000).

En cada estación los núcleos adicionales colectados permitieron el análisis de algunos parámetros ambientales: el contenido de materia orgánica, la textura del sedimento, así como la concentración de Clorofila *a* (Chl *a*). Para la determinación de contenido de materia orgánica y textura del sedimento se tomaron muestras del sedimento superficial con una jeringa de 20 mL sin punta, dichas muestras se almacenaron en tubos Falcon rotulados con los datos de estación de muestreo y se congelaron a -20°C. En el caso de las muestras de clorofila *a* (Chl *a*) el sedimento superficial se tomó con una jeringa de 5 mL sin punta y se colocó en tubos Falcon previamente etiquetados. El tubo cerrado se envolvió con papel aluminio para evitar su exposición a la luz y se congeló a -20°C.

**Tabla 3.** Posición geográfica, profundidad y número de réplicas colectadas por estación en el muestreo de meiofauna de la campaña SIGSBEE 13.

Estación	Latitud (N)	Longitud (W)	Profundidad (m)	Número de réplicas
1	23° 00.3176´	94° 00.0794´	3 740	4
2	23° 00.3574´	92° 00.3513´	3 749	4
3	25° 50.8478´	86° 53.4449´	3 219	3
4	26° 25.8023´	86° 33.1352´	3 137	3
5	26° 18.4022´	86° 49.8786´	2 998	3
6	26° 18.2977´	86° 23.0201´	3 136	4
7	26° 12.0586´	86° 22.2829´	3 087	3
8	26° 12.2905´	86° 50.2046´	3 076	4
9	26° 03.2713´	86° 50.1379´	3 192	3
10	26° 03.4347´	86° 21.9324´	3 121	3
11	25° 59.1253´	87° 14.5844´	3 165	3

## 7.2. Trabajo de laboratorio

### 7.2.1. Descripción taxonómica

Las muestras de sedimento se revisaron con un microscopio estereoscópico de 1-8x aumentos marca Zeiss Modelo Discovery V8. Los organismos se identificaron a la categoría taxonómica más baja posible siguiendo el criterio de Giere (2009) y Brusca y Brusca (2006) y se realizó un registro fotográfico de los grupos taxonómicos representativos con una cámara para microscopio marca AxioCam Modelo ICc3.

Los organismos se almacenaron por taxón en frascos de vidrio con etanol al 70%; cada frasco se rotuló con los datos correspondientes a la estación.

### 7.2.2. Riqueza específica y abundancia

La riqueza específica se obtuvo a partir del número de taxa presentes en cada estación, los cuales se promediaron para cada estación. La abundancia se obtuvo con los datos del conteo de los organismos en cada réplica con un área de 0.007854 m<sup>2</sup>, al separar la fauna del sedimento, estos datos se vaciaron en una bitácora de laboratorio.

### 7.2.3. Densidad

La densidad se obtuvo por medio de transformación a individuos/m<sup>2</sup> de los valores de la abundancia de cada réplica. En cada estación se calculó el promedio de los valores de las réplicas.

### 7.2.4. Índices ecológicos

Para conocer la diversidad se utilizaron el índice de Shannon-Wiener de toma en cuenta los dos componentes de la diversidad: número de especies y equidad o uniformidad de la distribución del número de individuos de cada especie. Se considera que una comunidad es más compleja entre mayor es el número de especies que la componen y mientras menos especies dominen a las otras. A esta característica que mide el grado de complejidad en una comunidad se le llama diversidad (Franco, 2011).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde:

$H'$  = Diversidad (bits/individuo)

$s$  = Número de especies

$p_i$  = Proporción del número de individuos de la especie  $i$  con respecto al total ( $n_i/N_t$ )

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$

$N_t$  = Número de todos los individuos de todas las especies

La uniformidad de la distribución para una comunidad puede medirse comparando la diversidad observada en ésta con la diversidad máxima posible para una comunidad hipotética con el mismo número de especies. Para conocerla se utilizó el Índice de Pielou (1969) (Franco, 2011).



$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

$H'$  = Es el valor del Índice de Shannon-Wiener

$$H'_{max} = \ln(s)$$

La dominancia se obtuvo con el Índice de Simpson (1949). Este índice mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una población de  $n$  individuos, provengan de la misma especie.

$$D = \sum (P_i)^2$$

Donde:

$P_i$  = Es la abundancia proporcional de la especie  $i$ , lo cual implica el número de individuos de la especie  $i$  individuo entre el número total de individuos de la muestra.

#### **7.2.5. Parámetros ambientales**

El marco ambiental de la exportación de carbono biogénico al fondo y la caracterización conjunta de los parámetros del sedimento superficial, permitirán conocer las condiciones en las cuales se desarrolla la comunidad béntica. Los factores que se evaluaron en el sedimento superficial incluyeron el tamaño de grano, la concentración de la materia orgánica y clorofila  $a$  (Chl  $a$ ) (Boetius y Damm, 1998).

### 7.2.6. Tamaño de Grano

El análisis de tamaño de grano se realizó en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología; con el equipo laser marca Coulter Modelo LS230 (Small Volume Modulo Plus). Este evalúa el tamaño de las partículas por difracción del haz de luz en aproximadamente 0.1 g de muestra seca y lo realiza por triplicado y hasta sextuplicado. En un intervalo de tamaño de 0.04 a 2000  $\mu\text{m}$ . Una talla mayor, de estar presente, se tamizó con un tamiz de apertura de 2.00 mm (Gray, 1981).

En este análisis de tamaño de grano, las tallas que el láser puede reconocer son arenas y lodos (compuesto por limos y arcillas), para lo cual se insertan como muestras húmedas en el equipo laser en una porción homogénea representativa de la muestra. En un vaso de precipitado de 50 mL se disgregaron las partículas con 30 mL de hexametáfosfato de sodio (100 g en 1 L de agua destilada), solución dispersante por 24 horas. La muestra se agitó, homogenizó y se adicionó al equipo laser con una pipeta Pasteur, encendiendo éste con anticipación por lo menos de 2 horas, que permitiera estabilizar la temperatura del instrumento. Los valores aceptables de turbidez son de 8 a 12%. Los parámetros clastométricos empleados se estimaron gráficamente a partir de cuartiles que expresan el tamaño de clastos correspondientes a una proporción de tamaño superior. La curva de frecuencias se divide en cien partes de ahí que la unidad usada es percentil. Los percentiles se expresan con el signo  $\phi_i$ , indicando el subíndice "i" el porcentaje utilizado. Se describieron utilizando los índices propuestos por Folk y Ward (1957). Para los estadísticos de centralización la media ( $\bar{x}$ ) es el parámetro más representativo, ver Tabla 4.

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

Para los estadísticos de dispersión la clasificación ( $\sigma$ ) es una medida de cómo se distribuyen los clastos en todas las clases.

$$\sigma_i = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{95\phi - \phi_5}{6.6}$$

En función del resultado se clasifican las muestras como:

$\sigma < 0.35$  muy bien clasificada

- 0.35 <  $\sigma$  < 0.50 bien clasificada
- 0.50 <  $\sigma$  < 0.71 moderadamente bien clasificada
- 0.71 <  $\sigma$  < 1.00 moderadamente clasificada
- 1.00 <  $\sigma$  < 2.00 pobremente clasificada
- 2.00 <  $\sigma$  < 4.00 mal clasificada
- $\sigma$  > 4.00 muy mal clasificada

La simetría ( $Sk$ ) es el grado de distribución de la población de las partículas, por lo tanto establece la relación entre las mezclas gruesas y las finas.

$$Sk_i = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

- De 1.00 a 0.30 muy asimétricos hacia los finos
- 0.30 a 0.10 asimétricos hacia los finos
- 0.10 a -0.10 asimétrico
- 0.10 a -0.30 asimétrico hacia los gruesos
- 0.30 a -1.00 muy asimétrico hacia los gruesos

La curtosis ( $K_G$ ) representa un índice de dispersión que relaciona las clases proximales con las distales.

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

- <0.67 muy platicúrtico
- 0.67 a 0.90 platicúrtico
- 0.90 a 1.11 mesocúrtico
- 1.11 a 1.50 leptocúrtico
- 1.50 a 3.00 muy leptocúrtico
- >3.00 extremadamente leptocúrtico

**Tabla 4.** Escala de tamaños de grano Clasificación de Wentworth de los tamaños de partículas y escala phi ( $\phi$ ), tomado de Gray (1981).

UNIDADES $\phi$	DIÁMETRO		TÉRMINO Tamaño de grano
	Mm	$\mu\text{m}$	
-0.75	1.682	1682	
-0.50	1.414	1414	
-0.25	1.189	1189	
0	1.00	1000	
0.25	0.841	841	
0.50	0.707	707	
0.75	0.595	595	A
1.00	0.5	500	R
1.25	0.42	420	E
1.50	0.354	354	N
1.75	0.297	297	A
2.00	0.25	250	S
2.25	0.21	210	
2.50	0.177	177	
2.75	0.149	149	
3.00	0.125	125	
3.25	0.105	105	
3.50	0.088	88	
3.75	0.074	74	
4.00	0.062	62	-----
4.25	0.053	53	
4.50	0.044	44	
4.75	0.037	37	
5.00	0.031	31	
5.25	0.026	26	L
5.50	0.023	23	I
5.75	0.019	19	M
6.00	0.016	16	O
6.25	0.0131	13.1	S
6.50	0.011	11	
6.75	0.0093	9.3	
7.00	0.008	8	
7.50	0.0055	5.5	
8.00	0.004	4	-----
8.50	0.00275	2.75	
9.00	0.002	2	A
9.50	0.00138	1.38	R
10.00	0.001	1	C
10.50	0.00069	0.69	I
11.00	0.00049	0.49	L
11.50	0.00034	0.34	L
12.00	0.00024	0.24	A
13.00	0.00012	0.12	S
14.00	0.000061	0.06	
15.00	0.000031	0.03	

### **7.2.7. Materia orgánica**

Las muestras provenientes de la campaña fueron colocadas en cápsulas de porcelana para acidular con una solución de HCl 0.2 N y, con ello, eliminar el exceso de carbonatos. Las muestras se enjuagaron con agua destilada para quitar el exceso de ácido y se dejaron secar en una mufa a 60°C por aproximadamente 24 horas para poder ser entregadas secas y homogéneas al Instituto de Química de la UNAM, donde se realizó el análisis de composición elemental; la cantidad para su tratamiento fue de 5 y 7 mg aproximadamente en un Analizador Perkin Elmer modelo PE2400.

En el laboratorio la muestra se pesó e introdujo en el reactor de oxidación/reducción mantenido a una temperatura de 950°C; se empleó oxígeno para una combustión óptima y helio como gas de acarreo. Las sustancias fueron convertidas en gases elementales (N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O), los cuales después de la reducción, se separaron en una columna y finalmente se analizaron con un detector de conductividad térmica de alta sensibilidad. El porcentaje de cada elemento se calculó, considerando el peso de la muestra, con diversos métodos de calibración que requirieron estándares de alta pureza. Dicho análisis permitió la determinación de %C<sub>org</sub> y %N en las muestras de sedimento.

### **7.2.8. Clorofila a (Chl a)**

El análisis de concentración de clorofilas se llevó a cabo con el apoyo del Dr. Luis Alberto Oseguera Pérez, en el Laboratorio del Grupo de Investigación en Limnología Tropical de la Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y la Educación (UICSE) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Para la extracción de los pigmentos se agregaron 10 mL de acetona al 90%, las muestras se dejan reposar durante 20 horas en oscuridad a 4°C para asegurar la extracción completa de la clorofila a. La suspensión se centrifugó a 2500 rpm durante 15 minutos. Se transfirió una alícuota del sobrenadante a una cubeta de vidrio para hacer la lectura en un fluorómetro de mesa marca Turner Desings 10-AU. Las muestras se analizaron a una longitud de onda de 680 nm, para obtener los valores totales de clorofila, los cuales se expresaron en µg/cm<sup>3</sup>. Las lecturas se

corrigieron utilizando el algoritmo, indicado en el método 445.0 (Arar y Collins, 1997).

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

Donde:

$C_{s,u}$  = Concentración de clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) en toda la muestra de agua

$C_{e,u}$  = Concentración de clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) no corregida en la solución extraída y analizada

$VE$  = Volumen (en L) de la extracción antes de ser diluida

$FD$  = Factor de dilución

$Vm$  = Volumen (en L) de toda la muestra

### 7.2.9. Similitud entre localidades

Los índices de similitud se encargan de comparar, los datos disponibles que pueden ser de los sitios de muestreo, de acuerdo con la presencia o ausencia de especies o la relación con sus abundancias. El índice utilizado para comparar las localidades fue el propuesto por Bray y Curtis (1957). El índice de Bray-Curtis ignora los casos en los que las especies están ausentes en ambas muestras. Las especies dominantes afectan el valor de coeficiente; las especies raras contribuyen de manera poco significativa al valor del mismo (Rocha-Ramírez *et al.*, 2013).

$$B = \frac{\sum_{i=1}^S |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^S [X_{ij} + X_{ik}]}$$

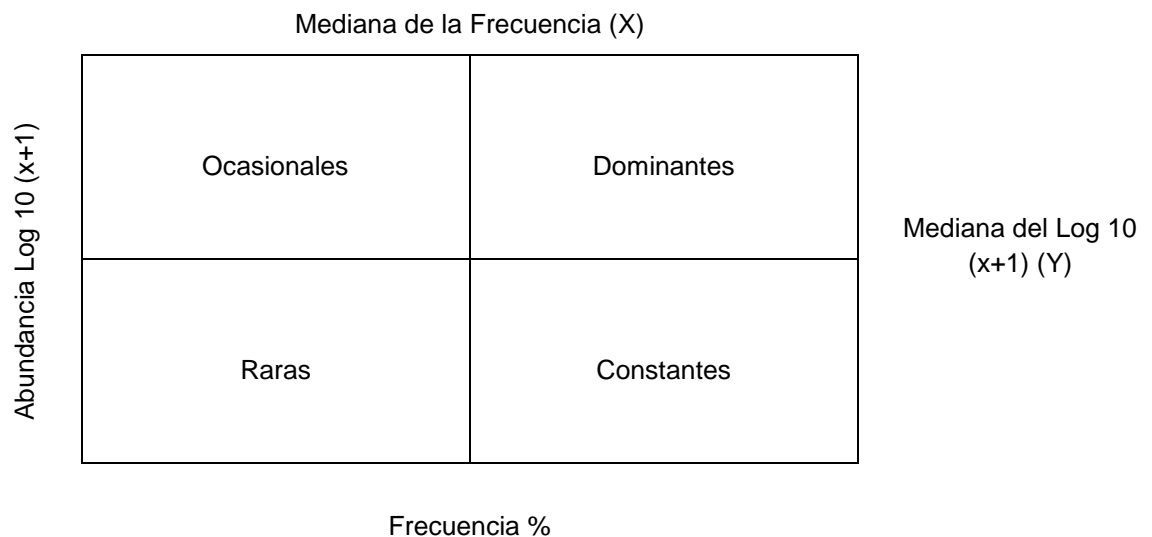
Donde:

$B$  = Medida de disimilitud de Bray-Curtis entre las muestras *j* y *k*

$X_{ij}$ = Número de individuos de la especie  $i$  en la muestra  $j$   
 $X_{ik}$ = Número de individuos de la especie  $i$  en la muestra  $k$   
 $S$ = Número de especies

### 7.2.10. Frecuencia de ocurrencia

Para poder reconocer la dominancia de los taxa se utilizó un diagrama de Olmstead-Tukey, el cual permite clasificar por su frecuencia de ocurrencia y abundancias en taxa dominantes, constantes, ocasionales y raras (Figura 5). Se trata de una prueba no paramétrica que sirve para asociar dos variables continuas. El criterio de discriminación se basa en la mediana de la frecuencia de aparición relativa para el eje de las X y de la mediana respectiva del logaritmo de la sumatoria de la abundancia absoluta para el eje de las Y. Al trazar ambas sobre el plano cartesiano se perfilan cuatro cuadrantes. Los taxa dominantes son aquellos que presentan la abundancia y frecuencia de ocurrencia mayor a la mediana. Las constantes presentan una abundancia menor a la mediana y la frecuencia mayor a la mediana. Las ocasionales son las que presentan abundancia mayor a la mediana y frecuencia menor a la mediana. Por último, los taxa raros presentan abundancia y frecuencia menor a ambas medianas (Steel y Torrie, 1985).



**Figura 5.** Prueba de Olmstead-Tukey, representando en cada cuadrante taxa dominantes, constantes, ocasionales y raras (Steel y Torrie, 1985).

### **7.3. Análisis de resultados**

Se obtuvo la riqueza taxonómica y abundancia entre las estaciones (11), los niveles (3) y las regiones (2); considerando como Región 1 la planicie abisal Sigsbee y como Región 2 el Abanico del Mississippi. Se realizó un análisis de estadística básica y se usaron gráficas binarias de barras. El tamaño de grano se definió por el uso del esquema ternario de Shepard, para poder clasificar los sedimentos (Shepard, 1954). Las diferencias significativas entre las estaciones, los niveles y las regiones se estimaron con el estadístico de ANOVA de una vía, utilizando el programa STATISTICA 7. Los resultados se incluyeron tablas donde se muestran los promedios y desviación estándar por estación, niveles y región, representados en gráficas binarias de barras y gráficos de caja y bigote.

Se aplicó el análisis de similitud de Bray-Curtis, utilizando los valores de abundancia; se realizaron dendrogramas de similitud utilizando el programa BioDiversity Pro versión 2.

## **8. RESULTADOS**

### **8.1. Descripción de taxonómica**

Se registró un total de 1796 organismos; los phyla que estuvieron presentes en todas las estaciones fueron, Annelida, Nematoda y Arthropoda. El phylum Priapula se encontró exclusivamente en la estación 6, el phylum Echinodermata se encontró solamente en la estación 11, el phylum Cnidaria se observó únicamente en la estación 5 y la clase Caudofoveata se observó únicamente en la estación 11. Se identificaron 12 Phyla, 2 Subphylum, 11 Clases, 5 Subclases, 3 Superórdenes, representados en 7 Órdenes, 1 Suborden y 2 Familias. Los taxones identificados se agruparon en 20 grupos taxonómicos: Granuloreticulosa, Porífera, Hydrozoa, Kinorhyncha, Priapula, Caudofoveta, Bivalvia, Polychaeta, Oligochaeta, Sipuncula, Echyura, Nematoda, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda, Amphipoda, Copepoda, Ostracoda, Acariformes y Holoturoidea (Tablas 5 y 6).



**Tabla 5.** Grupos taxonómicos registrados con base a la clasificación de Brusca y Brusca (2006) de la meiofauna abisal, identificada en once estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Superorden	Orden	Suborden	Familia
Granuloreticulosa							
Porífera		Demospongiae	Heteroscleromorpha		Poecilosclerida		Cladorhizidae
Cnidaria		Hydrozoa					
Kinorhyncha							
Priapula							
Mollusca		Caudofoveata			Chaetodermatida		Prochaetodermatidae
		Bivalvia					
Annelida		Polychaeta					
		Clitellata	Oligochaeta				
Sipuncula							
Echiura							
Nematoda							
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Peracarida	Cumacea		
					Tanaidacea		
					Isopoda		
					Amphipoda	Gammaridea	
		Copepoda	Neocopepoda	Podoplea	Harpacticoida		
		Ostracoda					
	Chelicerata	Euchelicerata	Arachnida	Acariformes			
Echinodermata		Holothuroidea					

**Tabla 6.** Grupos taxonómicos identificados en las 11 estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

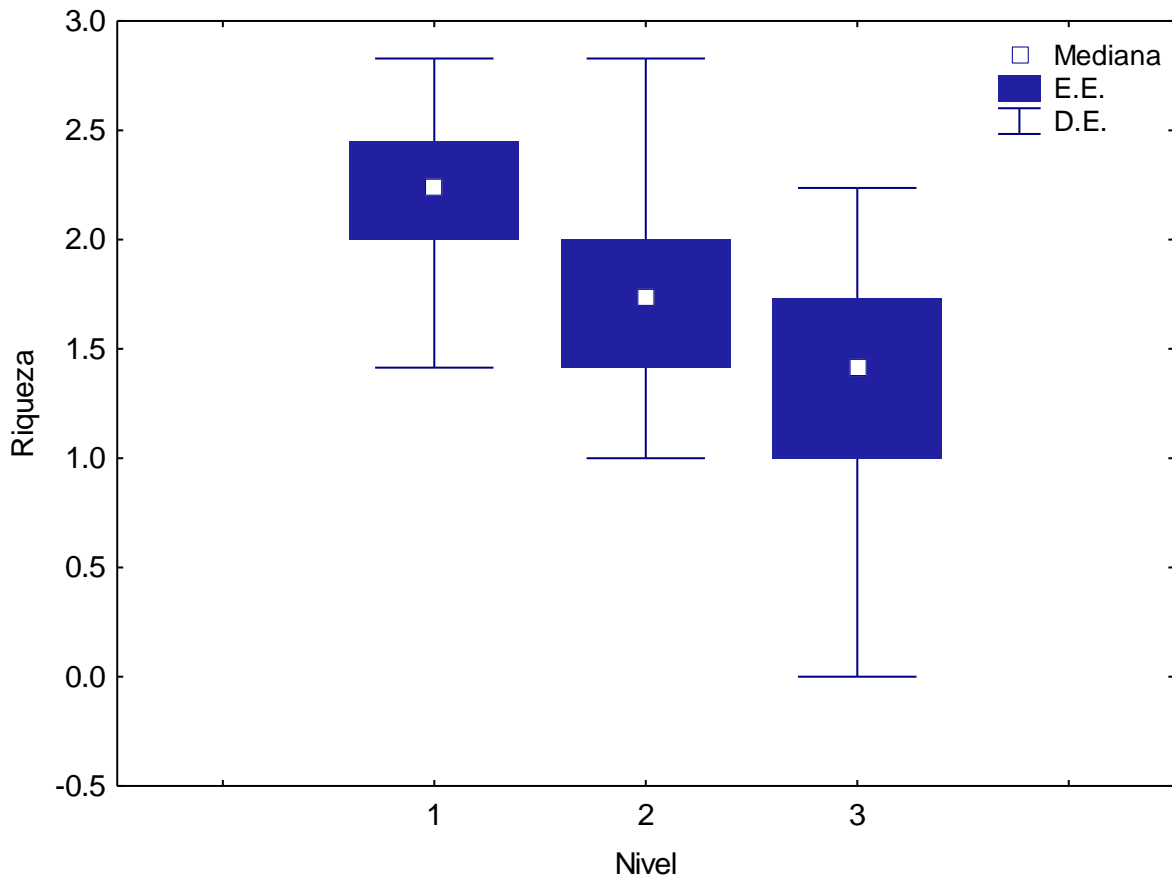
Taxa	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11
Granuloreticulosa	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Porífera	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-
Hydrozoa	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Kinorhyncha	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X
Priapula	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Caudofoveata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Bivalvia	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X
Polychaeta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oligochaeta	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Sipunula	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X
Echyura	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-
Nematoda	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cumacea	-	X	X	X	-	-	-	-	-	X	-
Tanaidacea	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-
Isopoda	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X
Amphipoda	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Copepoda	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ostracoda	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acariforme	-	X	-	X	-	-	X	X	X	X	X
Holoturoidea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X

## 8.2. Riqueza específica (s) y abundancia (n)

La riqueza específica reconocida en las 11 estaciones por nivel varió en un intervalo de  $0.50 \pm 0.51$  a  $0.10 \pm 0.30$  s de los 20 grupos taxonómicos reconocidos (Tabla 7). Mostrando una disminución de los valores, con la profundidad del sedimento en todas las estaciones; el valor más alto  $0.50 \pm 0.51$  s se encontró en el nivel 1 (0-1.0 cm) de las estaciones 5, 9 y 11, mientras que el valor más bajo  $0.10 \pm 0.30$  s lo presentó el nivel 3 (3.1-5.0 cm) en las estaciones 4 y 10. La riqueza específica presentó diferencias significativas entre niveles (ANOVA,  $F_{(2,108)}=26.818$ ,  $p=3.498^{-10}$ ) (Figura 6).

**Tabla 7.** Riqueza específica (s) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

Estación	Nivel 1 (0-1.0 cm)	Nivel 2 (1.1-3.0 cm)	Nivel 3 (3.1-5.0 cm)
1	$0.20 \pm 0.41$	$0.25 \pm 0.44$	$0.15 \pm 0.36$
2	$0.35 \pm 0.48$	$0.20 \pm 0.41$	$0.35 \pm 0.48$
3	$0.45 \pm 0.51$	$0.15 \pm 0.36$	$0.25 \pm 0.44$
4	$0.40 \pm 0.50$	$0.30 \pm 0.47$	$0.10 \pm 0.30$
5	$0.50 \pm 0.51$	$0.25 \pm 0.44$	$0.15 \pm 0.36$
6	$0.45 \pm 0.51$	$0.25 \pm 0.44$	$0.30 \pm 0.47$
7	$0.40 \pm 0.50$	$0.25 \pm 0.44$	$0.20 \pm 0.41$
8	$0.30 \pm 0.47$	$0.30 \pm 0.47$	$0.25 \pm 0.44$
9	$0.50 \pm 0.51$	$0.30 \pm 0.47$	$0.15 \pm 0.36$
10	$0.40 \pm 0.50$	$0.25 \pm 0.44$	$0.10 \pm 0.30$
11	$0.50 \pm 0.51$	$0.45 \pm 0.51$	$0.30 \pm 0.47$

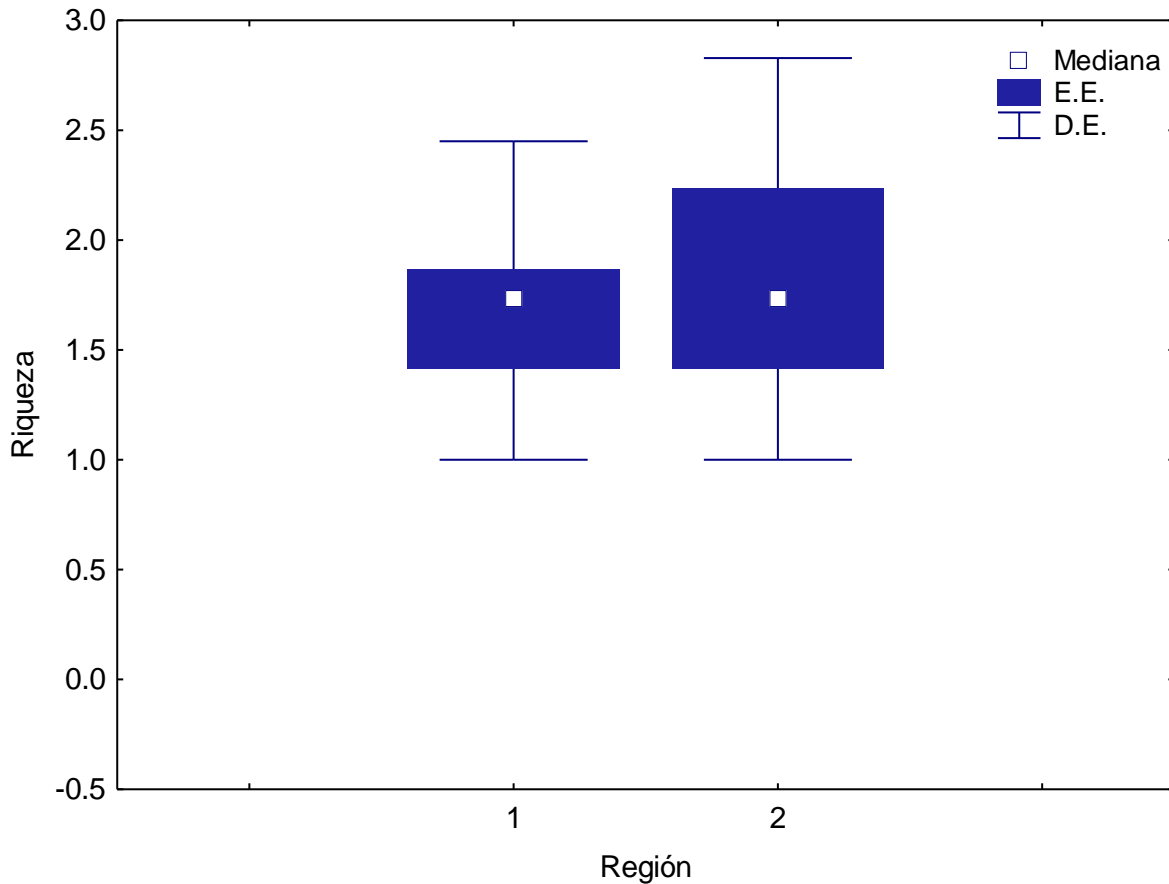


**Figura 6.** Variación de la riqueza específica (s), para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

La riqueza específica reconocida en las dos regiones, entre niveles presentaron un intervalo de  $8.66 \pm 1.32$  a  $4.00 \pm 1.58$  s de los 20 grupos taxonómicos reconocidos (Tabla 8), el valor más elevado  $8.66 \pm 1.32$  s lo presentó el nivel 1 (0-1.0 cm) de la región 1 (planicie abisal Sigsbee), mientras que el valor más bajo  $4.00 \pm 1.58$  s se observó el nivel 3 (3.1-5.0 cm) de la región 2 (Abanico del Mississippi). La riqueza no presentó diferencias significativas (ANOVA,  $F_{(1,109)}=0.66366$ ,  $p=0.41705$ ) (Figura 7).

**Tabla 8.** Riqueza específica (s) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

Región	Nivel 1 (0-1 cm)	Nivel 2 (1.1-3.0 cm)	Nivel 3 (3.1-5.0 cm)
1	5.50±2.12	4.50±0.70	5.00±2.82
2	8.66±1.32	5.55±1.58	4.00±1.58



**Figura 7.** Variación de la riqueza específica (s) en cada región de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

La abundancia que se obtuvo en las 11 estaciones por nivel presentó un intervalo de  $11.75 \pm 33.14$  a  $0.20 \pm 0.61$  individuos/ $0.007 \text{ m}^2$  en los 20 grupos taxonómicos reconocidos (Tabla 9). La abundancia disminuyó con la profundidad al interior del sedimento; la abundancia para el nivel 1 (0-1.0 cm) de la estación 2 fue la más alta registrada, con  $11.75 \pm 33.14$  individuos/ $0.007 \text{ m}^2$ , y la abundancia para la estación

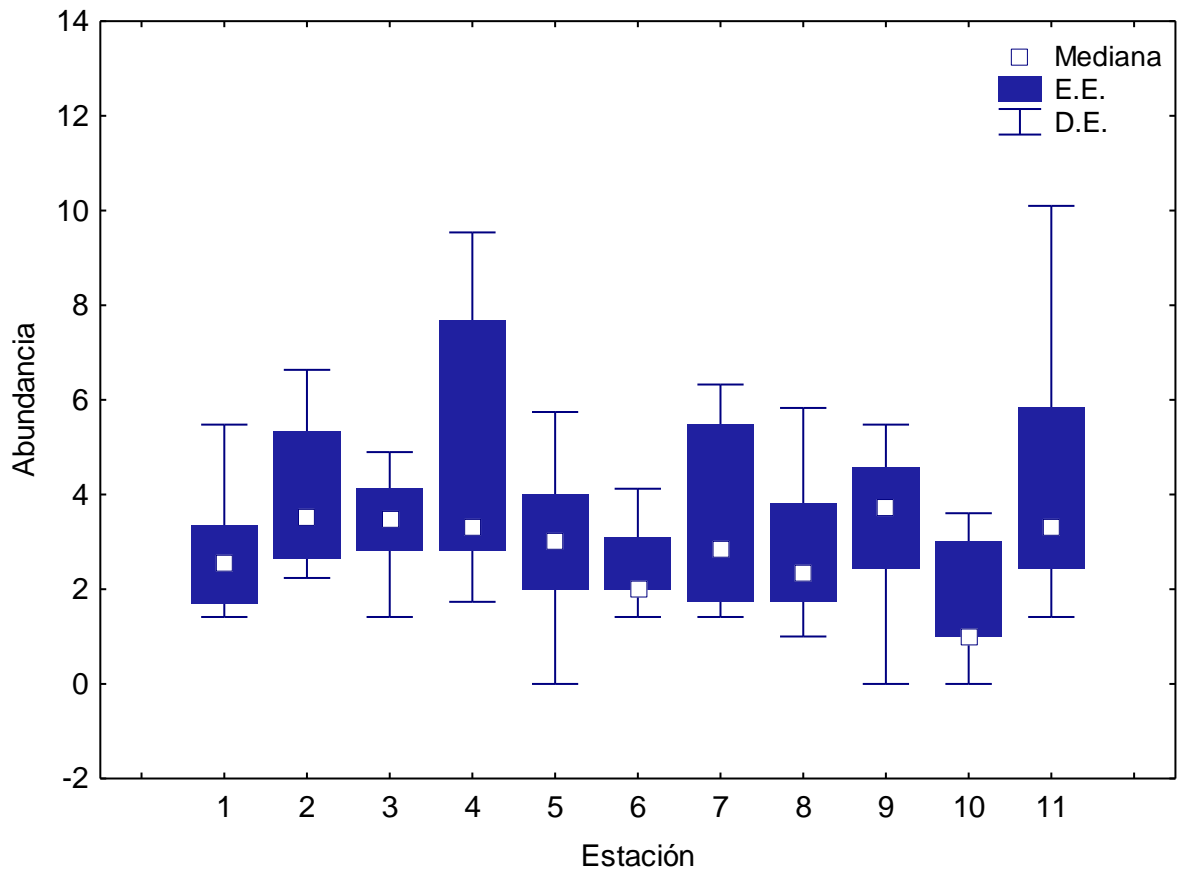
10 fue la más baja, con  $1.15 \pm 2.05$  individuos/ $0.007 \text{ m}^2$ . La abundancia para el nivel 2 (1.1-3.0 cm) de la estación 8 fue la más alta registrada, con  $2.40 \pm 6.58$  individuos/ $0.007 \text{ m}^2$ , y la abundancia para la estación 10 fue la más baja, con  $0.60 \pm 1.31$  individuos/ $0.007 \text{ m}^2$ . El nivel 3 (3.1-5.0 cm) presentó un intervalo de  $1.55 \pm 3.37$  (estación 2) a  $0.20 \pm 0.61$  (estación 10) individuos/ $0.007 \text{ m}^2$ . La abundancia no presentó diferencias significativas entre estaciones (ANOVA,  $F_{(10, 100)} = 1.7900$ ,  $p = 0.07197$ ) (Figura 8). Por otro lado, la abundancia presentó diferencias significativas entre los niveles (ANOVA,  $F_{(2, 108)} = 42.473$ ,  $p = 2.464^{-14}$ ) (Figura 9).

**Tabla 9.** Abundancia (individuos/ $0.007 \text{ m}^2$ ) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

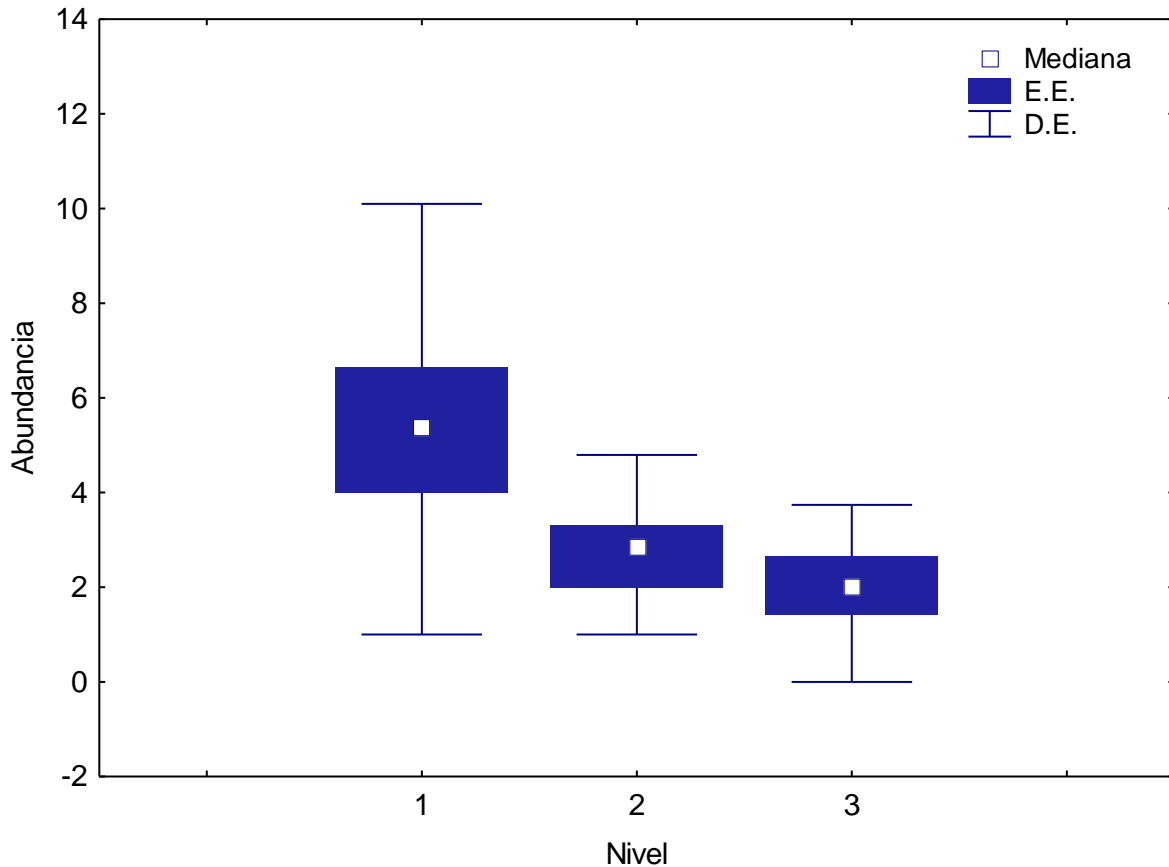
Estación	Nivel 1 (0-1.0 cm)	Nivel 2 (1.1-3 cm)	Nivel 3 (3.1-5 cm)
1	$5.50 \pm 16.91$	$1.15 \pm 3.11$	$0.75 \pm 2.24$
2	$11.75 \pm 33.14$	$2.15 \pm 5.14$	$1.55 \pm 3.37$
3	$2.85 \pm 6.87$	$1.35 \pm 3.43$	$1.15 \pm 5.33$
4	$11.10 \pm 32.41$	$1.55 \pm 4.48$	$1.00 \pm 4.24$
5	$5.05 \pm 11.39$	$1.30 \pm 2.95$	$0.30 \pm 0.80$
6	$2.50 \pm 6.46$	$0.80 \pm 2.26$	$1.40 \pm 3.43$
7	$5.50 \pm 12.15$	$0.95 \pm 2.06$	$0.55 \pm 1.46$
8	$3.40 \pm 8.52$	$2.40 \pm 6.58$	$0.85 \pm 1.81$
9	$6.15 \pm 12.18$	$2.25 \pm 5.63$	$0.45 \pm 1.23$
10	$1.15 \pm 2.05$	$0.60 \pm 1.31$	$0.20 \pm 0.61$
11	$9.05 \pm 21.90$	$1.55 \pm 2.41$	$1.20 \pm 3.00$

**Tabla 10.** Abundancia (individuos/ $0.007 \text{ m}^2$ ) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

Región	Nivel 1 (0-1.0 cm)	Nivel 2 (1.1-3.0 cm)	Nivel 3 (3.1-5.0 cm)
1	$172.50 \pm 88.38$	$33.00 \pm 14.14$	$23.00 \pm 11.31$
2	$103.88 \pm 64.46$	$28.33 \pm 12.20$	$16.55 \pm 9.53$



**Figura 8.** Variación de la abundancia (individuos/0.007 m<sup>2</sup>) en cada estación de muestreo, de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.



**Figura 9.** Variación de la abundancia (individuos/0.007 m<sup>2</sup>) en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

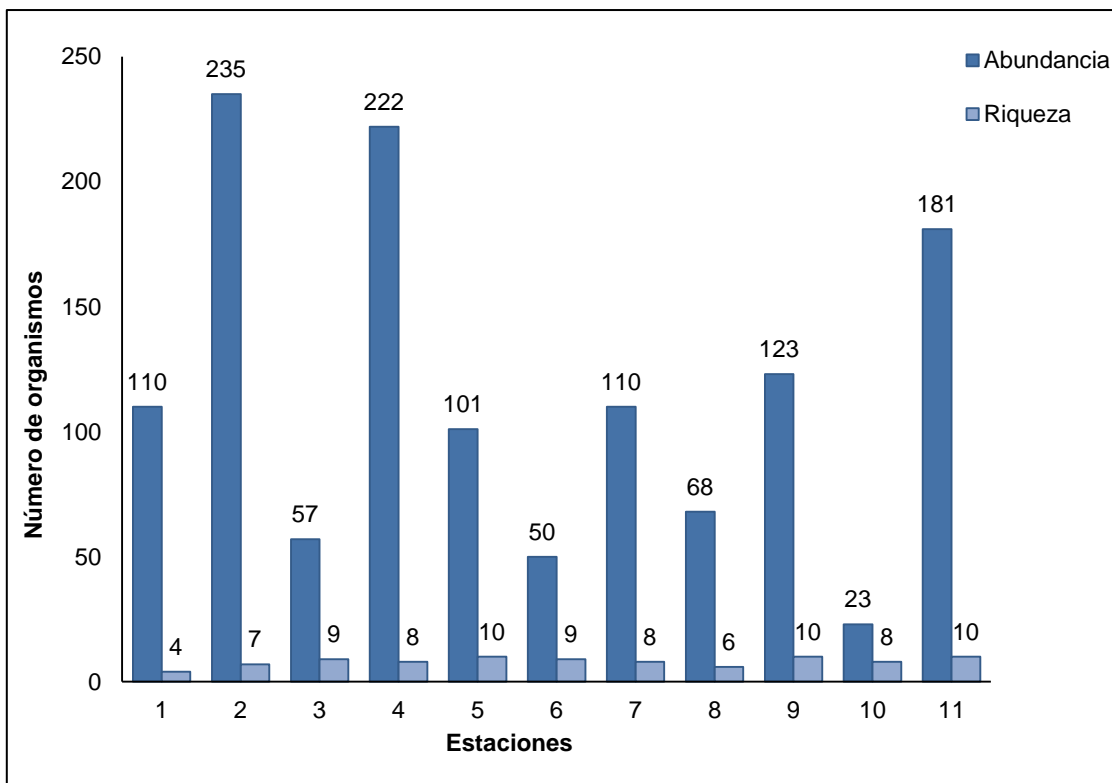
La abundancia total mayor se registró en la estación 2 con 309 organismos, siendo Nematoda el grupo taxonómico más abundante con 148 organismos. La abundancia total menor se obtuvo en la estación 10, con 39 organismos, de los cuales Copepoda fue el taxón más representativo (Anexo I).

De todas las estaciones y niveles, la estación 2, fue la más abundante en el nivel 1 (0-1.0 cm), con 235 organismos divididos en 7 grupos taxonómicos; la estación 10 en el mismo nivel, con 23 organismos divididos en 8 grupos taxonómicos, fue la que presentó el valor más bajo (Figura 10 a). La estación 8, fue la más abundante en el nivel 2 (1.1-3.0 cm), con 48 organismos divididos en 6 grupos taxonómicos; la estación 10 en el mismo nivel, con 12 organismos divididos en 5 grupos taxonómicos, fue la que presentó el valor más bajo (Figura 10 b). La estación 2, fue la más abundante en el nivel 3 (3.1-5.0 cm), con 31 organismos divididos en 7

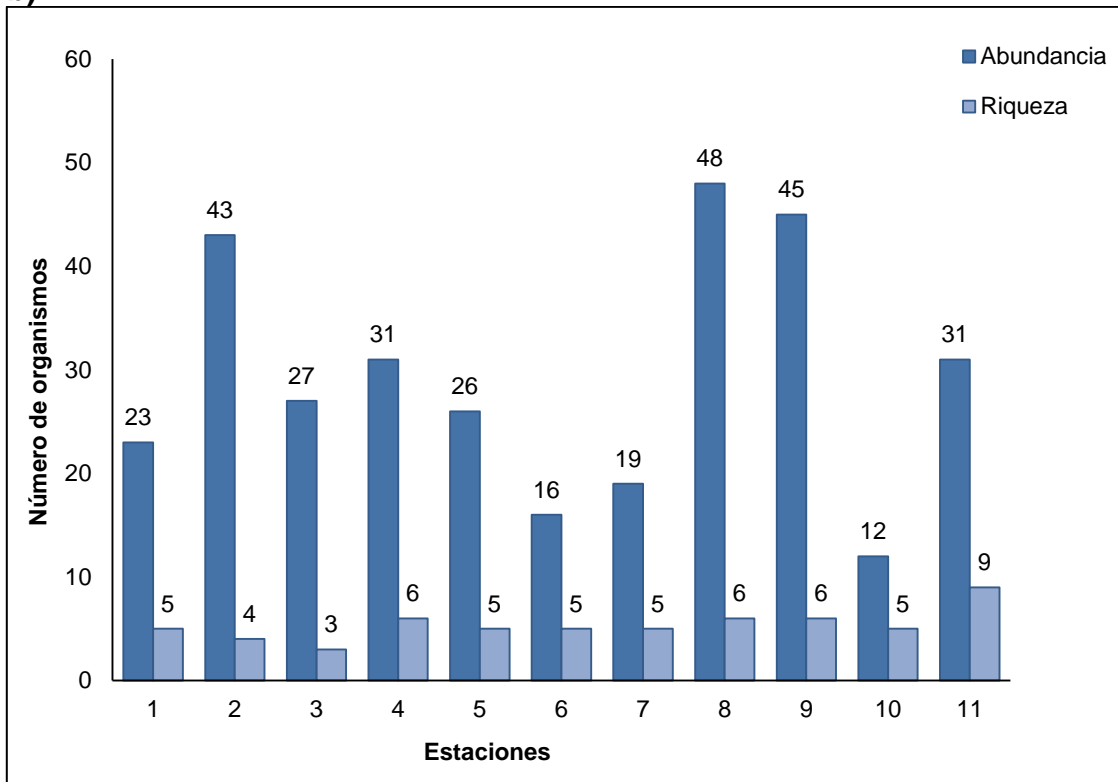


grupos taxonómicos; la estación 10 en el mismo nivel, con 4 organismos divididos en 2 grupos taxonómicos, fue la que presentó el valor más bajo (Figura 10 c).

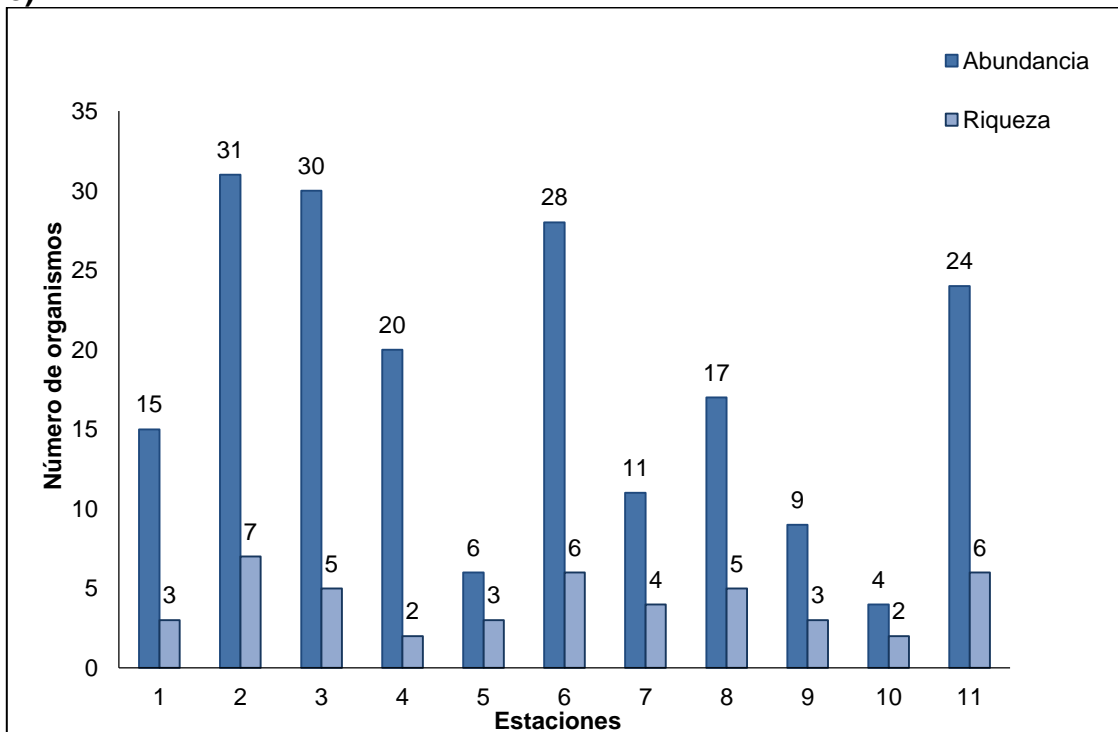
a)



b)



c)



**Figura 10.** Abundancia (individuos/0.007 m<sup>2</sup>) y riqueza taxonómica (s) para cada estación de muestreo y nivel de sedimento de la campaña SIGSBEE 13. a) Nivel 1, b) Nivel 2, c) Nivel 3.

### 8.3. Densidad

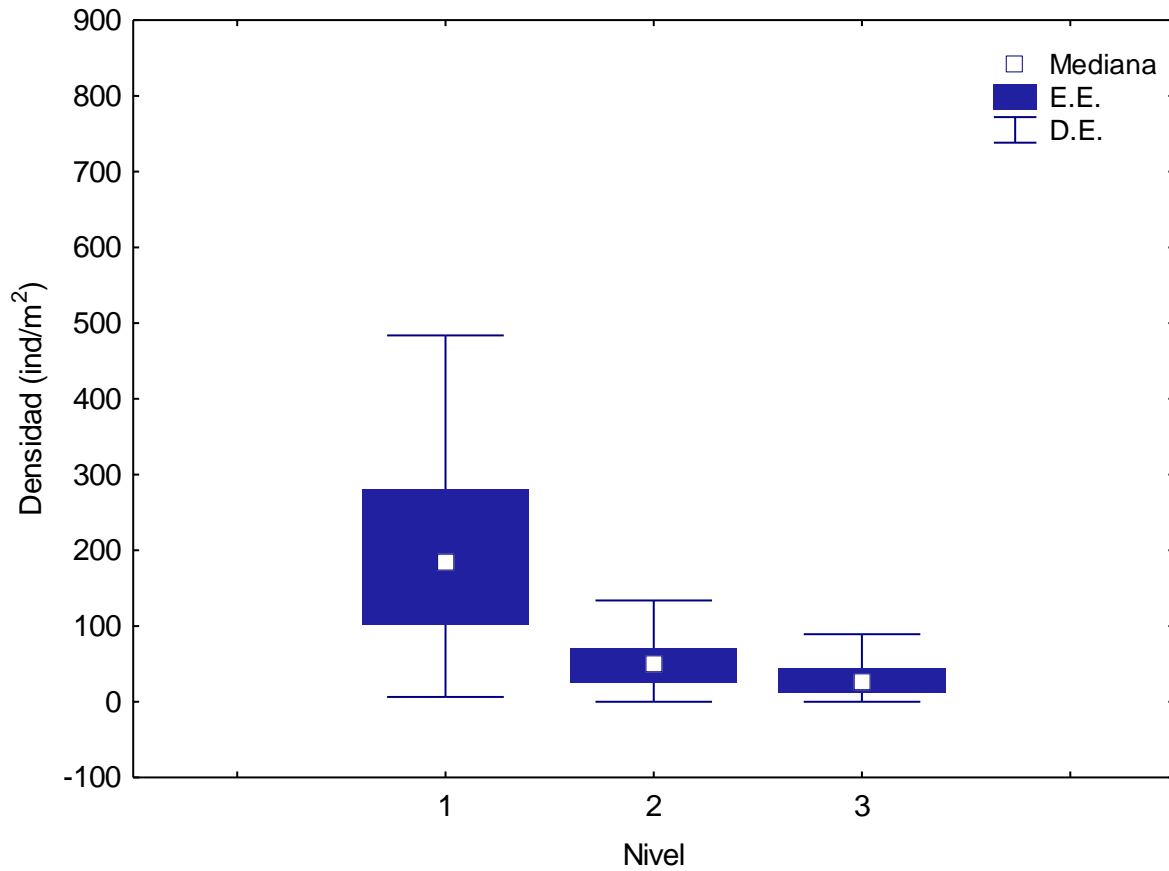
La densidad promedio reconocida en las 11 estaciones, para cada nivel del sedimento, presentó un intervalo de  $1496.05 \pm 4219.50$  a  $25.46 \pm 77.66$  ind/m<sup>2</sup> (Tabla 11); el valor más alto  $1496.05 \pm 4219.50$  ind/m<sup>2</sup> corresponde al nivel 1 (0-1.0 cm) de la estación 2, mientras que el valor más bajo  $25.46 \pm 77.66$  ind/m<sup>2</sup> es del nivel 3 (3.1-5.0 cm) de la estación 10. Por otro lado, la densidad promedio por regiones y niveles presentó un intervalo de  $172.5 \pm 88.38$  a  $16.55 \pm 9.59$  ind/m<sup>2</sup> (Tabla 12), el valor más alto  $172.5 \pm 88.38$  ind/m<sup>2</sup> lo presentó el nivel 1 (0-1.0 cm) de la región 1 (planicie abisal Sigsbee) y el valor más bajo  $16.55 \pm 9.59$  ind/m<sup>2</sup> en el nivel 3 (3.1-5.0 cm) de la región 2 (Abanico del Mississippi). La densidad promedio presentó diferencias significativas entre las estaciones y niveles (ANOVA,  $F_{(2, 108)} = 30.431$ ,  $p = 3.297^{-11}$ ) (Figura 11).

**Tabla 11.** Densidad (individuos/m<sup>2</sup>) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

Estación	Nivel 1 (0-1.0 cm)	Nivel 2 (1.1-3.0 cm)	Nivel 3 (3.1-5.0 cm)
1	700.28±2153.04	146.42±395.97	95.49±285.20
2	1496.05±4219.50	273.74±654.44	197.35±429.08
3	362.87±874.71	171.88±436.72	146.42±678.63
4	1413.29±4126.55	197.35±570.40	127.32±539.85
5	642.98±1450.21	165.52±375.60	38.19±101.85
6	318.30±822.51	101.85±287.75	178.25±436.72
7	700.28±1546.98	120.95±262.28	70.02±185.89
8	432.90±1084.79	305.57±837.78	108.22±230.45
9	783.04±1550.80	286.47±716.83	57.29±156.60
10	146.42±261.01	76.39±166.79	25.46±77.66
11	1152.27±2788.38	197.35±306.85	152.78±381.97

**Tabla 12.** Densidad (individuos/m<sup>2</sup>) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo y nivel de sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

Región	Nivel 1 (0-1.0 cm)	Nivel 2 (1.1-3.0 cm)	Nivel 3 (3.1-5.0 cm)
1	172.5±88.38	33±14.14	23±11.31
2	103.88±64.46	28.33±12.20	16.55±9.59



**Figura 11.** Variación de la densidad (individuos/m<sup>2</sup>) en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

#### 8.4. Índices ecológicos

a. Diversidad.- La estación que presentó el valor más elevado de diversidad de Shannon ( $H' \log_2$ ) fue la estación 10 (1.79 bits/ind) y el más bajo en la estación 1 (1.01 bits/ind).

b. Equidad de Pielou.- El valor más elevado de la equidad ( $J'$ ) lo presentó la estación 10 (0.78), mientras que el menor lo presentó la estación 4 (0.48).

c. Dominancia.- El valor más elevado de dominancia ( $D$ ) lo presentó la estación 4 (0.47) y la más baja la estación la 10 (0.22) (Tabla 13).

**Tabla 13.** Valores de los Índices ecológicos ( $H' \log_2$ ,  $J'$  y  $D$ ) en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

Estaciones	Diversidad ( $H' \log_2$ )	Equidad ( $J'$ )	Dominancia ( $D$ )
1	1.01	0.62	0.46
2	1.174	0.53	0.38
3	1.310	0.56	0.38
4	1.141	0.48	0.47
5	1.611	0.69	0.26
6	1.462	0.63	0.35
7	1.499	0.72	0.28
8	1.374	0.66	0.34
9	1.658	0.66	0.26
10	1.79	0.78	0.22
11	1.604	0.62	0.29

### **NIVEL 1 (0-1.1 cm)**

a. Diversidad.- Los valores más elevados de diversidad de Shannon para el primer nivel los presentaron la estación 10 (1.78 bits/ind) y los valores más bajos en la estación 1 (0.911 bits/ind).

b. Equidad de Pielou.- los valores más elevados de equidad ( $J'$ ) los presentaron la estación 10 (0.86), mientras que los valores más bajos de equidad los presentó la estación 2 (0.52).

c. Dominancia.- los valores de dominancia ( $D$ ) más elevados los presentó la estación 10 (0.20) y los valores más bajos en la estación la 1 (0.49) (Tabla 14).

### **NIVEL 2 (1.1-3.0 cm)**

a. Diversidad.- Los valores más elevados de diversidad de Shannon ( $H' \log_2$ ) para el segundo nivel lo presentó la estación 11 (1.96 bits/ind) y los valores más bajos en la estación 3 (1.06 bits/ind).

b. Equidad de Pielou.- Los valores más elevados de equidad ( $J'$ ) los presentó la estación 3 (0.97), mientras los valores más bajos de equidad los presentó la estación 8 (0.64).

c. Dominancia.- Los valores más elevados de dominancia ( $D$ ) los presentó la estación 4 (0.45) y los valores más bajos en la estación la 11 (0.165) (Tabla 14).

### **NIVEL 3 (3.1-5.0 cm)**

a. Diversidad.- Los valores más elevados de diversidad de Shannon ( $H' \log_2$ ) para el tercer nivel lo presentó la estación 2 (1.52 bits/ind) y los valores más bajos en la estación 4 (0.198 bits/ind).

b. Equidad de Pielou.- Los valores más elevados de equidad ( $J'$ ) los presentó la estación 10 (1.00), mientras que los valores de equidad más bajos los presentó la estación 4 (0.29).

c. Dominancia.- Los valores más elevados de dominancia ( $D$ ) se presentaron en la estación 4 (0.91) y los más bajos en la estación la 8 (0.27) (Tabla 14).

**Tabla 14.** Valores de los Índices ecológicos ( $H' \log_2$ ,  $J'$  y  $D$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

<b>Nivel 1 (0-1.0 cm)</b>	<b>E-1</b>	<b>E-2</b>	<b>E-3</b>	<b>E-4</b>	<b>E-5</b>	<b>E-6</b>	<b>E-7</b>	<b>E-8</b>	<b>E-9</b>	<b>E-10</b>	<b>E-11</b>
Diversidad ( $H' \log_2$ )	0.91	1.01	1.46	1.11	1.58	1.39	1.49	1.32	1.67	1.78	1.43
Equidad ( $J'$ )	0.65	0.52	0.66	0.53	0.69	0.63	0.72	0.73	0.72	0.86	0.62
Dominancia ( $D$ )	0.49	0.42	0.32	0.45	0.29	0.36	0.28	0.34	0.23	0.20	0.32
<b>Nivel 2 (1.1-3.0 cm)</b>	<b>E-1</b>	<b>E-2</b>	<b>E-3</b>	<b>E-4</b>	<b>E-5</b>	<b>E-6</b>	<b>E-7</b>	<b>E-8</b>	<b>E-9</b>	<b>E-10</b>	<b>E-11</b>
Diversidad ( $H' \log_2$ )	1.15	1.23	1.06	1.17	1.35	1.16	1.41	1.15	1.28	1.42	1.96
Equidad ( $J'$ )	0.71	0.88	0.97	0.65	0.84	0.72	0.87	0.64	0.71	0.88	0.89
Dominancia ( $D$ )	0.39	0.32	0.35	0.45	0.29	0.42	0.27	0.40	0.34	0.27	0.16
<b>Nivel 3 (3.1-5.0 cm)</b>	<b>E-1</b>	<b>E-2</b>	<b>E-3</b>	<b>E-4</b>	<b>E-5</b>	<b>E-6</b>	<b>E-7</b>	<b>E-8</b>	<b>E-9</b>	<b>E-10</b>	<b>E-11</b>
Diversidad ( $H' \log_2$ )	0.85	1.52	0.76	0.19	1.01	1.32	1.12	1.41	0.99	0.69	1.36
Equidad ( $J'$ )	0.77	0.77	0.47	0.29	0.92	0.74	0.80	0.87	0.90	1.00	0.76
Dominancia ( $D$ )	0.47	0.27	0.65	0.90	0.38	0.33	0.38	0.27	0.40	0.50	0.34

## REGIONES

a. Diversidad.- La región que presentó los valores más elevados de diversidad de Shannon ( $H' \log_2$ ) fue la región del Abanico del Mississippi, con  $H' = 1.57$  bits/ind; los valores más bajos se registraron en la planicie abisal Sigsbee, con  $H' = 1.14$  bits/ind.

b. Equidad de Pielou.- La región que presentó los valores más elevados de equidad ( $J'$ ) fue la región del Abanico del Mississippi con  $J' = 0.52$ , los valores más bajos se registraron en la presente la planicie abisal Sigsbee con  $J' = 0.52$ .

c. Dominancia.- La región que presentó los valores más elevados de dominancia ( $D$ ) fue la planicie abisal Sigsbee con  $D = 0.39$ , los valores más bajos se registraron para el Abanico del Mississippi con  $D = 0.32$  (Tabla 15).

**Tabla 15.** Valores de los Índices ecológicos ( $H' \log_2$ ,  $J'$  y  $D$ ) en cada región de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

Índice de diversidad	Región	
	Planicie Abisal Sigsbee	Abanico del Mississippi
Diversidad ( $H' \log_2$ )	1.14	1.57
Equidad ( $J'$ )	0.52	0.52
Dominancia ( $D$ )	0.39	0.32



## **8.5. Parámetros ambientales**

Los valores promedio de los parámetros ambientales que caracterizaron al sedimento colectado en las estaciones y regiones de muestreo se presentan a continuación. Éstas incluyen el tamaño de grano (arenas, limos y arcillas), el contenido de materia orgánica (nitrógeno y carbono orgánico) y clorofilas *a* (Chl *a*) (Anexo III, IV, V).

### **8.5.1. Textura**

En las tablas 16 y 17 se muestran los valores promedio de tamaño de grano del sedimento contenido por estación, región y nivel de muestreo en el sedimento.

Las tres clases de tamaño de grano que se reconocieron fueron arenas, limos y arcillas. Todas las regiones y niveles se caracterizaron por tener la proporción más alta en limos (N1: 62%, N2: 60%, N3: 58%) seguido por arcillas, (N1: 34%, N2: 39%, N3: 41%) y por arenas en una pequeña fracción (N1: 4%, N2: 1%, N3: 1%) (Figura 21, 22, 23) (Anexo IV).

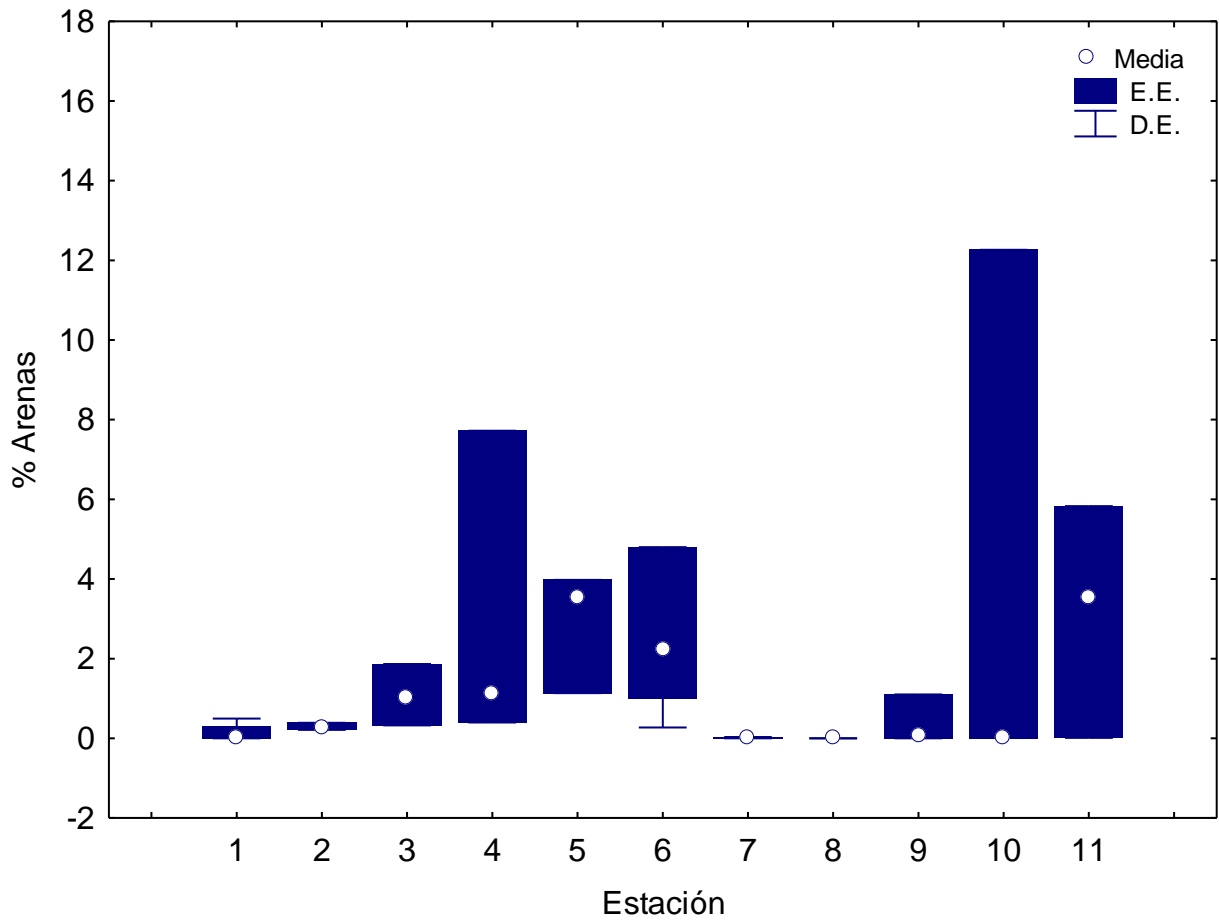
**Tabla 16.** Porcentaje de arenas, limos y arcillas promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

Estación	Nivel 1 (0-1.0 cm)			Nivel 2 (1.1-3.0 cm)			Nivel 3 (3.1-5.0 cm)		
	% Arenas	%Limos	% Arcillas	% Arenas	% Limos	% Arcillas	% Arenas	% Limos	% Arcillas
1	0.24±0.35	59.21±8.89	40.54±9.25	0.15±0.21	57.03±5.96	42.81±6.17	0.001	56.47±3.48	43.52±3.48
2	0.39	67.39	32.21	0.281	68.02	31.69	0.21	62.25	37.53
3	1.86	67.77	30.36	1.02	62.77	36.19	0.32	59.85	39.82
4	7.72	67.33	24.93	0.39	64.29	35.31	1.10	62.68	36.21
5	3.55	64.77	31.67	3.97	60.22	35.79	1.13	63.56	35.29
6	10.79±8.47	65.68±1.19	23.51±7.28	2.23±1.30	66.93±1.32	30.83±2.63	0.63±0.50	62.04±0.93	37.32±0.42
7	0.12±0.17	58.04±5.92	41.82±6.10	0.01±0.02	54.30±4.04	45.68±4.06	0	53.67±5.69	46.32±5.69
8	0.0005±0.0007	56.44±0.14	43.55±0.14	0.008±0.01	55.47±1.04	44.52±1.06	0	53.93±1.84	46.06±1.84
9	4.29±4.52	63.83±1.31	31.86±5.83	0.07±0.10	56.75±1.38	43.17±1.48	0.011±0.016	51.84±2.53	48.14±2.55
10	12.26	63.51	24.21	0.02	57.83	42.14	0.007	54.62	45.37
11	0.01	56.74	43.24	3.54	64.27	32.18	5.82	63.4	30.76

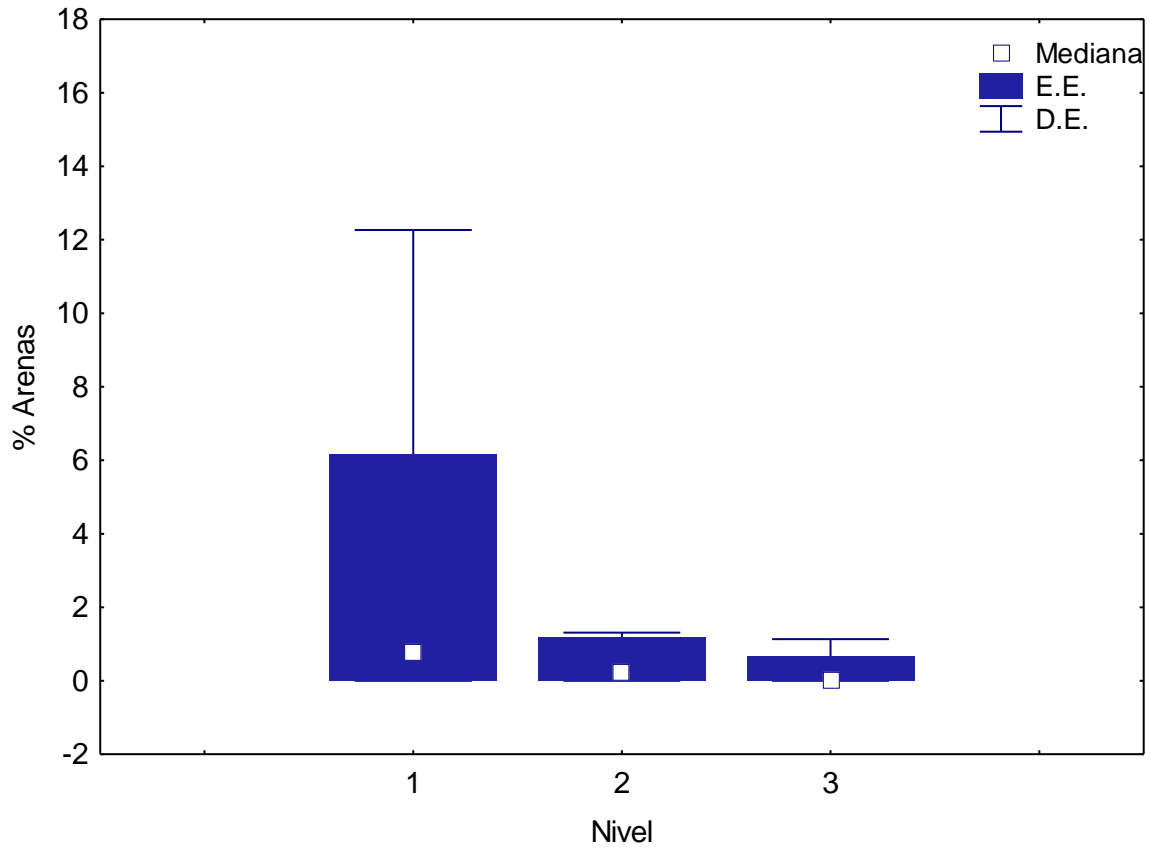
**Arenas.** Las arenas fluctuaron en un intervalo de 12.26 a  $0.0005 \pm 0.0007\%$  (Tabla 16). El valor promedio más elevado se registró en la estación 10, nivel 1 (0-1.0 cm). La estación 8, nivel 1 (0-1.0 cm), se caracterizó por presentar el valor porcentual más bajo. Se reconoció que no presentó diferencia significativa de porcentaje de arenas entre las estaciones (ANOVA,  $F_{(10, 37)}=1.2954$ ,  $p=0.26877$ ) (Figura 12). Mientras que en los niveles se presentaron diferencias significativas (ANOVA,  $F_{(2,45)}=4.2096$ ,  $p=0.02109$ ) (Figura 13).

**Limos.** Los limos ocurrieron en un intervalo de 68.02 a  $51.84 \pm 2.53\%$  (Tabla 16). El valor promedio más elevado se registró en la estación 2, nivel 2 (1.1-3.0 cm). La estación 9, nivel 3 (3.1-5.0 cm), se caracterizó por presentar el valor porcentual más bajo presentando una diferencia significativa de porcentaje de limos entre las estaciones (ANOVA,  $F_{(10, 37)}=4.5719$ ,  $p=.00031$ ) (Figura 14). Por otro lado los niveles no presentaron diferencias significativas (ANOVA,  $F_{(2,45)}=3.1340$ ,  $p=0.05318$ ) (Figura 15).

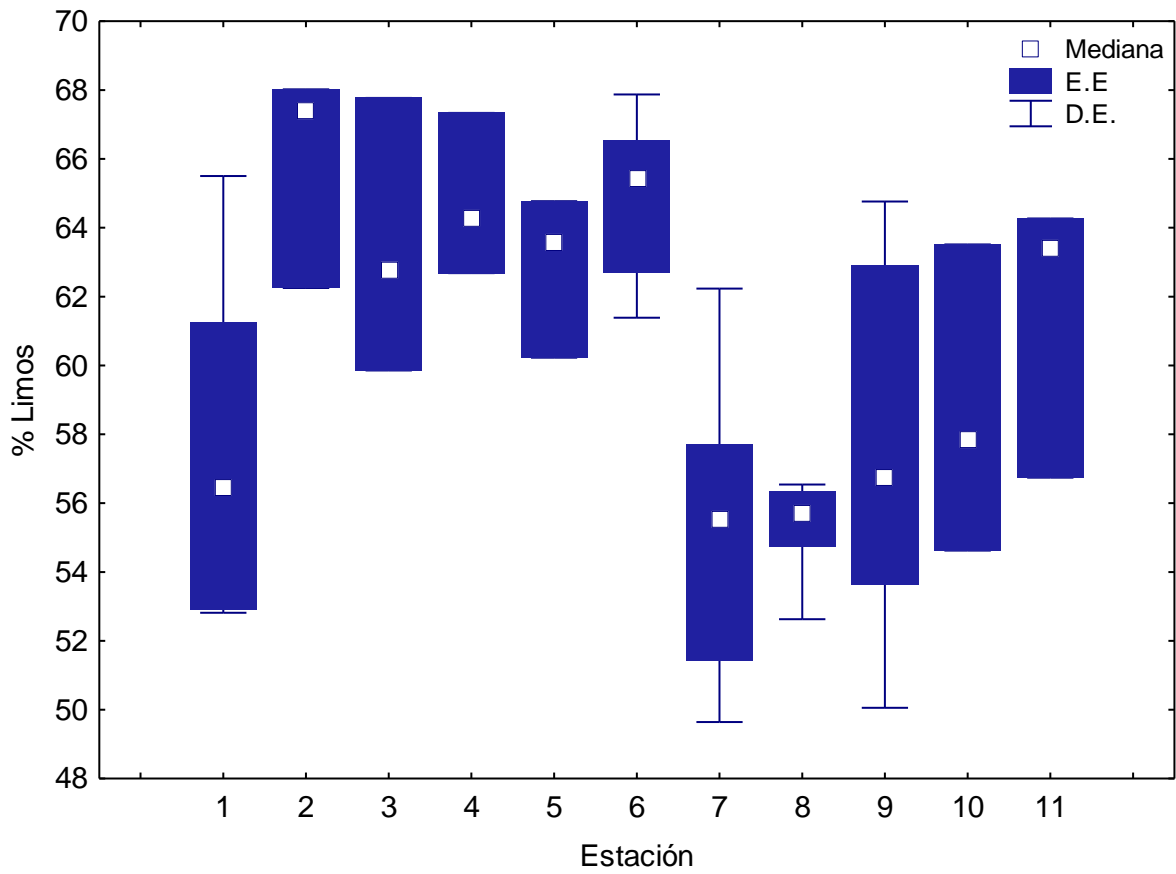
**Arcillas.** Las arcillas ocurrieron en un intervalo de  $48.14 \pm 2.55$  a  $23.51 \pm 7.28\%$  (Tabla 14). El valor promedio más alto se encontró en la estación 9, nivel 3 (3.1-5.0 cm). La estación 6, nivel 1 (0-1.0 cm). Se caracterizó por presentar el valor porcentual más bajo. Se reconoció que existe diferencia significativa de porcentaje de arcillas entre las estaciones (ANOVA,  $F_{(10, 37)}=3.4661$ ,  $p=0.00271$ ) (Figura 16). Del mismo modo los niveles presentaron diferencias significativas (ANOVA,  $F_{(2,45)}=4.7366$ ,  $p=0.01359$ ) (Figura 17).



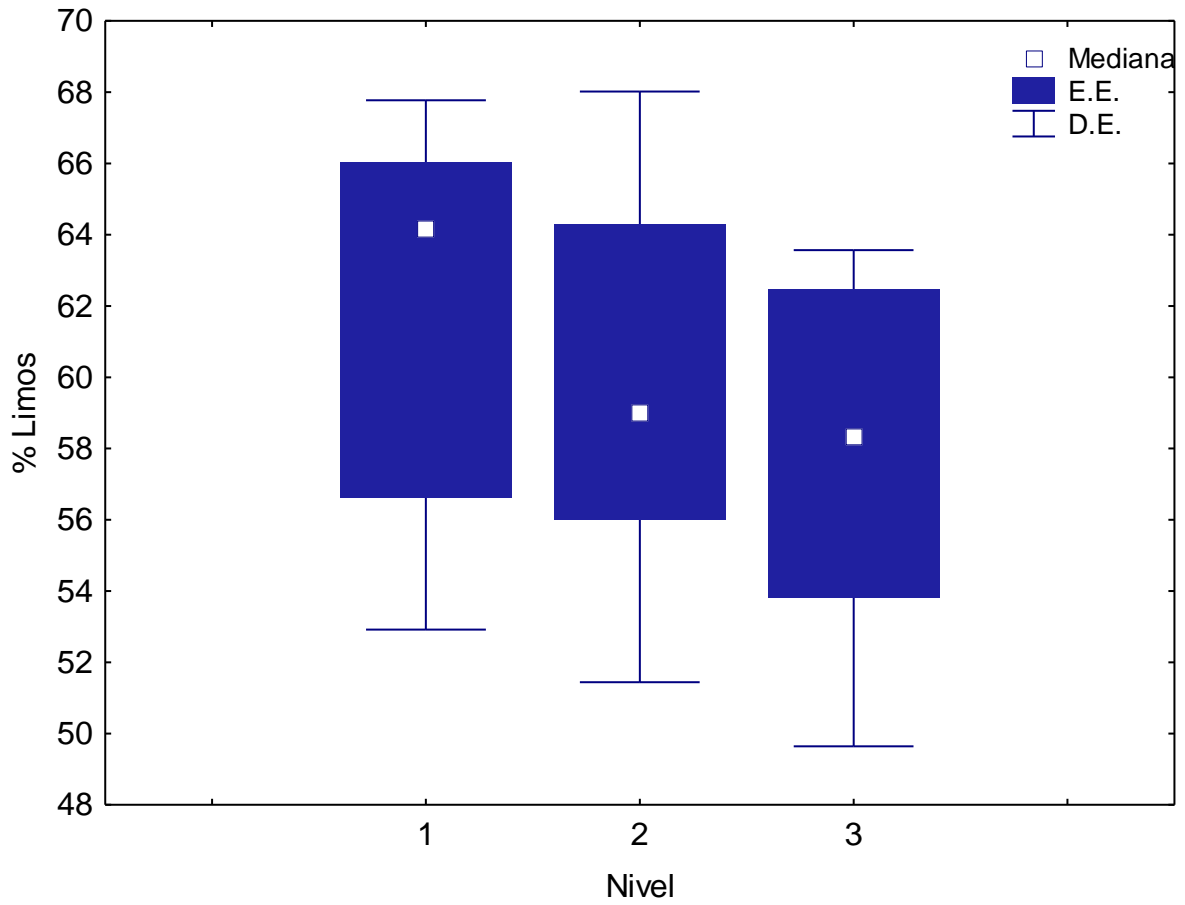
**Figura 12.** Variación del porcentaje de arenas en cada estación de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.



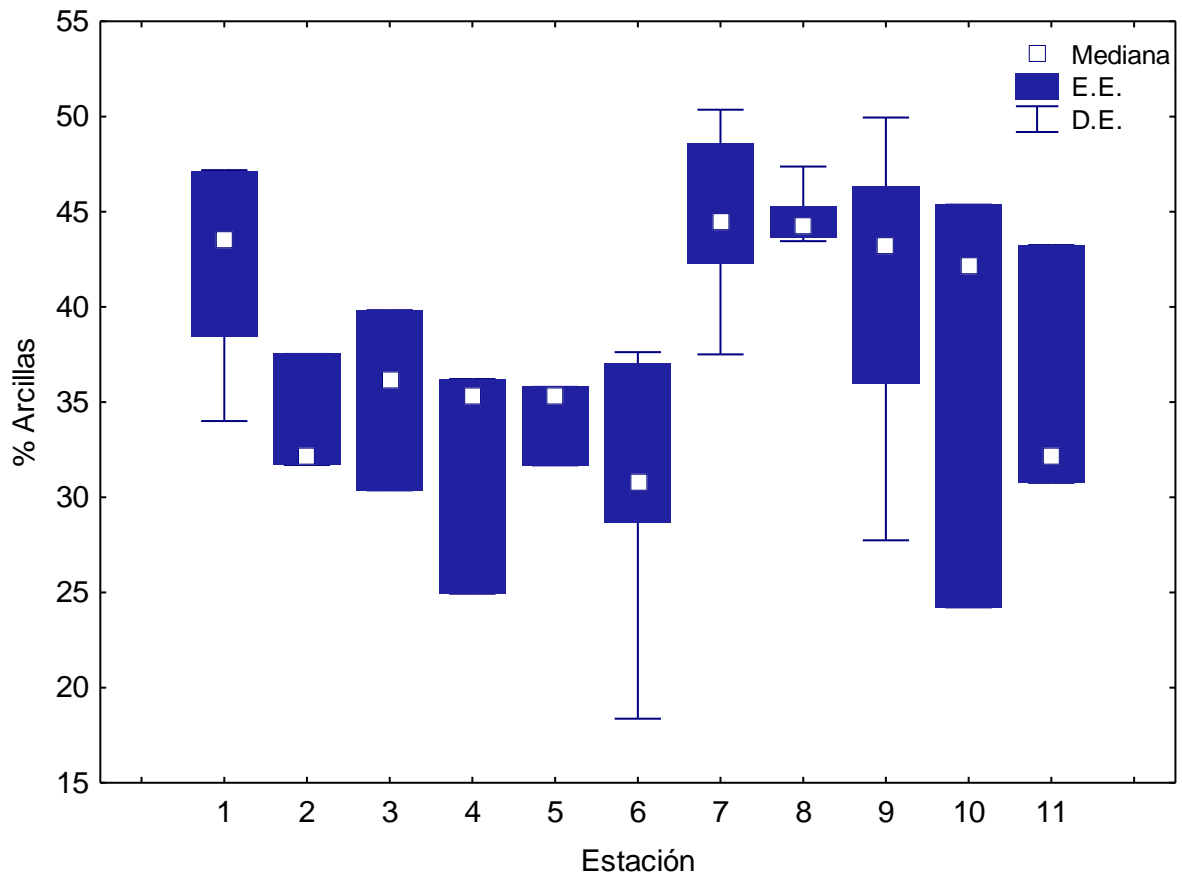
**Figura 13.** Variación del porcentaje de arenas en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.



**Figura 14.** Variación del porcentaje de limos en cada estación de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

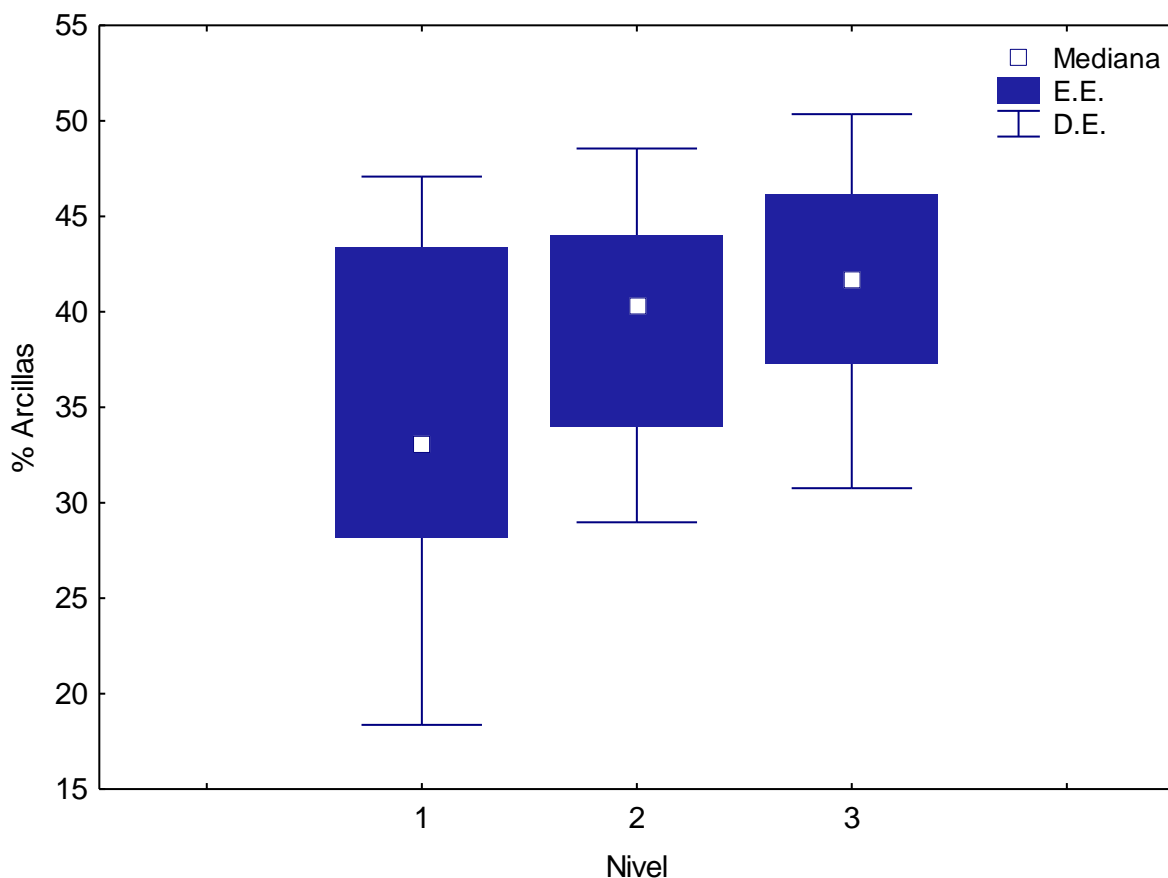


**Figura 15.** Variación del porcentaje de limos en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.



**Figura 16.** Variación del porcentaje de arcillas en cada estación de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.





**Figura 17.** Variación del porcentaje de arcillas en cada nivel del sedimento, para las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

**Tabla 17.** Porcentaje de arenas, limos y arcillas promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

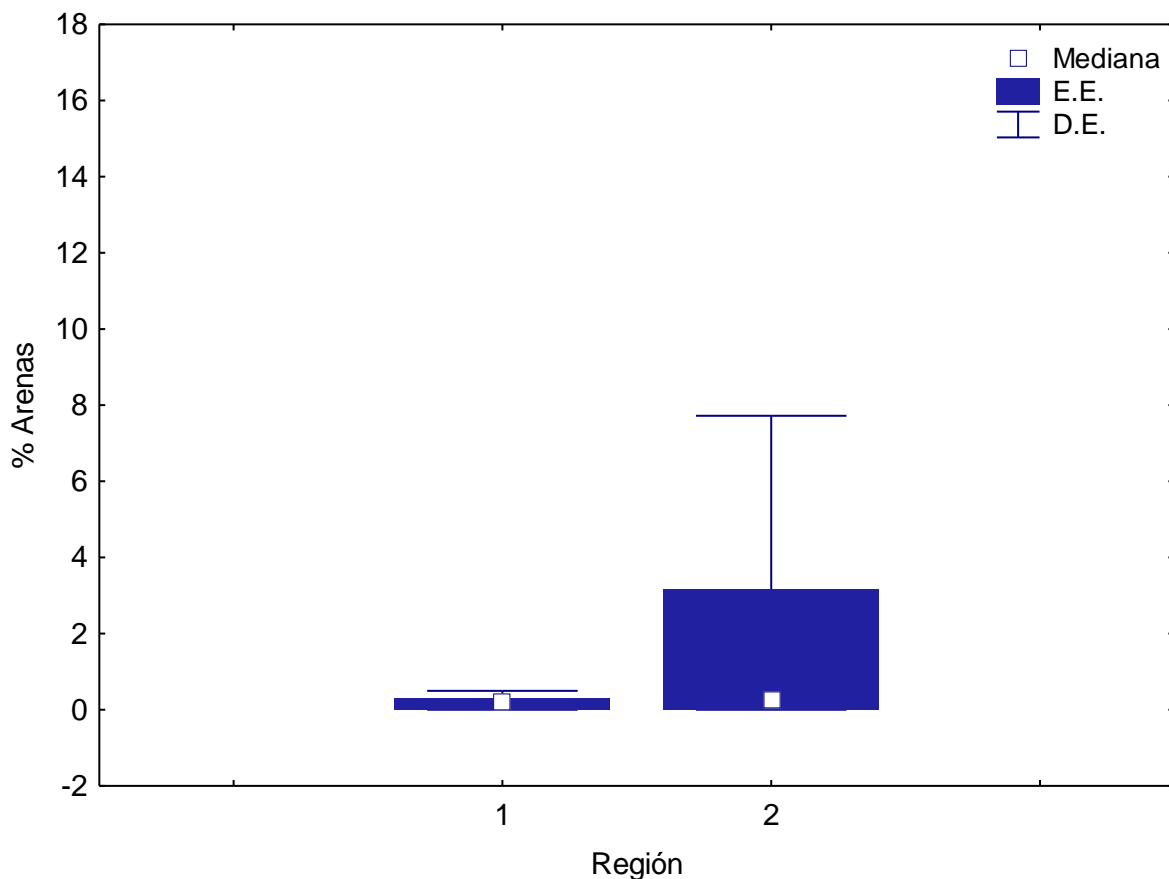
Región	%Arenas	%Limos	%Arcillas
1	0.18±0.19	60.34±6.05	39.46±6.22
2	2.03±3.65	59.78±5.16	38.18±7.75

## REGIONES

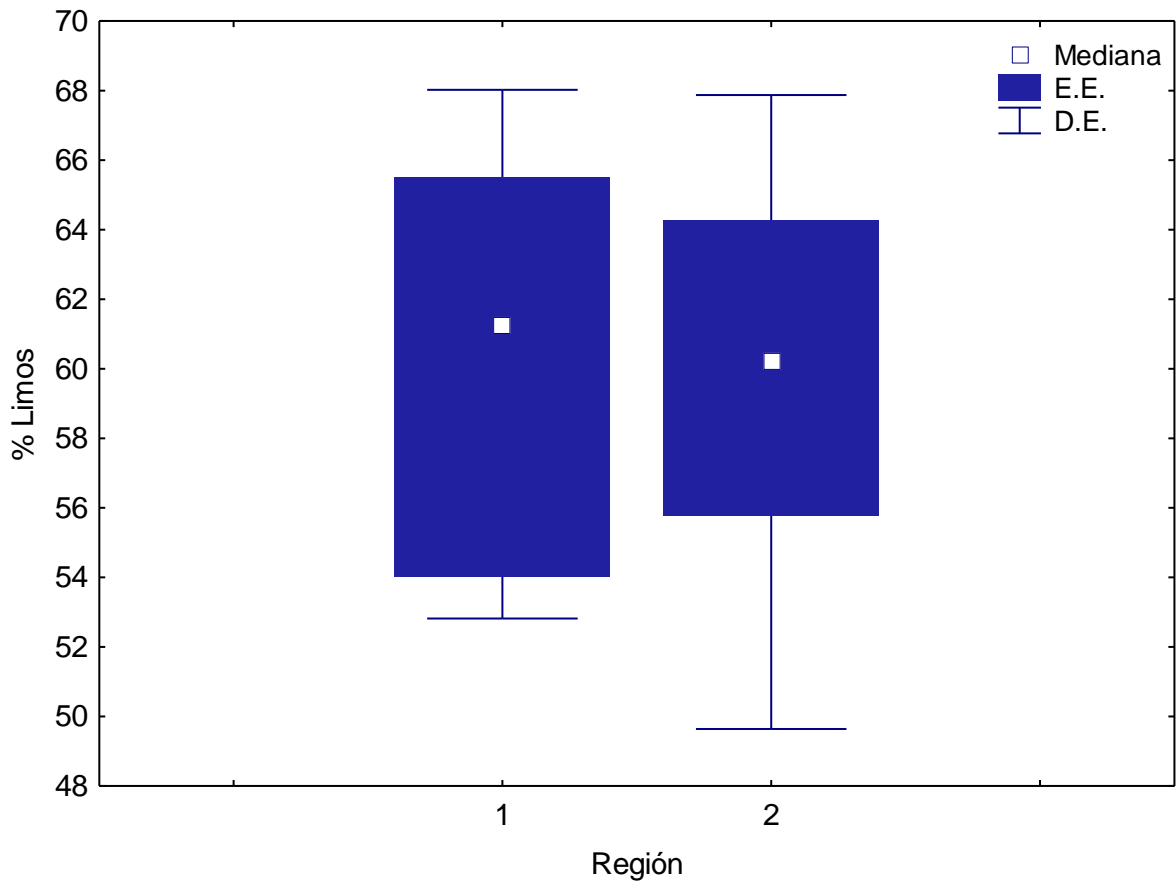
**Arenas.** Las arenas variaron en un intervalo de 2.03±3.65 a 0.18±0.19% (Tabla 17). El valor promedio más elevado se encontró en la región 2 (Abanico del Mississippi). La región 1 (planicie abisal Sigsbee) mostró el valor porcentual más bajo. Las regiones no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de arenas (ANOVA,  $F_{(1, 46)}=2.2518$ ,  $p=0.14029$ ) (Figura 18).

**Limos.** Los limos variaron en un intervalo  $60.34 \pm 6.05$  a  $59.78 \pm 5.16\%$  (Tabla 17). El valor promedio más elevado se encontró en la región 1 (planicie abisal Sigsbee). La región 2 (Abanico del Mississippi) mostró el valor porcentual más bajo. Las regiones no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de limos (ANOVA,  $F_{(1,46)}=0.08104$ ,  $p=0.77717$ ) (Figura 19).

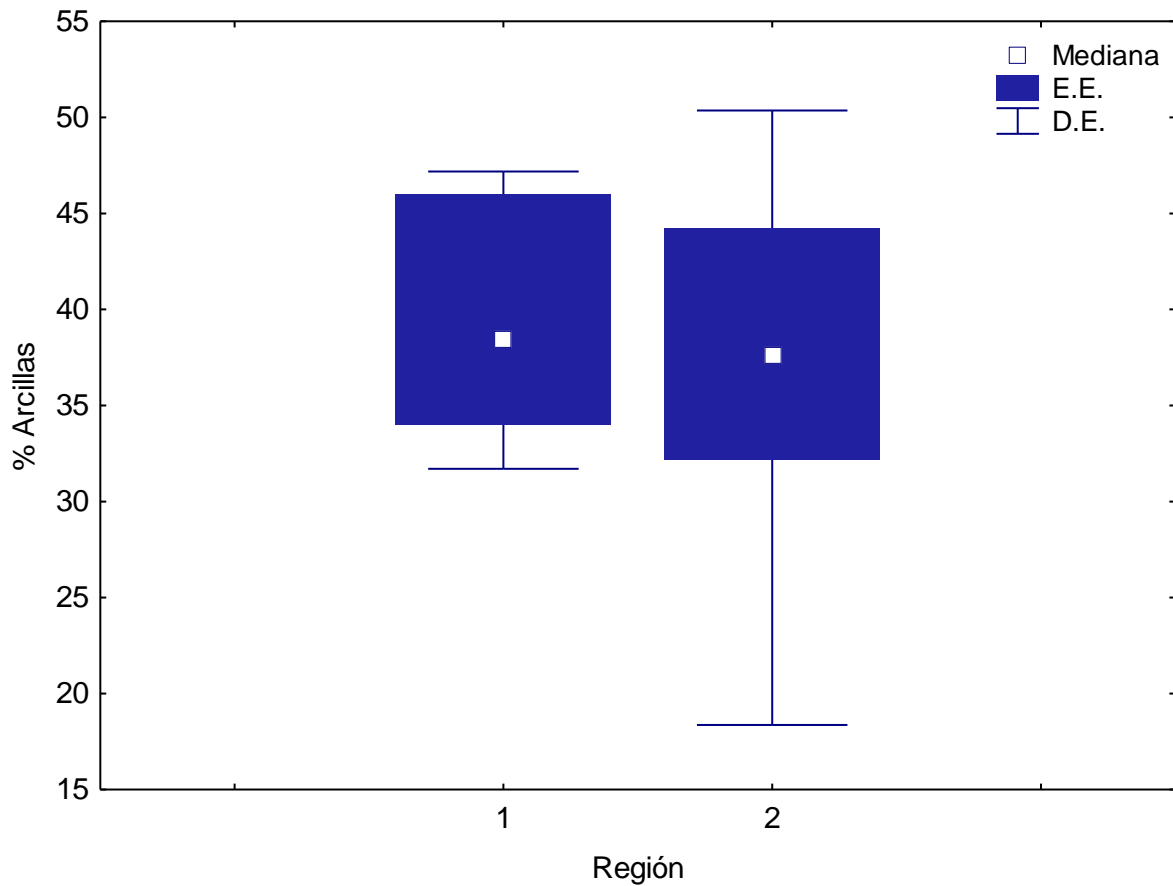
**Arcillas.** Las arcillas variaron en un intervalo de  $39.46 \pm 6.22$  a  $38.18 \pm 7.75\%$  (Tabla 17). El valor promedio más elevado se encontró en la región 1 (planicie abisal Sigsbee). La región 2 (Abanico del Mississippi) el valor porcentual más bajo. Las regiones no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de arcillas (ANOVA,  $F_{(1,46)}=0.21259$ ,  $p=0.64691$ ) (Figura 20).



**Figura 18.** Variación del porcentaje de arenas en cada región de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

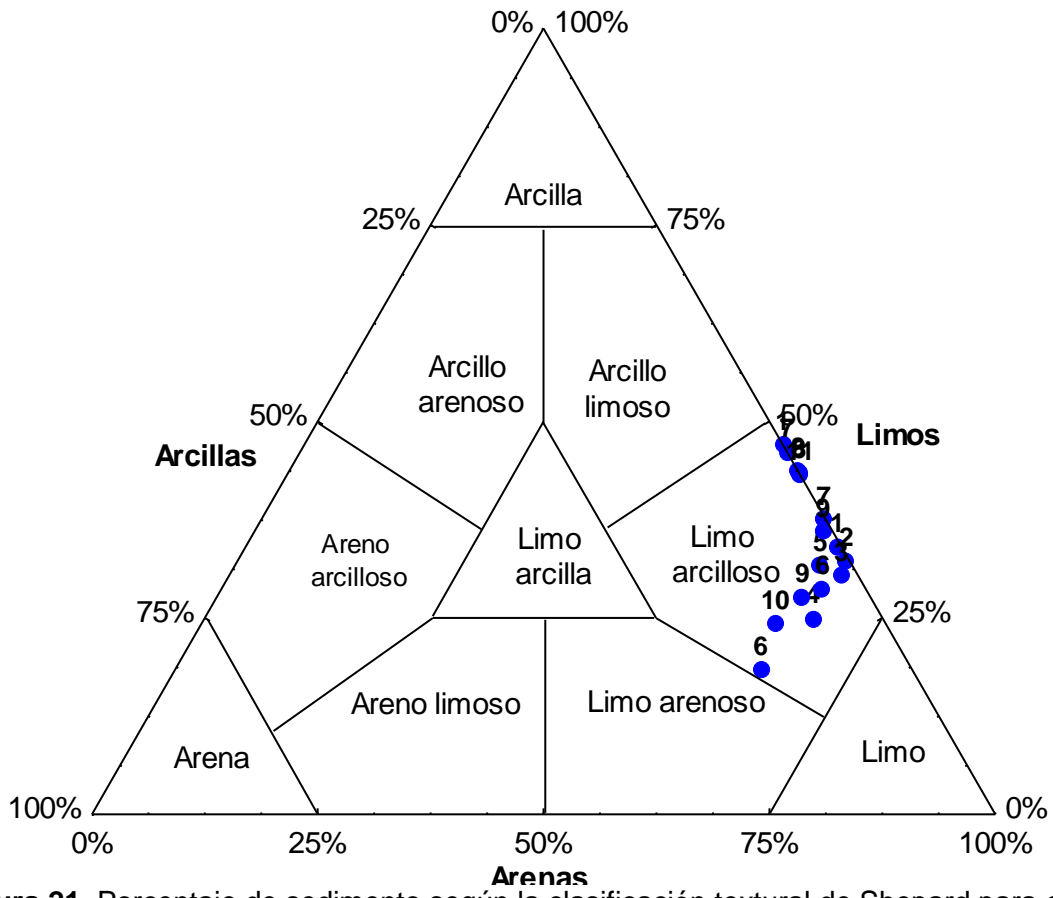


**Figura 19.** Variación del porcentaje de limos en cada región de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

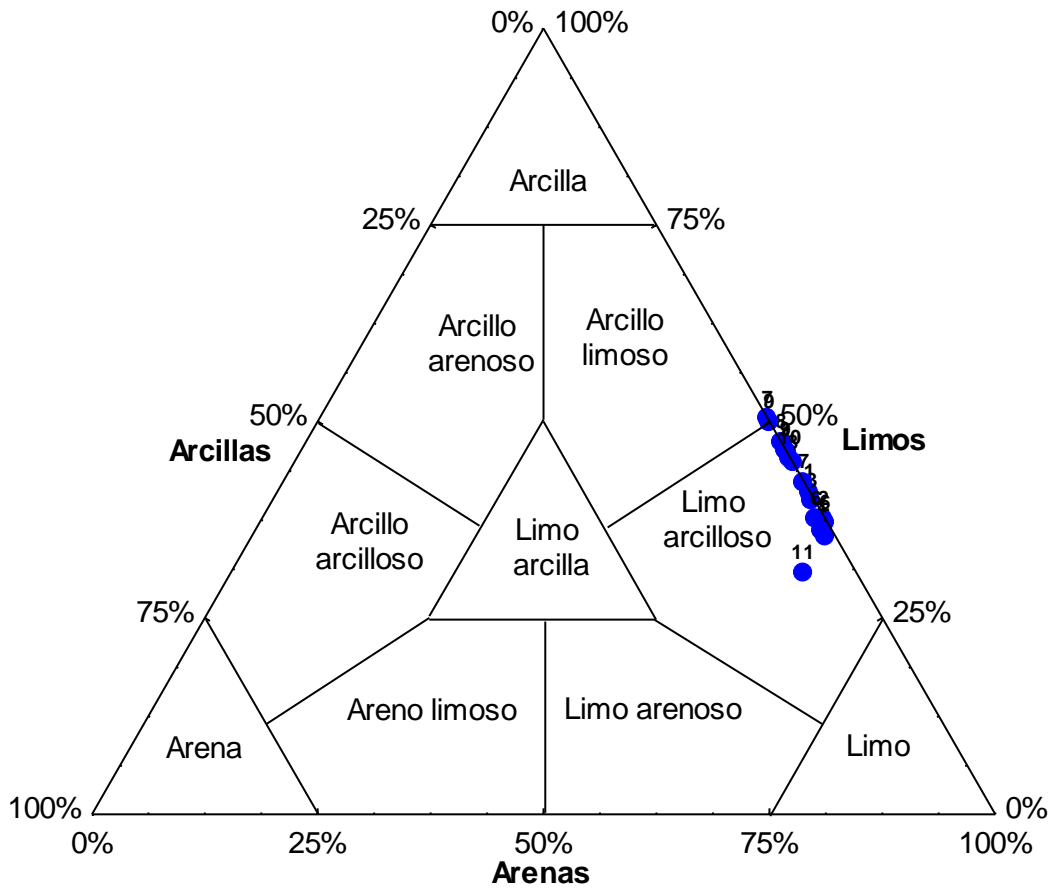


**Figura 20.** Variación del porcentaje de arcillas en cada región de muestreo, para los tres niveles del sedimento de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

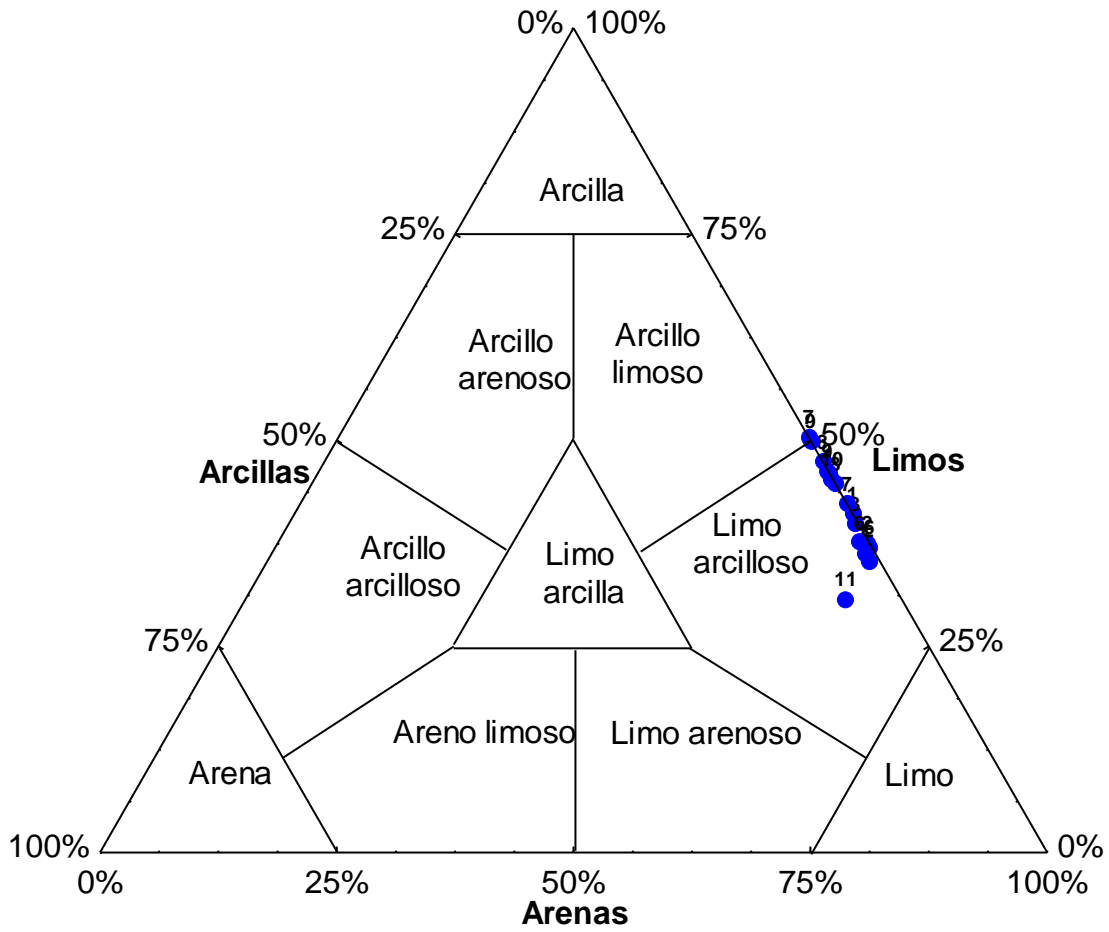
Con los porcentajes de arena, limo y arcilla mostrados en el estudio; la composición de sedimentos de todas las estaciones de muestreo se encontró que es del tipo limo arcilloso de acuerdo con la clasificación de Shepard (Figura 21, 22 y 23).



**Figura 21.** Porcentaje de sedimento según la clasificación textural de Shepard para el nivel 1 (0-1.0 cm) en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.



**Figura 22.** Porcentaje de sedimento según la clasificación textural de Shepard, para el nivel 2 (1.1-3.0 cm), en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.



**Figura 23.** Porcentaje de sedimento según la clasificación textural de Shepard para el nivel 3 (3.1-5.0 cm) en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

### 8.5.2. Materia orgánica

En las tablas 18 y 19 se muestran los valores promedio de la materia orgánica contenida en sedimento de las estaciones y niveles de muestreo.

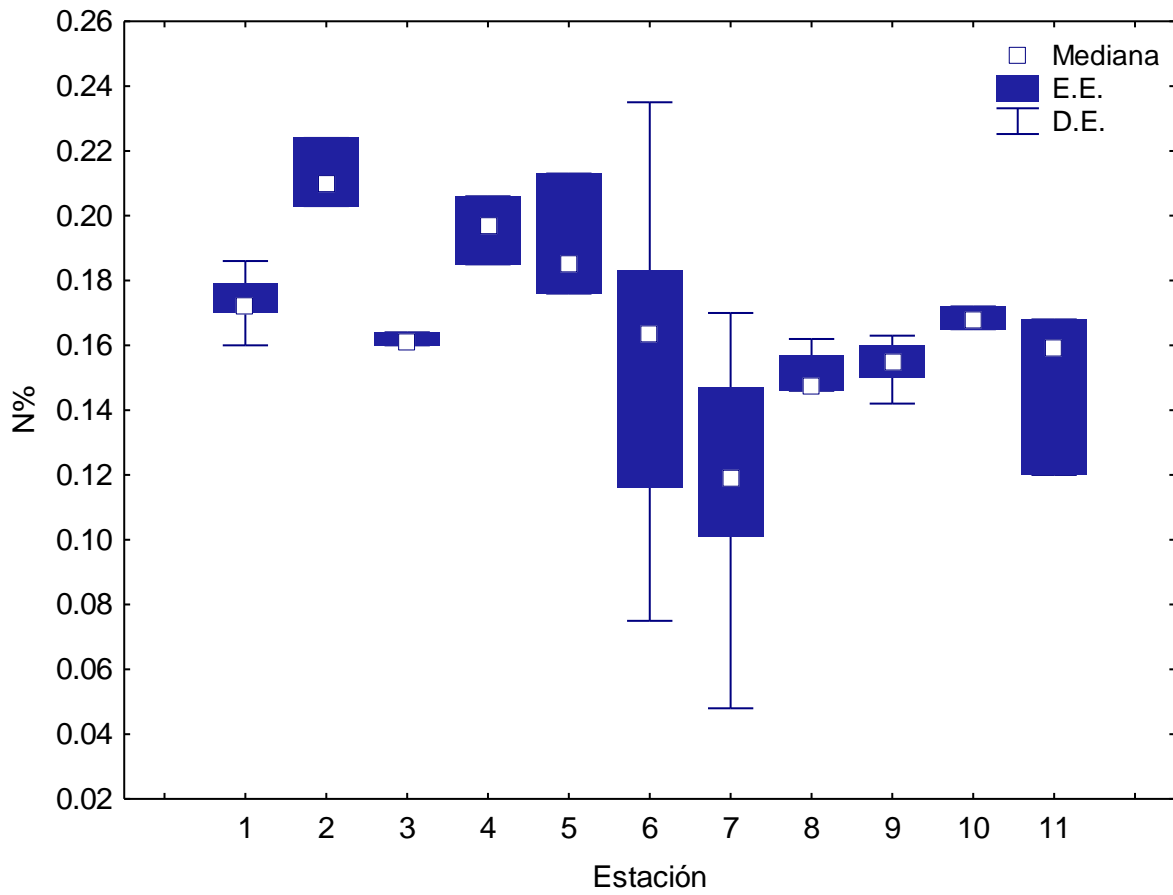
**Tabla 18.** Porcentaje de materia orgánica (%N y %C<sub>org</sub>) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada estación de muestreo y nivel del sedimento de la campaña SIGSBEE 13.

Estación	Nivel 1 (0-1.0 cm)		Nivel 2 (1.1-3.0 cm)		Nivel 3 (3.1-5.0 cm)	
	%N	%C <sub>org</sub>	%N	%C <sub>org</sub>	%N	%C <sub>org</sub>
1	0.17±0.005	3.51±0.13	1.85±0.002	3.53±0.90	0.17±0.01	2.95±0.97
2	0.22	4.97	0.21	4.41	0.2	5.72
3	0.16	2.07	0.16	0.6	0.16	0.55
4	0.2	3.11	0.19	2.5	0.18	3.08
5	0.21	2.24	0.18	2.21	0.17	2.77
6	0.20±0.04	2.48±1.71	0.14±0.04	2.57±1.68	0.11±0.05	2.10±1.44
7	0.13±0.02	4.21±0.08	0.13±0.04	4.05±0.14	0.08±0.05	4.08±0.17
8	0.13±0.01	1.78±0.03	0.15±0.006	0.86±0.14	0.15±0.01	0.70±0.08
9	0.15±0.006	2.61±1.29	0.14±0.009	1.80±0.15	0.15±0.007	0.71±0.001
10	0.16	1.23	0.17	1.21	0.16	1.2
11	0.15	3.8	0.16	4.52	0.12	4.83

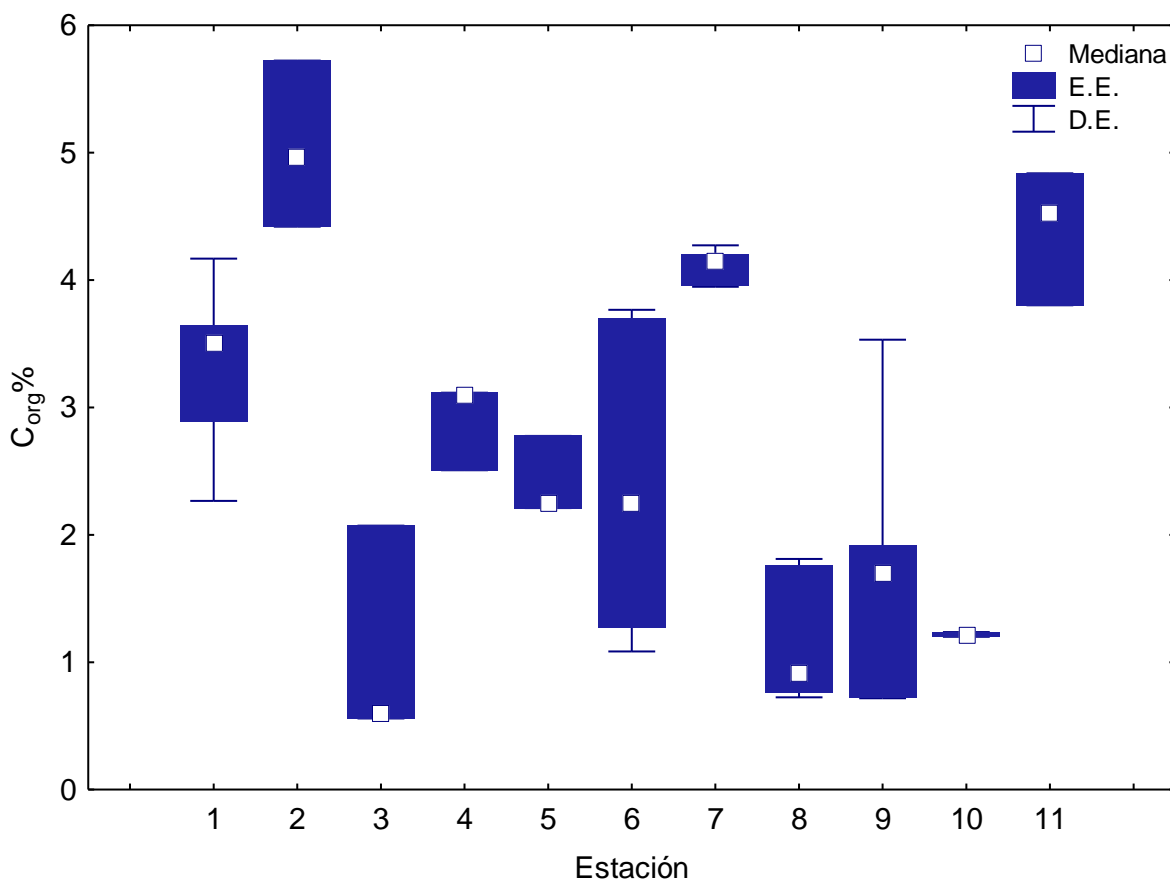
**Nitrógeno.** El porcentaje de nitrógeno varió de 0.08±0.01 a 1.85±0.002% (Tabla 18). El valor promedio más bajo se presentó en la estación 7, nivel 3 (3.1-5.0 cm), mientras que el valor promedio más elevado se presentó en la estación 1, nivel 2 (1.1-3.0 cm). El porcentaje de nitrógeno presentó diferencias significativas entre estaciones (ANOVA,  $F_{(10,37)}=3.7662$ ,  $p=0.001472$ ) (Figura 24).

**Carbono orgánico.** El porcentaje de carbono varió de 0.55 a 5.72% (Tabla 18). El valor promedio más bajo se presentó en la estación 3, nivel 3 (3.1-5.0 cm), mientras que el valor promedio más elevado se presentó en la estación 2, nivel 3 (3.1-5.0 cm). El porcentaje de carbono orgánico presentó diferencias significativas entre estaciones (ANOVA,  $F_{(10,37)}=13.639$ ,  $p=1.269^{-9}$ ) (Figura 25).





**Figura 24.** Variación del porcentaje de nitrógeno, para cada una de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.



**Figura 25.** Variación del porcentaje de carbono orgánico, para cada una de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

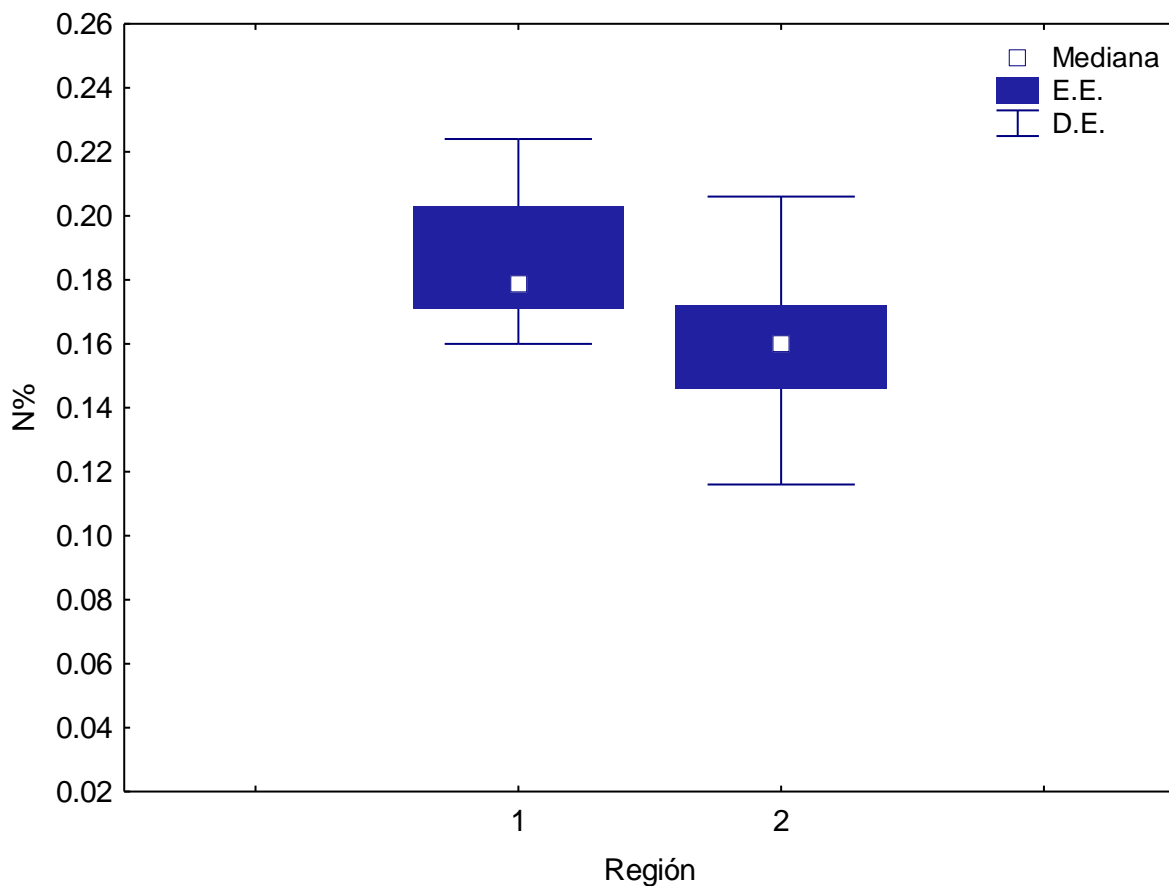
**Tabla 19.** Porcentaje de la materia orgánica (%N, %C<sub>org</sub>) promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) en cada región de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

Región	%N	%C <sub>org</sub>
1	0.18±0.02	3.90±1.05
2	0.15±0.03	2.36±1.34

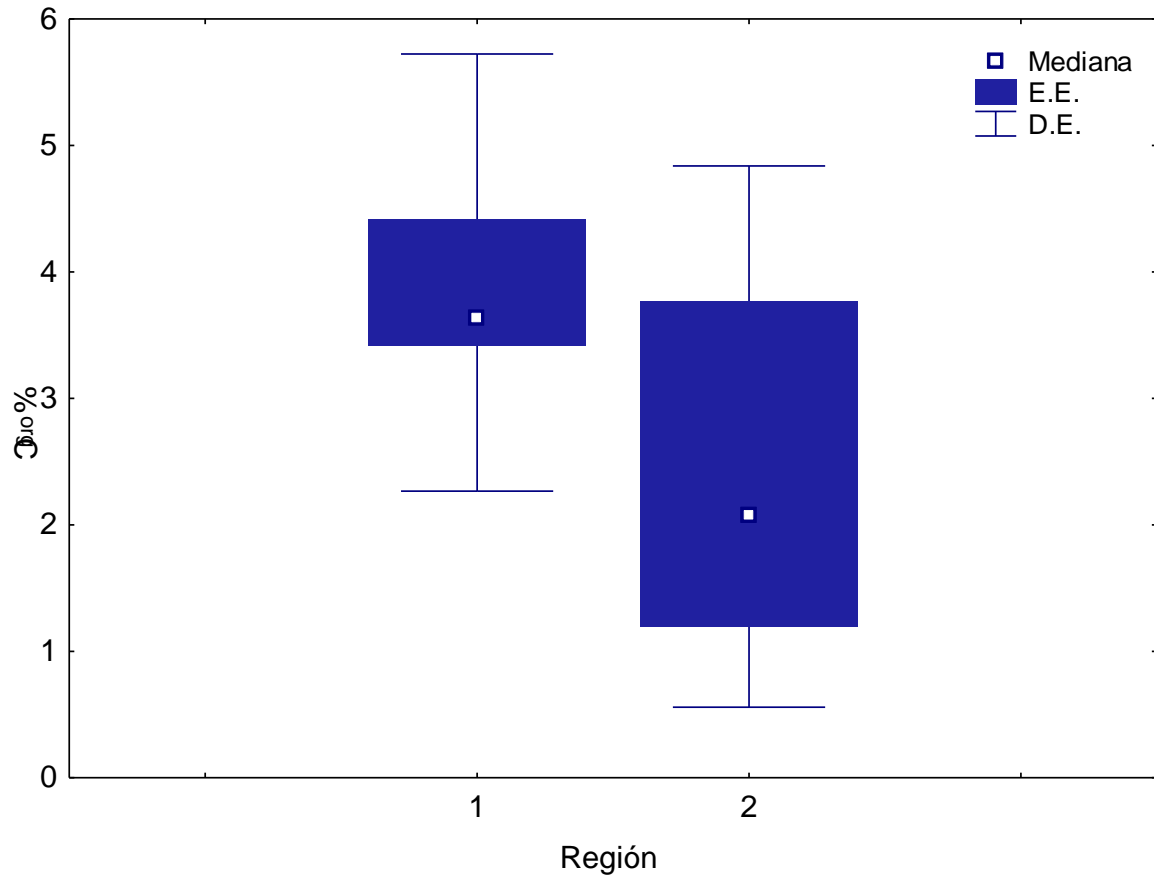
## REGIONES

**Nitrógeno.** Los valores promedio del porcentaje de nitrógeno variaron de 0.18±0.02 a 0.15±0.03% (Tabla 19). El valor promedio más bajo se presentó en la región 2 (Abanico del Mississippi), mientras que el valor promedio más elevado se presentó en la región 1 (planicie abisal Sigsbee). El porcentaje de nitrógeno entre regiones no presentó diferencias significativas (ANOVA,  $F_{(1,46)}=6.5141$ ,  $p=0.01411$ ) (Figura 26).

**Carbono orgánico.** Los valores promedio del porcentaje de carbono variaron de  $3.90 \pm 1.053$  a  $2.36 \pm 1.34\%$  (Tabla 19). El valor promedio más bajo se presentó en la región 2 (Abanico del Mississippi), mientras que el valor promedio mayor se presentó en la región 1 (planicie abisal Sigsbee). El porcentaje de carbono orgánico entre regiones presentó diferencias significativas (ANOVA,  $F_{(1,46)}=10.169$ ,  $p=0.00257$ ) (Figura 27).



**Figura 26.** Variación del porcentaje de nitrógeno en cada región de muestreo de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.



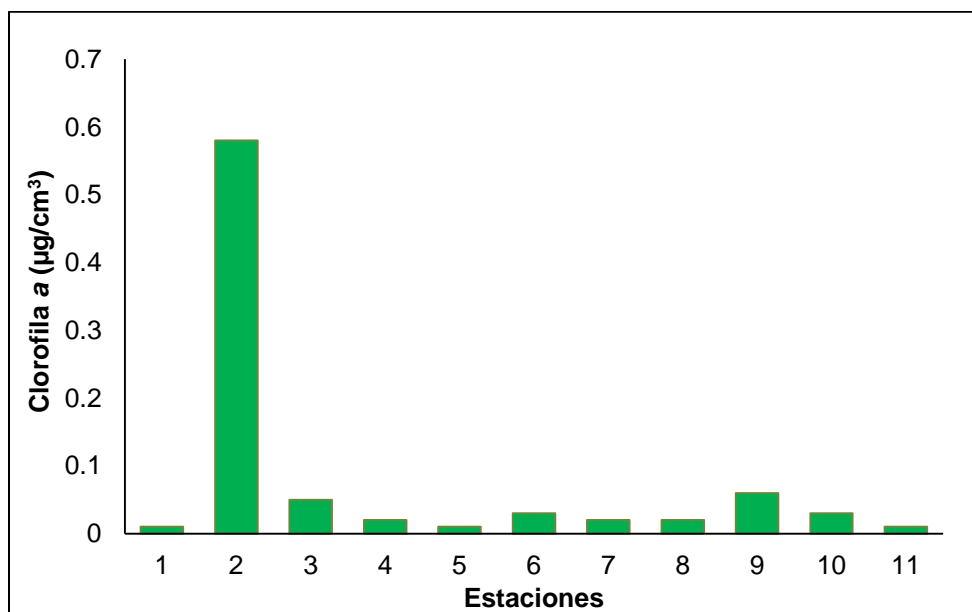
**Figura 27.** Variación del porcentaje de carbono orgánico en cada región de muestreo de la campaña SIGSBBE 13. Abreviaturas: (E.E.) error estándar (D.E.) desviación estándar.

### 8.5.3. Clorofila a

La concentración de los pigmentos en el sedimento (Chl *a*) variaron en un intervalo de 0.58 a 0.01  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  (Tabla 20, Figura 28). El valor más elevado se presentó en la estación 2, mientras que el valor menor se presentó en las estaciones 1, 5 y 11.

**Tabla 20.** Valores de clorofila *a*, en el sedimento superficial ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

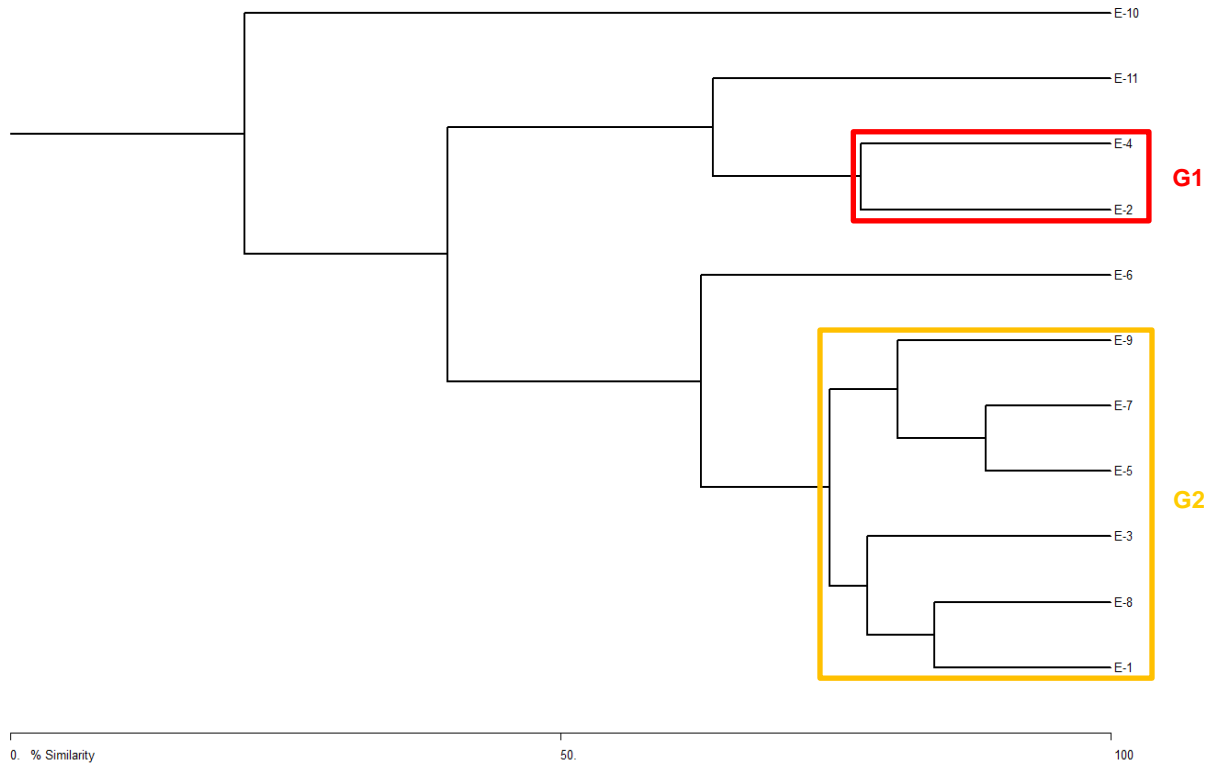
Estación	Clorofila- <i>a</i> ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ )
1	0.01
2	0.58
3	0.05
4	0.02
5	0.01
6	0.03
7	0.02
8	0.02
9	0.06
10	0.03
11	0.01



**Figura 28.** Concentración de clorofila *a* en el sedimento superficial de cada estación de muestro de la campaña SIGSBEE 13.

## 8.6. Similitud entre localidades

Las localidades se agruparon por la similitud de la abundancia de sus grupos taxonómicos de los 3 niveles en 2 grupos (Figura 29); G1, lo conformaron las estaciones que registraron los valores de abundancia más altos, estaciones 4 y 2, su similitud fue de 77% y G2, lo conformaron estaciones con abundancias similares, estaciones 9, 7, 5, 3, 8 y 1, su similitud fue de 75% (Anexo VI).



**Figura 29.** Dendrograma de similitud Bray-Curtis. G1 y G2 generados a partir de la abundancia de los grupos taxonómicos, en cada una de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

### Nivel 1 (0-1.0 cm)

La similitud de este nivel se agrupó en G1, lo conformaron estaciones que registraron abundancia similares, estaciones 6 y 3 del Abanico del Mississippi, su similitud fue de 80%; G2, lo conformaron las estaciones con la abundancia más alta, estaciones 4 y 2, su similitud fue de 75% y G3, lo conformaron las estaciones que registraron valores de abundancia de grupos de organismos similares, estaciones 11 y 1, su similitud fue de 75%, una mezcla de las dos regiones (Figura 30a).

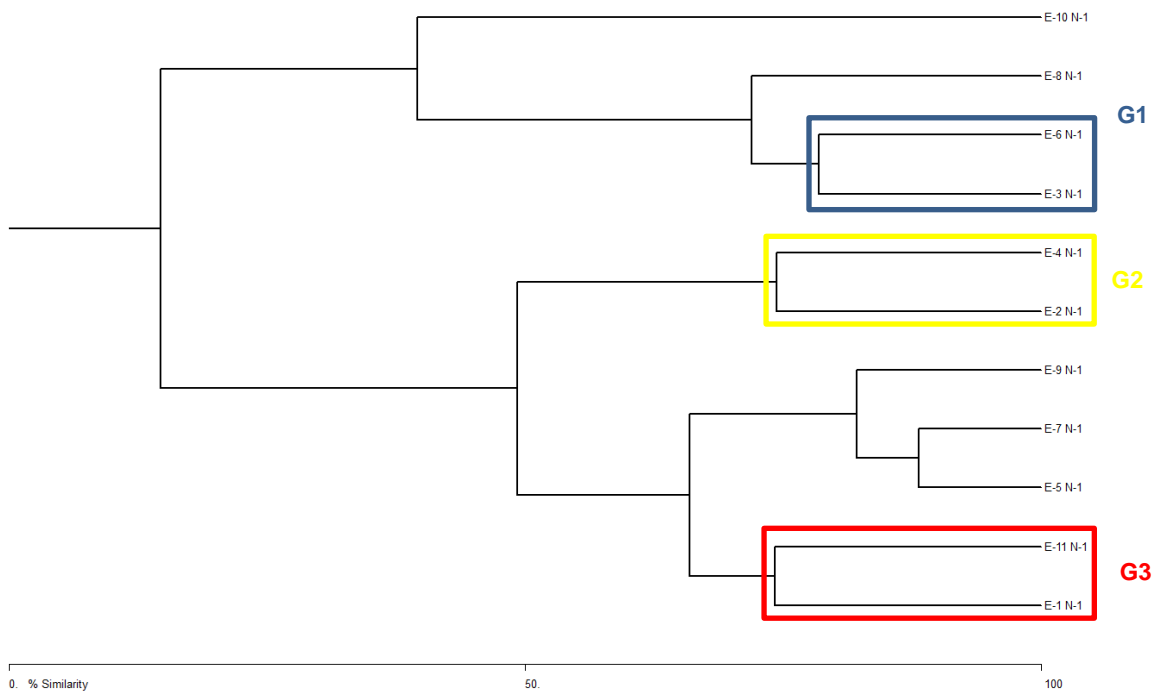
### Nivel 2 (1.1-3.0 cm)

La similitud para el segundo nivel se agrupó en G1, lo conformaron las estaciones que registraron valores de abundancia de grupos de organismos similares, estaciones 11, 7 y 5 del Abanico del Mississippi, su similitud fue de entre 70-75%; G2, lo conformaron las estaciones con la mayor abundancia, estaciones 9, 8 y 4 también del Abanico del Mississippi, su similitud fue de 69% y G3, lo conformaron las estaciones que registraron valores de abundancia de grupos de organismos similares, estaciones 3 y 2 mezcla de las dos regiones, su similitud fue de 77% (Figura 30b).

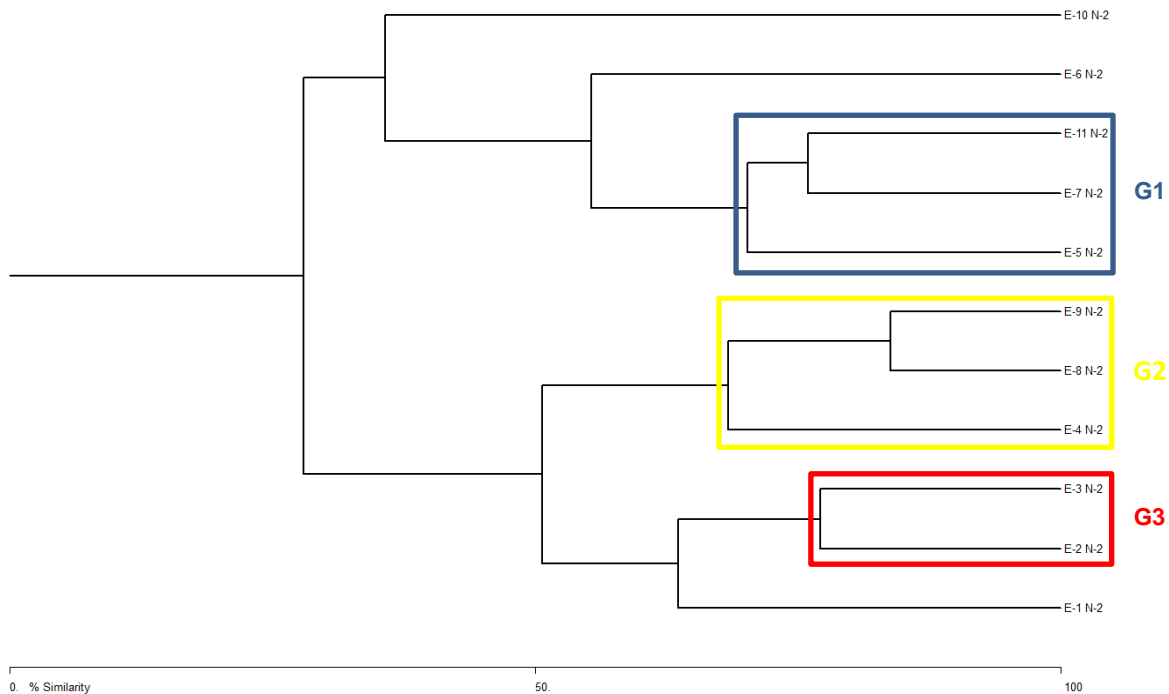
### Nivel 3 (3.1-5.0 cm)

La similitud para el tercer nivel se agrupó en G1 y G2, lo conformaron las estaciones que registraron valores de abundancia de grupos de organismos similares; estaciones 6, 2 y estaciones 9, 7, 8 y 1; una mezcla de las dos regiones, su similitud fue de 67 y 70% respectivamente (Figura 30c).

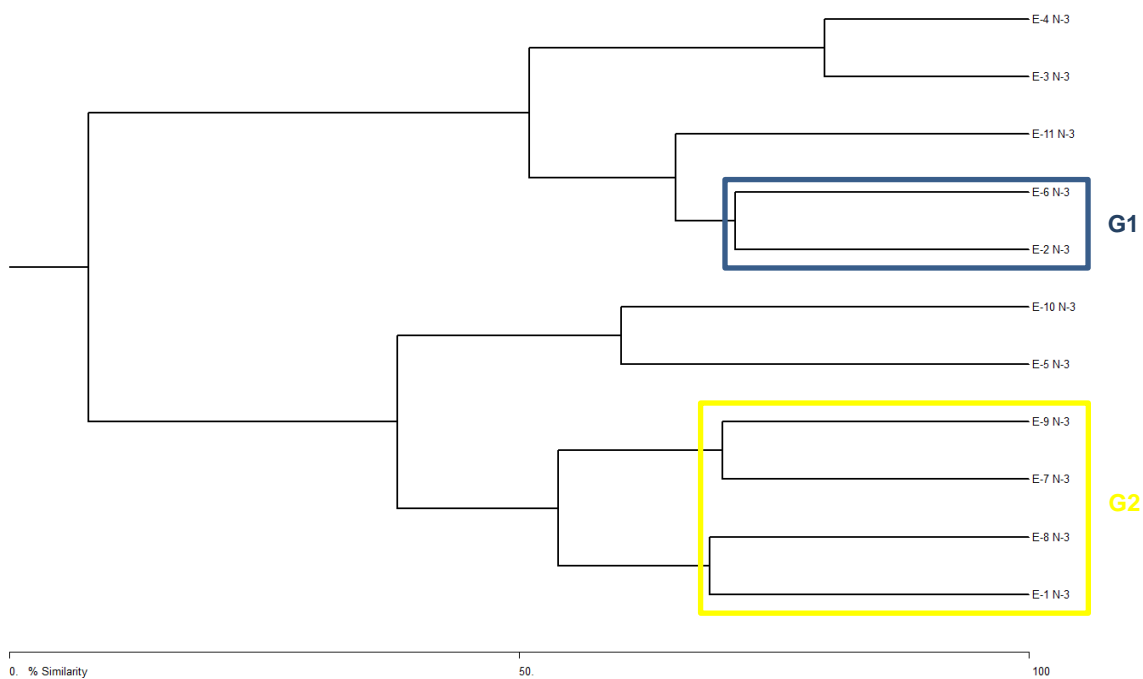
a)



b)



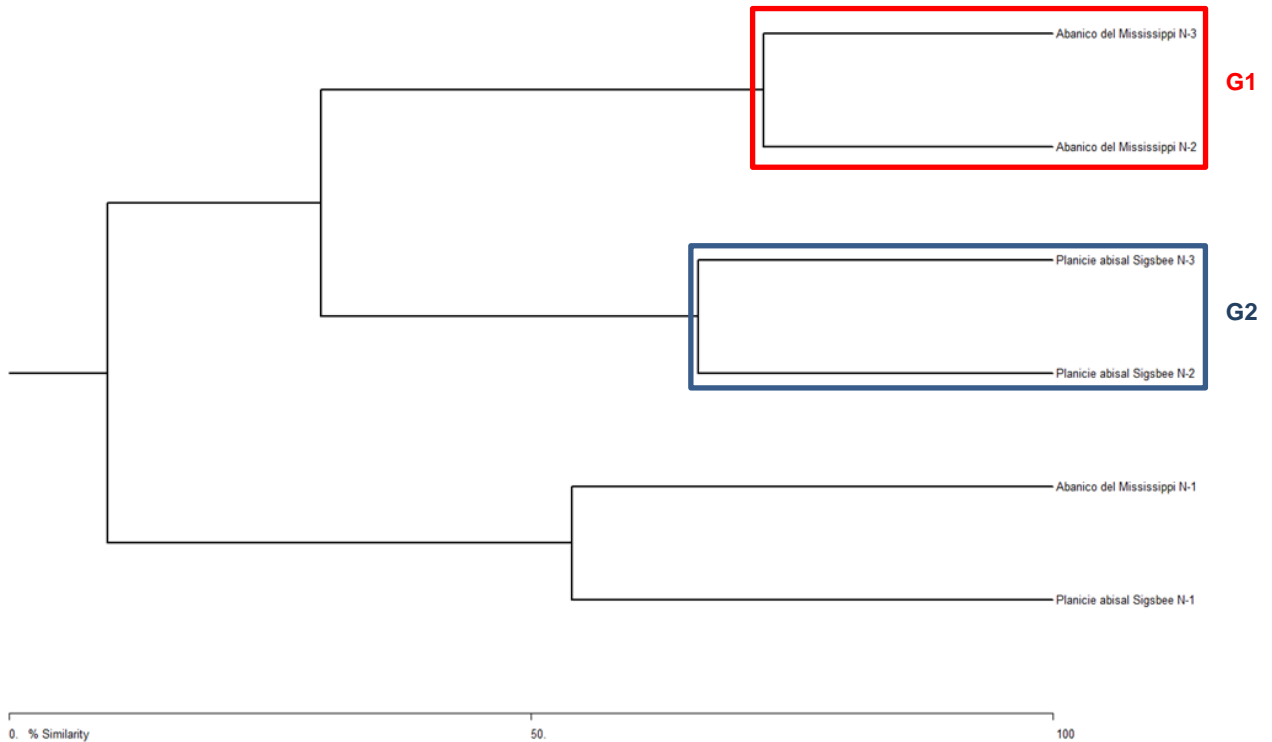
c)



**Figura 30.** Dendrogramas de similitud Bray-Curtis generados a partir de la abundancia de los grupos taxonómicos, en cada una de las estaciones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13; a) Nivel 1 (0-1.0 cm), b) Nivel 2 (1.1-3.0 cm), c) Nivel 3 (3.1-5.0 cm).



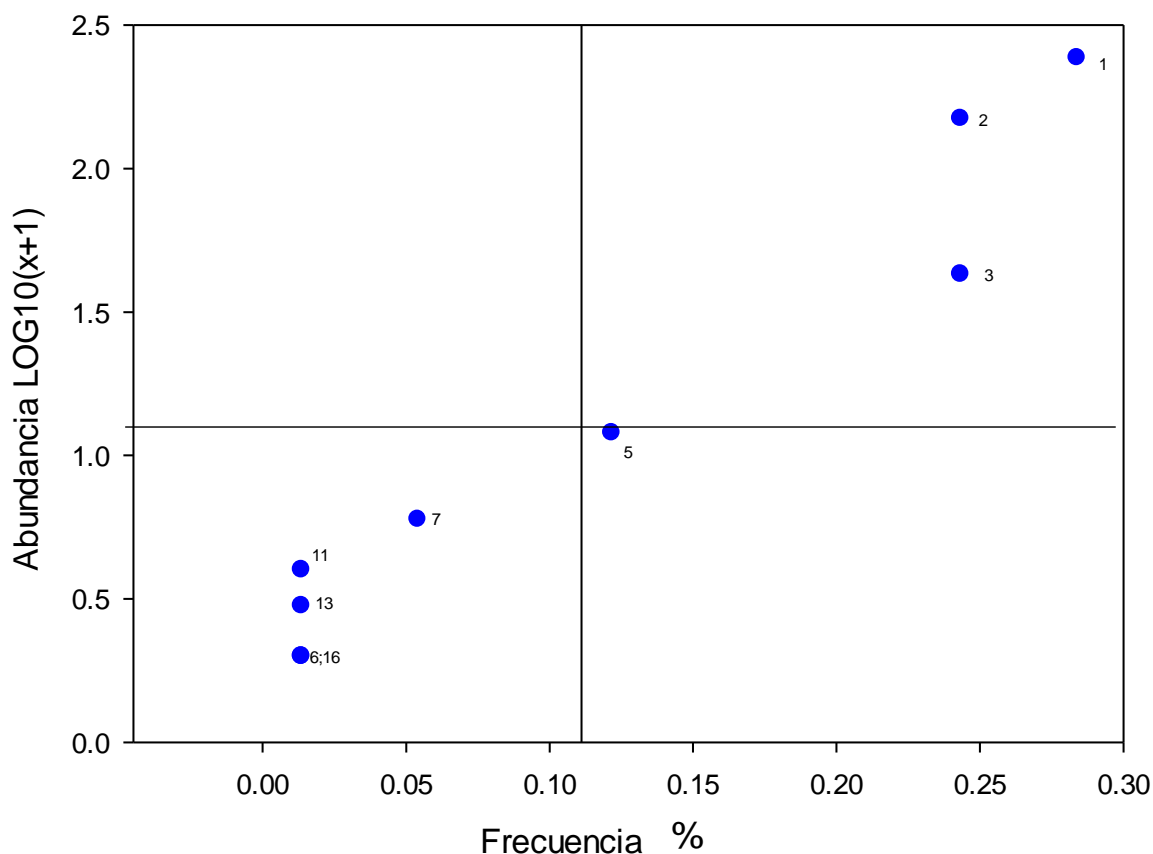
La similitud de la abundancia de los grupos taxonómicos en las regiones (1: planicie abisal Sigsbee y 2: Abanico del Mississippi) para los 3 niveles de muestreo, se agruparon en (Figura 31). El Grupo 1, conformado los niveles 2 (1.1-3.0 cm) y 3 (3.1-5.0 cm) de la región 2, su similitud fue de 73%, y Grupo 2, conformado por los niveles 2 (1.1-3.0 cm) y 3 (3.1-5.0 cm) de la región 1, su similitud fue de 65% (Anexo VI).



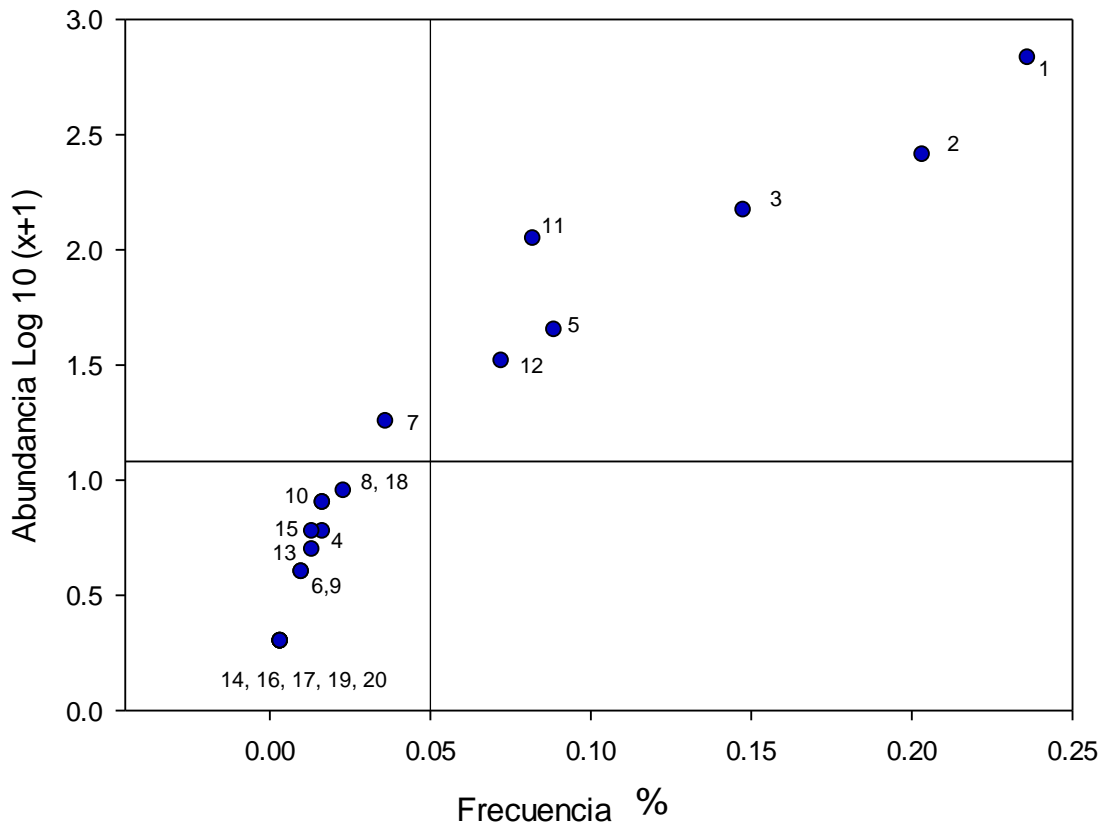
**Figura 31.** Dendrograma de similitud Bray-Curtis. G1 y G2 generados a partir de la abundancia de los grupos taxonómicos, para las 2 regiones de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

### 8.7. Frecuencia de ocurrencia

Los taxa dominantes para la región de la planicie abisal Sigsbee fueron los nemátodos, copépodos y poliquetos; como grupo constante la esponja y como grupos raros los bivalvos, foraminíferos, ácaros, cumáceos y anfípodos (Figura 32). Para la región del Abanico del Mississippi los grupos dominantes fueron los nemátodos, copépodos, poliquetos, foraminíferos, ostrácodos y oligoquetos; como ocasionales los bivalvos y como raros todos los demás (Figura 33).



**Figura 32.** Caracterización de los grupos taxonómicos por su frecuencia relativa y abundancia de la región perteneciente a la Planicie abisal Sigsbee. Los números representan a los taxa: Nemátodo=1, Copépodo=2, Poliqueto=3, Equiuro=4, Ostrácodo=5, Cumáceo=6, Bivalvo=7, Tanaidáceo=8, Esponja=9, Quinorrinco=10, Foraminífero=11, Oligoqueto=12, Ácaro=13, Briozoo=14, Isópodo=15, Anfípodo=16, Priapúlido=17, Sipuncúlido=18, Holoturoideo=19, Aplacóforo=20.



**Figura 33.** Caracterización de los grupos taxonómicos por su frecuencia relativa y abundancia de la región perteneciente al Abanico del Mississippi. Los números representan a los taxa: Nemátodo=1, Copépodo=2, Poliqueto=3, Equiuro=4, Ostrácodo=5, Cumáceo=6, Bivalvo=7, Tanaidáceo=8, Esponja=9, Quinorrinco=10, Foraminífero=11, Oligoqueto=12, Ácaro=13, Hidrozoo=14, Isópodo=15, Anfípodo=16, Priapúlido=17, Sipuncúlido=18, Holoturoideo=19, Aplacóforo=20.

## **9. DISCUSIÓN**

### **9.1. Descripción taxonómica**

En diversos estudios de la comunidad meióbentica de la región subtropical conformada por tres áreas: el Atlántico nororiental (Dinet y Vivier, 1977; Pfannkuche *et al.*, 1983), el Mar Mediterráneo (Vivier, 1978; Soetaert *et al.*, 1991) y el Golfo de México (Pequegnat *et al.*, 1990; Escobar-Briones *et al.*, 1997); casi el 80% de los metazoos son nemátodos, los copépodos harpacticoideos ocupan el segundo lugar en la clasificación de abundancia con aproximadamente el 12% de los individuos y los poliquetos, ostrácodos, quinorrincos y bivalvos el porcentaje restante (Soltwedel, 2000). Al hacer una comparación del número de phyla de la comunidad meióbentica del presente trabajo (12 phyla) y otros sitios profundos al norte del Golfo de México y talud continental (14 phyla, Escobar-Briones *et al.*, 2008; 17 phyla, Baguley *et al.*, 2006a) se puede decir que es consistente.

### **9.2. Riqueza específica**

Un análisis comparativo entre el presente estudio y otros estudios publicados para el mar profundo en la región del Golfo de México (sector suroeste, 14 taxa, Escobar-Briones *et al.*, 2008; sector norte, 8-26 taxa, Landers *et al.*, 2012; Montagna *et al.*, 2017), el Océano Atlántico y el sector norte del Golfo de México (13 taxa, Robinson *et al.*, 2004), el Océano Pacífico (oeste de la costa de California, 4 taxa, Rohal *et al.*, 2018) y finalmente en el Océano Antártico (zona de fractura Shackleton 18 taxa, Gutzmann *et al.*, 2004) muestran que la composición general y riqueza taxonómica es similar con un máximo de 20 taxa (nemátodos, copépodos, poliquetos, equiuros, ostrácodos, cumáceos, bivalvos, tanaidáceos, esponjas, quinorrincos, foraminíferos, oligoquetos, ácaros, hidrozooos, isópodos, anfípodos, priapúlidos, sipuncúlidos, holoturoideos y aplacóforos) siendo los nemátodos en la mayoría de los casos el taxón dominante (Tabla 22).

**Tabla 21.** Comparación de la riqueza taxonómica y densidad de meiofauna en diferentes regiones.

Región	Riqueza taxonómica	Densidad Individuos/10 cm <sup>2</sup>	Autor y año
<b>Golfo de México</b>			
Norte	43	70 782	Pequegnat <i>et al.</i> , 1990
Oeste y Sur	3	18822.26-1430.91	Escobar-Briones <i>et al.</i> , 1997
Suroeste	14	118.18-12.12	Escobar-Briones <i>et al.</i> , 2008
Norte	21	263 000	Baguley <i>et al.</i> , 2006a
Norte	8	12240-6 660	Landers <i>et al.</i> , 2012
Norte	26	27100-1728	Montagna <i>et al.</i> , 2017
<b>Océano Atlántico</b>			
Norte	13	0.5-266.4 cm <sup>3</sup>	Robinson <i>et al.</i> , 2004
<b>Océano Pacífico</b>			
Oeste	4	-----	Rohal <i>et al.</i> , 2018
<b>Océano Antártico</b>			
-----	18	27300-7500	Gutzmann <i>et al.</i> , 2004

### 9.3. Abundancia y densidad

De los grupos taxonómicos dominantes registrados en el presente estudio coinciden con los registrados para el mar profundo del Golfo de México y el resto de las regiones del mundo (Soltwedel, 2000). Giere (2009) menciona que el phylum dominante de la meiofauna es Nematoda y el orden dominante es Harpacticoida; lo que concuerda con lo obtenido en el presente estudio. Por otro lado la abundancia entre los niveles en éste estudio, presento diferencias significativas, encontrando que la abundancia disminuyo con la profundidad al interior del sedimento. Algunos estudios de distribución vertical de infauna en el mar profundo de diferentes regiones del mundo, reportan que la fauna tiende a concentrarse en el nivel superficial del sedimento, así como también a tener un patrón de distribución hacia los niveles más profundos del mismo Coull *et al.*, (1977); Dinet y Vivier (1977); Vivier (1978); Shirayama (1984); Baguley *et al.*, (2006a).

La densidad del meiobentos reconocida para las 11 estaciones del presente estudio tuvo un promedio de 1496.05 a 25.46 ind/m<sup>2</sup>. Mientras que para la región de la planicie abisal Sigsbee y del Abanico del Mississippi la densidad de ind/m<sup>2</sup>

fue de 172.5 a 23 y 103.88 a 16.55 respectivamente. La densidad reconocida fue significativamente diferente entre estaciones y niveles. Los valores más altos de densidad se presentaron en las estaciones 2, 4 y 11 del nivel 1 (0-1.0 cm), y los más bajos en las estaciones 5 y 10 del nivel 3 (3.1-5.0 cm). Pequegnat *et al.* (1990) y Landers *et al.* (2012) reportaron densidades promedio de 125 a 1141 y 66.6 a 122.4 ind/10cm<sup>2</sup> en la zona norte del Golfo de México respectivamente. Escobar-Briones *et al.* (1997) reportaron una densidad promedio en Golfo de México para la zona oeste de 18822.26 ind/10cm<sup>2</sup> y para la zona sur de 344707 ind/10cm<sup>2</sup>.

#### **9.4. Índices ecológicos**

Los estudios enfocados a meiobentos en mar profundo, identifican a los nemátodos, copépodos y poliquetos como la fauna que principalmente compone éstos ecosistemas, con una alta riqueza y una baja dominancia (Soltwedel, 2000). Los resultados obtenidos en el presente estudio presentaron valores superiores en diversidad ( $H' \log_2$ ), equidad ( $J$ ) y dominancia ( $D$ ) para las estaciones ubicadas en la región del Abanico del Mississippi. Hughes (1978), reporto que el nivel taxonómico de identificación puede influir en los valores del índice de diversidad de Shannon; y aunque los organismos identificados en el presente estudio fueron identificados al nivel taxonómico más bajo posible, esto pudo subestimar los resultados de los índices. Guerold (2000), mostró que el nivel taxonómico de identificación puede tener una gran influencia en la mayoría de los índices, lo que generalmente lleva a una subestimación. Sin embargo, menciona que no existen diferencias significativas entre los valores calculados a partir del nivel género y las determinaciones a nivel de familia. Por lo tanto, la falta de información a nivel de especie disminuye la sensibilidad y la capacidad de un estudio para detectar se se llegaron a presentar cambios (Krieger, 1984).

## 9.5. Parámetros ambientales

La composición taxonómica se encuentra relacionada con las características del sedimento, las que incluyen el tamaño de grano y la heterogeneidad, con una tendencia hacia el aumento de la abundancia en sedimentos dominados por el limo (Gerlach, 1977; Coull *et al.*, 1982; Netto *et al.*, 2005). En el presente estudio se encontró que existe una mayor heterogeneidad entre las proporciones de limos y arcillas, el sedimento perteneciente a la región de la planicie abisal Sigsbee el cual estuvo compuesto predominantemente de limos con un 57-62%; mientras que la presencia de las arenas presentó los porcentajes más altos en la región del Abanico del Mississippi con 0.29-1.5%, los cuales fueron comparables con lo que Baguley *et al.* (2006a) reportaron en la vertiente continental del norte y planicie abisal del Golfo de México, encontrando estaciones que presentaban pocas arenas y mayores concentraciones de limo y arcilla, siendo diferente para las estaciones cercanas al flujo del río Mississippi, ya que estas presentaron altas concentraciones de limo. Por otro lado Pequegnat *et al.* (1990) reportaron un mayor porcentaje de arena en la región oriental en comparación a la región occidental del Golfo de México y la región central presentó un mayor porcentaje de limo.

El porcentaje de carbono orgánico obtenido en este trabajo presentó un intervalo de 5.72 a 0.55%, mientras que para el nitrógeno el porcentaje fue de 1.85 a 0.08%, los cuales son comparables a los valores obtenidos por Escobar-Briones *et al.* (2008) para el suroeste del Golfo de México, que van de 0.90 a 1.09% para el carbono orgánico y de 0.08 a 0.14% para el nitrógeno; esto se puede atribuir a que el área de muestreo de ambos estudios se ubicó en la zona de la planicie abisal.

Se han proporcionado datos de meiofauna y de las concentraciones Chl *a*, a lo largo de los márgenes continentales y de todas las regiones climáticas del mundo (Pfannkuche *et al.*, 1983; Pfannkuche, 1985; Pfannkuche y Thiel, 1987; Soetaert *et al.*, 1991; Vanhove *et al.*, 1995) mismos que muestran una relación significativa entre las abundancias de meiofauna y los valores de Chl *a*. Las concentraciones

de Chl *a* del Mar Egeo y el Mar Jónico varían de 0.05 a 0.3 mg Chl *a*/m<sup>3</sup>, mientras que en las partes noroccidentales las concentraciones de Chl *a* del Mar Mediterráneo son generalmente más altas 2.5 mg Chl *a*/m<sup>3</sup>. Aunque hay muy pocos datos disponibles en el Golfo de México, principalmente hasta 500 m de profundidad (Crispi *et al.* 1998; Soltwedel, 2000). Escobar *et al.* (2008) reportaron concentraciones de 1.24 a 0.60 mg Chl *a*/cm<sup>-2</sup> para la zona de la planicie abisal y de 0.77 a 0.51 mg Chl *a*/cm<sup>-2</sup> para la plataforma continental. En el presente estudio la abundancia se puede atribuir a la concentración de Chl *a* de las estaciones 2 y 9 en todos sus niveles, teniendo concentraciones de 0.58 a 0.06 µg/cm<sup>3</sup> respectivamente. Considerando que Chl *a* tienen un tiempo de vida media corto; la concentración de Chl *a* puede mostrar un aporte reciente en altas concentraciones y aporte antiguo en bajas concentraciones (Duineveld *et al.*, 2000). Tomando esto en cuenta se podría explicar la diferencia en las demás estaciones, ya que en las estaciones con bajas concentraciones de Chl *a* en el sedimento y una alta abundancia/densidad, los organismos ya habrían consumido gran parte de la materia orgánica; por el contrario en los sitios con una baja abundancia/densidad y una alta concentración de Chl *a* en el sedimento se encontrarían en una fase inicial de respuesta de la materia orgánica (Cabrera-Peralta, 2019).

Si bien existe una relación estadística significativa entre la producción primaria y la existencia de comunidades meiobentónicas, existe una gran variación en los datos, lo que indica que su relación es compleja, esto probablemente sea resultado de la influencia de factores abióticos como la presión, la temperatura del agua, la concentración de oxígeno y el tipo de sedimento; y de procesos biológicos en la columna de agua como lo son la degradación de la materia orgánica en la red alimentaria pelágica e interacciones con otros grupos de fauna como la competencia y la depredación (Soltwedel, 2000).



## 10. CONCLUSIONES

La cercanía al Abanico del Mississippi no afecta la abundancia de la meiofauna, mostrando valores similares a los registrados en la Planicie Abisal Sigsbee, sin embargo si incide en su riqueza.

- La región del Abanico del Mississippi tuvo la mayor riqueza con 11 grupos taxonómicos, de los 20 grupos taxonómicos identificados en este estudio.
- La planicie abisal Sigsbee registró los valores de abundancia/densidad más elevados con 309 organismos de 1796 individuos registrados en este estudio, siendo los nemátodos el taxón más abundante, seguido por los copépodos harpacticoideos.
- Se identificaron 20 grupos taxonómicos (nemátodo, copépodo, poliqueto, equiuro, ostrácodo, cumáceo, bivalvo, tanaidáceo, esponja, quinorrinco, foraminífero, oligoqueto, ácaro, hidrozoo, ísopodo, anfípodo, priapúlido, sipuncúlido, holoturoideo y aplacóforo).
- Por los valores de abundancia las localidades se agruparon en aquellas del primer centímetro superficial de sedimento en un grupo y los niveles más profundos del sedimento en un segundo grupo.
- La concentración de Chl *a* en las estaciones 2 y 9, podría tener una relación con su abundancia.
- Los valores más elevados de diversidad ( $H' \log_2$ ), de dominancia ( $D$ ) y de equidad ( $J$ ) ocurrieron en la región del Abanico del Mississippi.
- El predominio de limos en el sedimento explicó el patrón de distribución de la meiofauna abisal encontrado.

## 11. LITERATURA CITADA

Con el formato: Deep-Sea Research

- Arar, E.J., Collins, G.B. 1997. *In vitro* determination of chlorophyll *a* and pheophytin *a* in marine and freshwater algae by fluorescence. Method 445.0. US Environmental Protection Agency. Cincinnati.
- Baguley, J.G., Montagna, P.A., Hyde, L.J., Kalke, R.D., Rowe, G.T., 2006a. Metazoan meiofauna abundance in relation to environmental variables in the Northern Gulf of Mexico deep sea. Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers 53, 1344-1362.
- Baguley, J.G., Montagna, P.A., Lee, W., Hyde, L.J., Rowe, G.T., 2006b. Spatial and bathymetric trends in Harpacticoida (Copepoda) community structure in the Northern Gulf of Mexico deep-sea. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 330, 327-341.
- Baguley, J.G., Montagna, P.A., Hyde, L.J., Rowe, G.T., 2008. Metazoan meiofauna biomass, grazing, and weight-dependent respiration in the Northern Gulf of Mexico deep sea. Deep-Sea Research II 55, 2607-2616.
- Ballard, R.D., Uchupi, E., 1970. Morphology and quaternary history of continental shelf of the Gulf Coast of the United States. Bulletin of Marine Science 20, 547-559.
- Boetius, A., Damm, E., 1998. Benthic oxygen uptake, hydrolytic potentials and microbial biomass at the Arctic continental slope. Deep-Sea Research I 45, 239-275.
- Bray, J.R., Curtis J.T., 1957. An ordination on the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monographs 27, 325-349.
- Brusca, R., Brusca, G., 2006. Invertebrados, segunda edición. Mc Graw Hill. México.
- Buffer, R.T., Schlager, W., Bowdler, J.L., Cotillion, P.H., Halley R.B., Kinoshita, H., Magoon III, L.B., McNulty, C.L., Patton, J.W., Pisciotto, K.A., Silva, I.P., Suarez, O.A., Testarmata, M.M., Watkins, D.A., 1984. Initial reports of the Deep Sea Drilling Project. DSDP Initial 7, 25-217.
- Buster, N.A., Homles, C.W., 2011. Gulf of Mexico: origin, waters and biota, Volume 3, en: Twichell, D.C. (Eds.), A review of recent depositional processes on the Mississippi Fan, Eastern Gulf of Mexico. Geology. College Station, TX: Texas A&M University Press, pp. 141-154.

- Cabrera-Peralta, S.D., 2019. Distribución vertical de la macrofauna en el sedimento superficial de cuatro localidades en el mar profundo del Golfo de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Carrasco, D.F., 2004. Organismos del bentos marino sublitoral: algunos aspectos sobre abundancia y distribución, en: Werlinger, C., Krisler, A.V., Romo, H. (Eds.), *Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos*, Volumen 1. Gobierno de Chile, Consejo Nacional del Libro y la Lectura. Chile, pp. 315-332.
- Cochrane, J.D., Kelly, F.J., 1986. Low frequency circulation on the Texas-Louisiana continental shelf. *Journal of Geophysical Research* 91, 10645-10659.
- Coull, B.C., Ellison, R.L., Fleeger, J.W., Higgins, R.P., Hope, W.D., Hummon, W.D., Rieger, R.M., Sterrer, W.E., Thiel, H., Tietjen, J.H., 1977. Quantitative estimates of meiofauna from the deep-sea off North Carolina, USA. *Marine Biology* 39, 233-240.
- Coull, B.C., Zo, Z., Tietjen, J.H., Williams, B.S., 1982. Meiofauna of the southeastern United States. *Continental Shelf Bulletin of Marine Science* 32, 139-150.
- Coull, B.C., Giere, O., 1988. The history of meiofaunal research, en: R.P. Higgins y H. Thiel (Eds.), *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, pp. 14-17.
- Crispi, G., Crise, A., Solidoro, C., 1998. Three-dimensional oligotrophic ecosystem models driven by physical forcing: the Mediterranean Sea case. *Environmental Modelling and Software* 13, 483-490.
- Danovaro, R., Tselepides, A., Otegui, A., Della-Croce, N., 2000. Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. *Progress in Oceanography* 46, 367-400.
- Danovaro, R., Bianchelli, S., Gambi, C., Mea, M., Zeppilli, D., 2009.  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ - and  $\epsilon$ - diversity of deep-sea nematodes in canyons and open slopes of Northeast Atlantic and Mediterranean margins. *Marine Ecology Progress Series* 396, 197-209.
- De la Lanza, E.G., 1991. *Oceanografía de los mares mexicanos*. AGT Editor, México.
- Díaz-Aguilar, C., 2001. Patrón de distribución de la riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la meiofauna en un gradiente batimétrico del sector occidental

del Golfo de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Díaz-Aguilar, C., 2003. Estructura comunitaria meiofaunal del mar profundo del Golfo de México: Variaciones atribuidas al método de separación de muestras. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Dinet, A., Vivier, M.H., 1977. Le meiobenthos abyssal du Golfe de Gascogne. *Cahiers de Biologie Marine* 18, 85-97.

Duineveld, G., Lavaleye, M., Berghuis, E., De Wilde, P., 2000. Activity and composition of the benthic fauna in the Whittard Canyon and the adjacent continental slope (NE Atlantic). *Oceanologica Acta* 24, 69-83.

Elliott, B.A., 1979. Anticyclonic rings and the energetics of the circulation of the Gulf of Mexico, Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station.

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

Escobar-Briones, E., López, M., Soto, L.A., Signoret, M., 1997. Density and biomass of the meiofauna of the upper continental slope in two regions of the Gulf of Mexico. *Ciencias Marinas* 23, 463-489.

Escobar-Briones, E., Signoret, M., Hernández, D., 1999. Variación de la densidad de la infauna macrobéntica en un gradiente batimétrico: Oeste del Golfo de México. *Ciencias marinas* 25, 193-212.

Escobar-Briones, E., 2000. La biodiversidad del mar profundo en México. *CONABIO. Biodiversitas* 29, 1-6.

Escobar-Briones, E., 2004. Estado del conocimiento de las comunidades bénticas en el Golfo de México, en: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (Eds.), *Diagnóstico ambiental del Golfo de México I*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 199-244.

Escobar-Briones, E., Díaz, C., Legendre, P., 2008. Meiofaunal community structure of the deep-sea Gulf of Mexico: variability due to the sorting methods. *Deep-Sea Research II* 55, 2627-2633.

Escobar-Briones, E., 2014. ¿Qué es el mar profundo?, en: Low, A.P., Peters, R.E.M. (Eds.), *La frontera final: El océano profundo*. SEMARNAT, México, pp.1-10.

Franco, L.J., 2011. *Ecología y conservación: laboratorio y campo*. Trillas. México.

- Folk, R.L., Ward, W., 1957. Brazos River bar a study on the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27, 3-26.
- Gage, J.D., Hughes, D.J., González Vecino, 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.
- Gerlach, D.A., 1977. Attraction to decaying organisms as a possible cause for patchy distribution of nematodes in a Bermuda beach. *Ophelia* 16, 151-165.
- Gheerardyn, H., Veit-Köhler, G., 2009. Diversity and large-scale biogeography of Paramesochridae (Copepoda, Harpacticoida) in South Atlantic abyssal Plains and the deep Southern Ocean. *Deep-Sea Research I* 56, 1804-1815.
- Giere, O., 2009. *Meiobenthology: the microscopic motile fauna of aquatic sediments*, segunda ed. Springer. Berlin.
- Gray, J.S., 1981. *The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities.* Cambridge studies in modern biology: 2. Cambridge University Press, Cambridge.
- Guerold, F., 2000. Influence of taxonomic determination level on several community indices. *Water Research* 34, 487-492.
- Gutzmann, E., Martínez-Arbizu, P., Rose, A., Veit-Köhler, G., 2004. Meiofauna communities along an abyssal depth gradient in the Drake Passage. *Deep-Sea Research II* 51, 1617-1628.
- Guzmán-Rodríguez, O. 2015. Estructura comunitaria del meiobentos abisal asociado al volcán de asfalto "Chapopote", ubicado al suroeste del Golfo de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Hughes, B.D., 1978. The influence of factors other than pollution on the value of Shannon's diversity index for benthic macro-invertebrates. *Water Research* 12, 359-364.
- Hughes, D.J., 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, 29-55.
- Kai, H.G., Veit-Köhler, G., Martínez A.P., Seifried, S., Rose, A., Willen, E., Bröhdick, K., Corgosinho, P.H., Drewes, J., Menzel, L., Moura, G., Schminke, H.K., 2014. Community structure and species diversity of Harpacticoida (Crustacea: Copepoda) at two sites in the deep sea of the Angola Basin (Southeast Atlantic). *Organisms, Diversity and Evolution* 14, 57-73.

- Krieger, K.A., 1984. Benthic macroinvertebrates as indicators of environmental degradation in the southern nearshore zone of the central basin of Lake Erie. *Journal Great Lakes Research* 10, 197-209.
- Lampadariou, N., Tselepides, A., 2006. Spatial variability of meiofaunal communities at areas of contrasting depth and productivity in the Aegean Sea (NE Mediterranean). *Progress in Oceanography* 69, 19-36.
- Landers, S.C., Romano III, F.A., Stewart, P.M., Ramroop, S., 2012. A multi-year survey of meiofaunal abundance from the northern Gulf of Mexico continental shelf and slope Gulf of Mexico. *Science* 30, 20-29.
- Lara-Lara, J.R., Fuentes, V.A., Guzmán, C.B., Castañeda, V.D. Escobar-Briones, E., Abad, Ma. de la Cruz G., Castro, G.G., Jarero, G.R., Ávalos, R.S., Soto-González, L.A., García, M.T., Valdez-Holguín, J. E., 2008. Los ecosistemas marinos, en: *Capital natural de México: Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad, México*, pp. 135-159.
- Levin, L.A., Ron, J.E., Rex, M.A., Gooday, A.J., Smith, C.R., Pineda, J., Stuart, C.T., Hesseler, R.R., Pawson, D., 2001. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Reviews in Ecology and Systematics* 32, 51-93.
- Mare, M.F., 1942. A study of marine benthic community with special reference to the micro-organisms. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 25, 517-554.
- Martinec, C.C., Miller, J.M., Barron, N.K., Tao, R., Yu, K., Stewart, P.M., Nichols, A.C., Steffy, D.A., Landers, S.C., 2014. Sediment chemistry and meiofauna from the northern Gulf of Mexico continental shelf. *International Journal Oceanography* 1-10.
- Martin, R.G, Bouma, A.H., 1979. Physiography of Gulf of Mexico. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 7, 3-19.
- Monreal-Gómez, M.A., Salas de León, D.A., 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México, en: Lavín-Peregrina, M.F. (Eds.), *Contribuciones a la Oceanografía Física en México, México*, pp. 183-199.
- Montagna, P.A., Baguley, J.G., Cooksey, C., Hyland, J.L., 2017. Persistent impacts to the deep soft-bottom benthos one year after the Deep-water Horizon event. *Integrated Environmental Assessment and Management* 2, 342-351.
- Mora, C., Tittensor, D.P., Myers, R.A., 2008. The completeness of taxonomic inventories for describing the global diversity and distribution of marine fishes. *Proceedings of the Royal Society. Series B. Biological Sciences* 275, 149-155.

- Morse, J.W., Beazley, M.J., 2008. Organic matter in deep-water sediments of the Northern Gulf of Mexico and its relationship to the distribution of benthic organisms. *Deep-Sea Research II* 55, 2563-2571.
- Murrell, M.C., Fleeger, J.W., 1989. Meiofauna abundance on the Gulf of Mexico continental shelf affected by hypoxia. *Continental Shelf Research* 9, 1049-1062.
- Neira, C., Sellanes, J., Levin, L.A., Arntz, W.E., 2001. Meiofaunal distributions on the Peru margin: relations hip to oxygen and organic matter availability. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 48, 2453-2472.
- Netto, S.A., Gallucci, F., Fonseca, G.F.C., 2005. Meiofauna communities of continental slope and deep-sea sites off SE Brazil. *Deep-Sea Research I* 52, 845-859.
- Nowlin, W.D., 1972. Winter circulation and property distributions, en: Capurro, L.R., Reis, J. (Eds.), *Contributions on the physical oceanography of the Gulf of Mexico*. Gulf Publishing Company, Houston, Texas, pp. 3-5.
- Nowlin, W.D., McLellan, H. J., 1967. A characterization of the Gulf of Mexico water in winter. *Journal of Marine Research* 25, 29-59.
- Paull, C.K., Heckler, B., Commeau, R., Freeman-Lynde, R.P., Neuman, C., Corso, W.P., Golubic, S., Hook, J.E., Sikes, E., Curray, J., 1984. Biological communities at the Florida Escarpment resemble hydrothermal vent taxa. *Science* 226, 965-967.
- Paull, C.K., Freeman-Lynde, R., Bralower, T.J., Gardemal, J.M., Neumann, A.C., D'argenio, B., Marsella, E., 1990. Geology of the strata exposed on the Florida Escarpment. *Marine Geology* 91, 177-194.
- Pech, P.D., Ardisson, H.P.L., 2010. Comunidades acuáticas: Diversidad en bentos marino-costero, en: Durán, G.R., Méndez-González, M. (Eds.), *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CONABIO, SEDUMA, México, pp.144-178.
- Pequegnat, W.E., Gallaway, F., Fonseca, G.F.C., 1990. Aspects of the ecology of the deep-water fauna of the Gulf of Mexico. *American Zoologist* 30, 45-64.
- Pfannkuche, O., Theeg, R., Thiel, H., 1983. Benthos activity, abundance and biomass under an area of low upwelling off Morocco. Northwest Africa. *Meteor Forschungsergebnisse. Reihe D. Biologie* 36, 85-96.
- Pfannkuche, O., 1985. The deep-sea meiofauna of the Porcupine Seabight and abyssal plain (NE Atlantic): population structure, distribution, standing stocks. *Oceanologica Acta* 8, 343-353.

- Pfannkuche, O., Thiel, H., 1987. Meiobenthic stocks and benthic activity on the NE-Svalbard Shelf and in the Nansen Basin. *Polar Biology* 7, 253-266.
- Pickard, G.L., 1979. *Descriptive Physical Oceanography: an introduction*, tercera ed. Pergamon Press, Oxford.
- Pielou, E.C., 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience. John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Poag, C.W., 1972. Shelf-edge submarine banks in the Gulf of Mexico: paleoecology and biostratigraphy. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies* 22, 267-287.
- Poag, C.W., 2015. *Benthic Foraminifera of the Gulf of Mexico: Distribution, Ecology, Paleocology* Corpus Christi, TX: Texas A&M University Press.
- Pyle, T.E., Antoine, J.W., Fahlquist, D.A., Bryant, W.R., 1969. Magnetic anomalies in Straits of Florida. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 53, 2501-2505.
- Raven, P.H., Johnson, G.B., Mason, K.A., Losos, J.B., Singer, S.R., 2014. "Dynamics of Ecosystems", en: *Biology*, décima ed. McGraw-Hill, New York, pp. 1224-1225.
- Rezak, R., Bright, T.J, McGrail, D.W., 1985. *Reefs and banks of the northwestern Gulf of Mexico*. John Wiley & Sons, New York.
- Robinson, C.A., Bernhard, J.M., Levin, L.A., Mendoza, G.F., Blanks, J.K., 2004. Surficial hydrocarbon seep infauna from the Blake Ridge (Atlantic Ocean, 2150 m) and the Gulf of Mexico (690-2240 m). *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica Di Napoli I* 25, 313-336.
- Rocha-Ramírez A., Chávez L.R., Ramírez R.A., Cházaro O.S., 2013. *Comunidades: Métodos de estudio*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rohal, M., Thistle, D., Easton, E.E., 2018. Extraction of metazoan meiofauna from muddy deep-sea samples: Operator and taxon effects on efficiency. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 502, 105-110.
- Rosli, N., Leduc, D., Rowden, A.A., Clark, M.R., Probert, P.K., Berkenbusch, K., Neira, C., 2016. Differences in meiofauna communities with sediment depth are greater than habitat effects on the New Zealand continental margin: implications for vulnerability to anthropogenic disturbance. *Peer-Reviewed & Open Access* 4, 2-39.



- Rosli, N., Leduc, D., Rowden, A.A., Probert, P.K., 2018. Review of recent trends in ecological studies of deep-sea meiofauna, with focus on patterns and processes at small to regional spatial scales. *Marine Biodiversity* 48, 13-34.
- Rowe, G.T., 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., Wei, C., Nunnally, C., Haedrich, R., Montagna, P., Baguley, J.G., Bernhard, J.M., Wicksten, M., Ammons, A., Escobar-Briones, E., Soliman, Y., Demingi, J.W. 2008. Comparative biomass structure and estimated carbon flow in food webs in the deep Gulf of Mexico. *Deep-Sea Research II* 55, 2699-2711.
- Roxburgh, S., 2001. "What Are Ecological Communities?" Ecological Systems Course.
- Schroeder, E., Stommel, H., Menzel, D., Sutcliffe, W., 1959. Climatic stability of eighteen degree water at Bermuda. *Journal of Geophysical Research* 77, 1032-1049.
- Sherpard, F.P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal Sediment Research* 3, 151-158.
- Shimanaga, M., Kitazato, H., Shirayama, Y., 2004. Temporal patterns in diversity and species composition of deep-sea benthic copepods in bathyal Sagami Bay, central Japan. *Marine Biology* 144, 1097-1110.
- Shirayama, Y., 1984. Vertical distribution of meiobenthos in the sediment profile in bathyal, abyssal and hadal deep-sea systems of the Western Pacific. *Oceanologica Acta* 7, 123-129.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 168, 688.
- Soetaert, K., Heip, C., Vincx, M., 1991. The meiobenthos along a Mediterranean deep-sea transect off Calvi (Corsica) and in an adjacent canyon. *Marine Ecology* 12, 227-242.
- Solís, V., Hernández, P.A., Solís, F.A.M., 2000. Muestreo del Bentos, en: Granados Barba, A., Solís Weiss, V., Bernal Ramírez, R.G. (Eds.), *Métodos de Muestreo en la Investigación Oceanográfica*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, pp. 448.
- Soltwedel, T., 2000. Metazoan meiobenthos along continental margins: a review. *Progress in Oceanography* 46, 59-84.

- Spalding, M.F., Fox, H.E., Allen, G.R. Davidson, N., Ferdaña, Z.A., Finlayson, M., Halpern, B.S., Jorge, M.A., Lombana, A.K., Lourie, S.A., Martin, K.D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C.A., Robertson, J., 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *Bioscience* 7, 573-583.
- Starr, C., Taggart, R., 2006. Biology: The Unity and Diversity of Life, *en*: "Which factors shape community structure?" décima primera ed. (Belmont: Thomson/Brooks-Cole), pp. 822.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos, segunda ed. McGraw Hill, Colombia.
- Tunnell, J. W. Jr., Chávez. E.A., Withers, K., 2007. Coral reefs of the southern Gulf of Mexico. Texas A&M University Press, College Station.
- Vanhove, S., Wittoeck, J., Desmet, G., Van den Berghe, B., Herman, R.L., Bak, R.P.M., Niewland, G., Vosjan, J.H., Boldrin, A., Boldrin, S., Vincx, M., 1995. Deep-sea meiofauna communities in Antarctica: structural analysis and relation with the environment. *Marine Ecology Progress Series* 127, 65-76.
- Vidal, V.M.V., Vidal, F.V., Morales, R., Pérez-Molero, J.M., Zambrano, L., 1986a. Análisis de la campaña oceanográfica Argos 84-1. Informe IIE/13/1926/I 02/P. Instituto de Investigaciones Eléctricas, México, pp. 136.
- Vidal, V.M.V., Vidal, F.V., Morales, R., Pérez-Molero. J.M., 1986b. Hydrographic evidence for the collision of a Loop Current Ring in the western Gulf of México (Resumen). *Eos Trans. American Geophysical Union* 44, 1049.
- Vidal, V.M.V., Vidal, F.V., Hernández, O.A.F., 1990. Atlas Oceanográfico del Golfo de México, Volumen III; Instituto de Investigaciones Eléctricas. Grupo de Estudios Oceanográficos, México.
- Vidal, V.M.V., Vidal, F.V., Hernández, A.F., Meza, E., Zambrano, L., 1994. Winter water mass distributions in the western Gulf of Mexico affected by a colliding anticyclonic ring. *Journal of Oceanography* 50, 55.
- Vivier, M.H., 1978. Conséquences d'un déversement de boue rouge d'alumine sur le méiobenthos profond (Canyon de Cassidaigne, Méditerranée). *Tethys* 8, 249-262.
- Vukovich, F.M., Crissman, B.W., 1986. Aspects of warm rings in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 91, 2645-2660.

- Wigley, R.L., McIntyre, A.D., 1964. Some quantitative comparisons of offshore meiobenthos and macrobenthos south of Martha's Vineyard. *Limnology and Oceanography* 9, 485-493.
- Wilkinson, T., Wiken, E., Bezaury Creel, J., Hourigan, T., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan, L., Padilla, M., 2009. Ecorregiones marinas de América Del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal.
- Worthington, L.V., 1959. The 18°C water in the Sargasso Sea. *Deep Sea Research* 5, 297-305.
- Wüst, G., 1963. On the stratification and the circulation in the cold water sphere of the Antillean-Caribbean basins. *Deep Sea Research* 10, 165-187.
- Wüst, G., 1964. Stratification and the Circulation in the Antillean-Caribbean Basins. Part 1. Columbia University Press. New York.
- Yáñez-Arancibia, A., Day, J.W., 2004. Environmental sub-regions in the Gulf of Mexico coastal zone: the ecosystem approach as an integrated management tool. *Ocean and Coastal Management* 47, 727-757.
- Yáñez-Arancibia, A., Ramírez-Gordillo, J.J., Day, J.W., Yoskowitz, D., 2009. Environmental sustainability of economic trends in the Gulf of Mexico: What is the limit for Mexican coastal development? en: Cato, J. (Eds.), *Ocean and Coastal Economy of the Gulf of Mexico*. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies Series, Texas A&M University Press, College Station, pp. 82-104.

## ANEXOS

**Anexo I.** Abundancia total (individuos/0.007 m<sup>2</sup>), de cada grupo taxonómica identificado en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

TAXA	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11
Foraminífero	0	3	0	3	12	10	18	2	17	3	46
Esponja	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Briozoo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quinorrinco	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1
Priapulido	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Aplacóforo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bivalvo	2	3	1	1	1	0	0	8	3	1	2
Poliqueto	16	26	22	34	14	7	17	13	23	3	15
Oligoqueto	0	0	0	2	6	4	7	2	2	1	8
Sipunculido	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5
Equiuro	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0
Nemátodo	95	148	65	181	56	52	62	68	74	12	112
Cumáceo	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
Tanaidáceo	0	0	2	0	0	1	0	0	4	0	0
Isópodo	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1
Anfípodo	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Copépodo	31	118	16	37	35	15	32	34	42	13	34
Ostrácodo	4	7	4	8	4	2	1	5	8	3	9
Ácaro	0	2	0	2	0	0	2	1	1	1	1
Holoturoideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	148	309	114	273	133	94	140	133	177	39	236

Abundancia total (ind/0.007 m<sup>2</sup>) de cada grupo taxonómico identificado en cada nivel del sedimento y por cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

Nivel 1	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11
Foraminífero	0	0	0	0	7	1	16	0	17	3	42
Esponja	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Briozoo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quinorrinco	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Priapúlido	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Aplacóforo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bivalvo	0	2	1	1	1	0	0	7	3	0	2
Poliqueto	9	11	12	30	12	5	14	5	16	1	8
Oligoqueto	0	0	0	0	4	2	5	0	0	1	5
Sipúnculido	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Equiuro	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0
Nemátodo	73	117	29	142	48	28	49	36	46	7	91
Cumáceo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tanaidáceo	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0
Isópodo	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
Anfípodo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Copépodo	25	99	8	36	21	10	23	15	29	6	24
Ostrácodo	3	3	2	7	4	1	1	4	8	3	6
Ácaro	0	2	0	2	0	0	1	1	1	1	1
Holoturoideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel 2	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11
Foraminífero	0	0	0	3	5	2	2	1	0	0	4
Esponja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Briozoo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinorrinco	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Priapúlido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aplacóforo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvo	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Poliqueto	6	12	9	4	0	1	3	3	7	2	2	3
Oligoqueto	0	0	0	2	2	2	1	2	2	0	0	1
Sipúnculido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Equiuro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemátodo	13	19	12	20	7	10	7	27	23	3	3	8
Cumáceo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanaidáceo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Isópodo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Anfípodo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Copépodo	1	9	6	1	11	1	6	14	11	5	5	7
Ostrácodo	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
Ácaro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holoturoideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Nivel 3</b>	<b>E-1</b>	<b>E-2</b>	<b>E-3</b>	<b>E-4</b>	<b>E-5</b>	<b>E-6</b>	<b>E-7</b>	<b>E-8</b>	<b>E-9</b>	<b>E-10</b>	<b>E-11</b>	
Foraminífero	0	3	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0
Esponja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Briozoo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinorrinco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Priapúlido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aplacóforo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvo	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Poliqueto	1	3	1	0	2	1	0	5	0	0	0	4
Oligoqueto	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Sipúnculido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Equiuro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemátodo	24	12	24	19	1	14	6	5	5	2	2	13
Cumáceo	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

---

Tanaidáceo	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
Isópodo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anfípodo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Copépodo	2	10	2	0	3	4	3	5	2	2	3
Ostrácodo	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0
Ácaro	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Holoturoideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

---

**Anexo II.** Riqueza específica de cada grupo taxonómico identificado en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

Taxa	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11
Foraminífero	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Esponja	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Briozoo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quinorrinco	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1
Priápúlido	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Aplacóforo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bivalvo	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Poliqueto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oligoqueto	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Sipúnculido	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Equiuro	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Nemátodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cumáceo	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
Tanaidáceo	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Isópodo	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Anfípodo	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Copépodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ostrácodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ácaro	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
Holoturoideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	5	9	10	11	10	10	8	8	12	10	13



Riqueza específica total de cada grupo taxonómico identificado en cada nivel del sedimento y por cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

<b>Nivel 1</b>	<b>E-1</b>	<b>E-2</b>	<b>E-3</b>	<b>E-4</b>	<b>E-5</b>	<b>E-6</b>	<b>E-7</b>	<b>E-8</b>	<b>E-9</b>	<b>E-10</b>	<b>E-11</b>
Foraminífero	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
Esponja	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Briozoo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quinorrinco	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Priapúlido	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Aplacóforo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bivalvo	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Poliqueto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oligoqueto	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
Sipúnculido	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Equiuro	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Nemátodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cumáceo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tanaidáceo	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Isópodo	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Anfípodo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Copépodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ostrácodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ácaro	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
Holoturoideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Nivel 2</b>	<b>E-1</b>	<b>E-2</b>	<b>E-3</b>	<b>E-4</b>	<b>E-5</b>	<b>E-6</b>	<b>E-7</b>	<b>E-8</b>	<b>E-9</b>	<b>E-10</b>	<b>E-11</b>
Foraminífero	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
Esponja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Briozoo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinorrinco	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Priapúlido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aplacóforo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Poliqueto	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Oligoqueto	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Sipúnculido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Equiuro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemátodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cumáceo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanaidáceo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Isópodo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Anfípodo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Copépodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ostrácodo	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Ácaro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holoturoideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Nivel 3</b>	<b>E-1</b>	<b>E-2</b>	<b>E-3</b>	<b>E-4</b>	<b>E-5</b>	<b>E-6</b>	<b>E-7</b>	<b>E-8</b>	<b>E-9</b>	<b>E-10</b>	<b>E-11</b>	
Foraminífero	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Esponja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Briozoo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quinorrinco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Priapúlido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aplacóforo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvo	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Poliqueto	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
Oligoqueto	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Sipúnculido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Equiuro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemátodo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cumáceo	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

---

Tanaidáceo	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Isópodo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anfípodo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Copépodo	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Ostrácodo	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Ácaro	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Holoturoideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

---

**Anexo III.** Parámetros ambientales del área de muestreo. Abreviaturas: N%: Nitrógeno orgánico en el sedimento y C<sub>org</sub> %: Carbono orgánico en el sedimento.

<b>Muestra</b>	<b>N %</b>	<b>C<sub>org</sub> %</b>	<b>Muestra</b>	<b>N %</b>	<b>C<sub>org</sub> %</b>
<b>E1R1N1</b>	0.171	3.605	<b>E7R1N1</b>	0.118	4.273
<b>E1R1N2</b>	0.17	4.169	<b>E7R1N2</b>	0.101	4.153
<b>E1R1N3</b>	0.16	3.64	<b>E7R1N3</b>	0.048	3.959
<b>E1R2N1</b>	0.179	3.415	<b>E7R2N1</b>	0.147	4.157
<b>E1R2N2</b>	0.173	2.893	<b>E7R2N2</b>	0.17	3.947
<b>E1R2N3</b>	0.186	2.266	<b>E7R2N3</b>	0.12	4.201
<b>E2R1N1</b>	0.224	4.97	<b>E8R1N1</b>	0.126	1.76
<b>E2R1N2</b>	0.21	4.419	<b>E8R1N2</b>	0.157	0.971
<b>E2R1N3</b>	0.203	5.723	<b>E8R1N3</b>	0.147	0.724
<b>E3R1N1</b>	0.164	2.072	<b>E8R2N1</b>	0.146	1.81
<b>E3R1N2</b>	0.16	0.6	<b>E8R2N2</b>	0.148	0.766
<b>E3R1N3</b>	0.161	0.558	<b>E8R2N3</b>	0.162	0.849
<b>E4R1N1</b>	0.206	3.115	<b>E9R1N1</b>	0.154	1.704
<b>E4R1N2</b>	0.197	2.507	<b>E9R1N2</b>	0.156	1.688
<b>E4R1N3</b>	0.185	3.089	<b>E9R1N3</b>	0.16	0.719
<b>E5R1N1</b>	0.213	2.246	<b>E9R2N1</b>	0.163	3.532
<b>E5R1N2</b>	0.185	2.21	<b>E9R2N2</b>	0.142	1.912
<b>E5R1N3</b>	0.176	2.776	<b>E9R2N3</b>	0.15	0.717
<b>E6R1N1</b>	0.235	1.276	<b>E10R1N1</b>	0.168	1.237
<b>E6R1N2</b>	0.183	3.767	<b>E10R1N2</b>	0.172	1.214
<b>E6R1N3</b>	0.151	3.13	<b>E10R1N3</b>	0.165	1.2
<b>E6R2N1</b>	0.176	3.699	<b>E11R1N1</b>	0.159	3.802
<b>E6R2N2</b>	0.116	1.379	<b>E11R1N2</b>	0.168	4.527
<b>E6R2N3</b>	0.075	1.084	<b>E11R1N3</b>	0.12	4.838

**Anexo IV.** Valores de tamaño de grano encontrados en cada estación de muestreo de la campaña SIGSBEE 13.

<b>Muestra</b>	<b>Arenas</b>	<b>Limos</b>	<b>Arcillas</b>	<b>Muestra</b>	<b>Arenas</b>	<b>Limos</b>	<b>Arcillas</b>
<b>E1R1N1</b>	0.498	65.503	33.999	<b>E7R1N1</b>	0.001	53.853	46.146
<b>E1R1N2</b>	0.001	52.817	47.182	<b>E7R1N2</b>	0.03	57.16	42.81
<b>E1R1N3</b>	0.001	58.94	41.058	<b>E7R1N3</b>	0	49.642	50.358
<b>E1R2N1</b>	0.001	52.917	47.082	<b>E7R2N1</b>	0.253	62.236	37.51
<b>E1R2N2</b>	0.303	61.251	38.446	<b>E7R2N2</b>	0	51.441	48.558
<b>E1R2N3</b>	0.001	54.017	45.982	<b>E7R2N3</b>	0	57.701	42.299
<b>E2R1N1</b>	0.391	67.399	32.21	<b>E8R1N1</b>	0.001	56.541	43.458
<b>E2R1N2</b>	0.281	68.021	31.699	<b>E8R1N2</b>	0	54.73	45.27
<b>E2R1N3</b>	0.213	62.253	37.534	<b>E8R1N3</b>	0	55.242	44.758
<b>E3R1N1</b>	1.865	67.772	30.363	<b>E8R2N1</b>	0	56.341	43.658
<b>E3R1N2</b>	1.028	62.774	36.199	<b>E8R2N2</b>	0.017	56.213	43.77
<b>E3R1N3</b>	0.323	59.855	39.822	<b>E8R2N3</b>	0	52.63	47.37
<b>E4R1N1</b>	7.724	67.337	24.939	<b>E9R1N1</b>	1.102	62.912	35.987
<b>E4R1N2</b>	0.399	64.29	35.31	<b>E9R1N2</b>	0.149	57.728	42.122
<b>E4R1N3</b>	1.106	62.684	36.21	<b>E9R1N3</b>	0.023	53.642	46.334
<b>E5R1N1</b>	3.555	64.77	31.675	<b>E9R2N1</b>	7.496	64.765	27.739
<b>E5R1N2</b>	3.976	60.225	35.799	<b>E9R2N2</b>	0.001	55.776	44.222
<b>E5R1N3</b>	1.134	63.568	35.299	<b>E9R2N3</b>	0	50.054	49.946
<b>E6R1N1</b>	4.8	66.537	28.663	<b>E10R1N1</b>	12.267	63.518	24.215
<b>E6R1N2</b>	3.154	67.871	28.975	<b>E10R1N2</b>	0.022	57.832	42.146
<b>E6R1N3</b>	0.273	62.705	37.022	<b>E10R1N3</b>	0.007	54.623	45.37
<b>E6R2N1</b>	16.791	64.842	18.367	<b>E11R1N1</b>	0.014	56.74	43.246
<b>E6R2N2</b>	1.309	65.993	32.699	<b>E11R1N2</b>	3.543	64.27	32.187
<b>E6R2N3</b>	0.991	61.386	37.622	<b>E11R1N3</b>	5.829	63.408	30.763

**Anexo V.** Valores de parámetros estadísticos granulométricos por nivel y estación en la campaña Sigsbee 13. Abreviaturas: promedio gráfico (Mz), desviación estándar grafica inclusiva ( $\sigma_i$ ), grado de asimetría gráfica (Sk<sub>i</sub>) y curtosis gráfica (K<sub>G</sub>).

Muestra	Mz	$\sigma_i$	Sk <sub>i</sub>	K <sub>G</sub>	Muestra	Mz	$\sigma_i$	Sk <sub>i</sub>	K <sub>G</sub>
E1R1N1	7.405	1.731	0.133	0.974	E7R1N1	7.886	1.708	0.034	0.902
E1R1N2	7.929	1.67	0.015	0.957	E7R1N2	7.722	1.762	0.077	0.822
E1R1N3	7.715	1.662	0.084	0.942	E7R1N3	8.049	1.695	0.006	0.881
E1R2N1	7.945	1.644	0.036	0.943	E7R2N1	7.459	1.858	0.049	0.928
E1R2N2	7.606	1.712	0.086	0.974	E7R2N2	7.983	1.67	0.026	0.882
E1R2N3	7.894	1.667	0.031	0.948	E7R2N3	7.681	1.794	0.078	0.8
E2R1N1	7.327	1.715	0.134	0.991	E8R1N1	7.835	1.641	0.099	0.906
E2R1N2	7.309	1.687	0.152	0.978	E8R1N2	7.896	1.64	0.075	0.907
E2R1N3	7.551	1.718	0.089	0.961	E8R1N3	7.867	1.664	0.068	0.91
E3R1N1	7.075	1.907	0.109	0.939	E8R2N1	7.844	1.635	0.098	0.907
E3R1N2	7.362	1.918	0.039	0.928	E8R2N2	7.856	1.656	0.098	0.9
E3R1N3	7.606	1.789	0.065	0.914	E8R2N3	7.994	1.621	0.081	0.883
E4R1N1	6.615	2.026	0.055	0.911	E9R1N1	7.339	1.94	0.053	0.909
E4R1N2	7.278	1.909	0.008	0.929	E9R1N2	7.709	1.804	0.052	0.899
E4R1N3	7.27	1.982	0.006	0.895	E9R1N3	7.881	1.715	0.039	0.857
E5R1N1	6.959	2.061	0.01	0.868	E9R2N1	6.742	2.094	0.055	0.884
E5R1N2	7.162	2.083	0.032	0.881	E9R2N2	7.811	1.74	0.055	0.879
E5R1N3	7.225	1.979	0.001	0.899	E9R2N3	8.042	1.673	0.026	0.847
E6R1N1	6.908	1.977	0.037	0.961	E10R1N1	6.446	2.115	0.078	0.839
E6R1N2	6.915	1.978	0.046	0.932	E10R1N2	7.753	1.684	0.092	0.885
E6R1N3	7.4	1.872	0.029	0.921	E10R1N3	7.908	1.62	0.088	0.893
E6R2N1	6.057	2.018	0.162	0.829	E11R1N1	7.806	1.669	0.097	0.873
E6R2N2	7.195	1.901	0.046	0.957	E11R1N2	7.056	2.017	0.024	0.905
E6R2N3	7.413	1.907	0.004	0.946	E11R1N3	6.872	2.104	0.033	0.85

**Anexo VI. Matriz de similitud por estación, Índice de similitud Bray-Curtis.**

	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11
E-1	*	64.770 2	77.862 6	69.833 7	75.444 8	62.809 9	76.388 9	83.985 8	78.153 8	34.224 6	76.562 5
E-2	*	*	51.536 6	77.319 6	51.131 2	39.702 2	52.115 8	57.013 6	62.963	21.264 4	63.853 2
E-3	*	*	*	57.364 3	74.493 9	74.038 5	76.378	80.161 9	76.975 9	43.137 3	58.285 7
E-4	*	*	*	*	56.650 2	44.141 7	58.111 4	62.069	66.666 7	24.359	69.548 1
E-5	*	*	*	*	*	80.176 2	88.644 7	84.210 5	80.645 2	41.860 5	69.376 7
E-6	*	*	*	*	*	*	76.068 4	70.484 6	65.682 7	51.127 8	55.151 5
E-7	*	*	*	*	*	*	*	82.783 9	83.280 8	37.988 8	72.340 4
E-8	*	*	*	*	*	*	*	*	82.580 6	41.860 5	68.834 7
E-9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	35.185 2	75.060 5
E-10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	27.636 4
E-11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

**Matriz de similitud por niveles, Índice de similitud Bray-Curtis.**

**Nivel 1**

	E-1 N-1	E-2 N-1	E-3 N-1	E-4 N-1	E-5 N-1	E-6 N-1	E-7 N-1	E-8 N-1	E-9 N-1	E-10 N-1	E-11 N-1
E-1 N-1	*	63.7681	57.485	66.2651	76.7773	55	74.5455	66.2921	71.2446	25.5639	74.2268
E-2 N-1	*	*	34.9315	74.3982	50	30.8772	49.2754	40.9241	51.3966	14.7287	62.0192
E-3 N-1	*	*	*	38.7097	67.0886	78.5047	61.0778	72	60	40	40.3361
E-4 N-1	*	*	*	*	53.2508	32.3529	53.6145	42.7586	57.971	14.6939	65.0124
E-5 N-1	*	*	*	*	*	63.5762	88.1517	72.1893	82.1429	33.871	65.9574
E-6 N-1	*	*	*	*	*	*	58.75	74.5763	52.0231	46.5753	40.6926
E-7 N-1	*	*	*	*	*	*	*	65.1685	86.6953	30.0752	70.7904
E-8 N-1	*	*	*	*	*	*	*	*	67.0157	39.5604	50.6024
E-9 N-1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	28.7671	69.0789
E-10 N-1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	21.5686
E-11 N-1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

## Nivel 2

	E-1 N-2	E-2 N-2	E-3 N-2	E-4 N-2	E-5 N-2	E-6 N-2	E-7 N-2	E-8 N-2	E-9 N-2	E-10 N-2	E-11 N-2
E-1 N-2	*	63.6364	76	66.6667	32.6531	61.5385	52.381	50.7042	58.8235	40	48.1481
E-2 N-2	*	*	77.1429	64.8649	46.3768	40.678	51.6129	70.3297	79.5455	36.3636	56.7568
E-3 N-2	*	*	*	58.6207	49.0566	55.814	69.5652	56	69.4444	51.2821	58.6207
E-4 N-2	*	*	*	*	45.614	68.0851	56	68.3544	71.0526	27.907	51.6129
E-5 N-2	*	*	*	*	*	57.1429	71.1111	56.7568	56.338	42.1053	70.1754
E-6 N-2	*	*	*	*	*	*	68.5714	46.875	45.9016	35.7143	55.3191
E-7 N-2	*	*	*	*	*	*	*	53.7313	53.125	64.5161	76
E-8 N-2	*	*	*	*	*	*	*	*	83.871	33.3333	53.1646
E-9 N-2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	35.0877	50
E-10 N-2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	51.1628
E-11 N-2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

## Nivel 3

	E-1 N-3	E-2 N-3	E-3 N-3	E-4 N-3	E-5 N-3	E-6 N-3	E-7 N-3	E-8 N-3	E-9 N-3	E-10 N-3	E-11 N-3
E-1 N-3	*	65.2174	53.3333	51.4286	47.619	65.1163	69.2308	68.75	58.3333	42.1053	66.6667
E-2 N-3	*	*	52.459	50.9804	32.4324	71.1864	42.8571	62.5	35	22.8571	65.4545
E-3 N-3	*	*	*	80	22.2222	62.069	39.0244	34.0426	35.8974	23.5294	59.2593
E-4 N-3	*	*	*	*	7.6923	62.5	38.7097	27.027	34.4828	16.6667	59.0909
E-5 N-3	*	*	*	*	*	29.4118	47.0588	52.1739	40	60	40
E-6 N-3	*	*	*	*	*	*	46.1538	48.8889	43.2432	25	65.3846
E-7 N-3	*	*	*	*	*	*	*	57.1429	70	53.3333	57.1429
E-8 N-3	*	*	*	*	*	*	*	*	53.8462	38.0952	58.5366
E-9 N-3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	61.5385	42.4242
E-10 N-3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	28.5714
E-11 N-3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

## Matriz de similitud por regiones y niveles, Índice de similitud Bray-Curtis.

	Planicie abisal Sigsbee N-1	Planicie abisal Sigsbee N-2	Planicie abisal Sigsbee N-3	Abanico del Mississippi N-1	Abanico del Mississippi N-2	Abanico del Mississippi N-3
Planicie abisal Sigsbee N-1	*	32.1168	21.4834	53.9063	68.3333	53.8462
Planicie abisal Sigsbee N-2	*	*	66.0714	13.1868	40.4984	55.814
Planicie abisal Sigsbee N-3	*	*	*	9.3782	29.9003	46.1538
Abanico del Mississippi N-1	*	*	*	*	42.3529	27.4908
Abanico del Mississippi N-2	*	*	*	*	*	72.2772
Abanico del Mississippi N-3	*	*	*	*	*	*



Matriz de similitud por estación de materia orgánica. Índice de similitud Bray-Curtis.

	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11
E-1	*	80.0647	52.2191	93.1786	84.6257	84.1424	89.1493	53.9437	69.4583	56.6618	86.5485
E-2	*	*	38.173	74.2494	66.2789	65.3039	89.2709	39.5579	52.42	41.7584	92.7289
E-3	*	*	*	57.0924	64.4909	65.1601	43.651	96.6833	79.2352	94.3972	42.4375
E-4	*	*	*	*	91.2716	90.1769	82.4059	58.9137	75.1225	61.7763	79.9372
E-5	*	*	*	*	*	98.8958	73.9794	66.4385	83.4925	69.4867	71.6993
E-6	*	*	*	*	*	*	73.9653	67.422	84.5686	69.8639	71.6676
E-7	*	*	*	*	*	*	*	45.7419	60.0077	47.5049	96.5148
E-8	*	*	*	*	*	*	*	*	81.9458	96.6041	44.3848
E-9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	84.2872	58.132
E-10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	46.1227
E-11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

## Anexo VII. Resultados de análisis estadísticos

### 1. Resultados ANOVA para la riqueza

Univariate Tests of Significance for Riqueza (TablaRiqueza.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	337.6861	1	337.6861	1545.629	0.000000
Nivel	11.7183	2	5.8591	26.818	3.498 <sup>-10</sup>
Error	23.5956	108	0.2185		

Univariate Tests of Significance for Riqueza (TablaRegiónRiqueza.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	221.0357	1	221.0357	686.4029	0.000000
Región	0.2137	1	0.2137	0.6637	0.417048
Error	35.1002	109	0.3220		

### 2. Resultados ANOVA para la abundancia

Univariate Tests of Significance for Abundancia (TablaAbundancia.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	1278.087	1	1278.087	296.1014	0.000000
Estación	77.262	10	7.726	1.7900	0.071971
Error	431.638	100	4.316		

Univariate Tests of Significance for Abundancia (TablaAbundancia.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	1287.100	1	1287.100	487.9954	0.000000
Nivel	224.048	2	112.024	42.4731	2.464 <sup>-14</sup>
Error	284.853	108	2.638		

### 3. Resultados ANOVA para la densidad

Univariate Tests of Significance for Densidad (TablaDensidad.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	1177736	1	1177736	92.91826	0.000000
Nivel	771418	2	385709	30.43078	3.297 <sup>-11</sup>
Error	1368896	108	12675		

### 4. Resultados ANOVA para la textura en las estaciones y niveles

Univariate Tests of Significance for Arenas (TablasSedimentoEstaciones.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	152.0853	1	152.0853	14.28151	0.000555
Estación	137.9533	10	13.7953	1.29544	0.268766
Error	394.0170	37	10.6491		

<b>Univariate Tests of Significance for Arenas (TablasSedimentoEstaciones.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	136.2592	1	136.2592	13.68284	0.000587
<b>Nivel</b>	83.8422	2	41.9211	4.20962	0.021090
<b>Error</b>	448.1280	45	9.9584		

<b>Univariate Tests of Significance for Limos (TablasSedimentoEstaciones.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	157338.7	1	157338.7	9923.021	0.000000
<b>Estación</b>	724.9	10	72.5	4.572	0.000307
<b>Error</b>	586.7	37	15.9		

<b>Univariate Tests of Significance for Limos (TablasSedimentoEstaciones.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	172167.6	1	172167.6	6729.755	0.000000
<b>Nivel</b>	160.4	2	80.2	3.134	0.053178
<b>Error</b>	1151.2	45	25.6		

<b>Univariate Tests of Significance for Arcillas (TablasSedimentoEstaciones.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	59782.92	1	59782.92	1642.396	0.000000
<b>Estación</b>	1261.64	10	126.16	3.466	0.002708
<b>Error</b>	1346.79	37	36.40		

<b>Univariate Tests of Significance for Arcillas (TablasSedimentoEstaciones.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	70870.92	1	70870.92	1480.030	0.000000
<b>Nivel</b>	453.62	2	226.81	4.737	0.013589
<b>Error</b>	2154.82	45	47.88		

## 5. Resultados ANOVA para la textura en las regiones

<b>Univariate Tests of Significance for Arenas (TablaTexturaRegión.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	35.9776	1	35.97762	3.263313	0.077390
<b>Región</b>	24.8260	1	24.82602	2.251819	0.140291
<b>Error</b>	507.1443	46	11.02488		

<b>Univariate Tests of Significance for Limos (TablaTexturaRegión.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	105530.5	1	105530.5	3707.674	0.000000
<b>Región</b>	2.3	1	2.3	0.081	0.777165
<b>Error</b>	1309.3	46	28.5		

<b>Univariate Tests of Significance for Arcillas (TablaTexturaRegión.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	44091.50	1	44091.50	781.1521	0.000000
<b>Región</b>	12.00	1	12.00	0.2126	0.646915
<b>Error</b>	2596.43	46	56.44		

#### 6. Resultados para ANOVA de la materia orgánica en las estaciones

<b>Univariate Tests of Significance for N% (TablaAmbientales.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1.178093	1	1.178093	1542.715	0.000000
<b>Estación</b>	0.028761	10	0.002876	3.766	0.001472
<b>Error</b>	0.028255	37	0.000764		

<b>Univariate Tests of Significance for C% (TablaAmbientales.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	311.9237	1	311.9237	566.9842	0.000000
<b>Estación</b>	75.0318	10	7.5032	13.6385	1.269 <sup>-9</sup>
<b>Error</b>	20.3554	37	0.5501		

#### 7. Resultados para ANOVA de la materia orgánica en las regiones

<b>Univariate Tests of Significance for N% (TablaAmbientalesRegión.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	0.852053	1	0.852053	784.7379	0.000000
<b>Región</b>	0.007070	1	0.007070	6.5114	0.014106
<b>Error</b>	0.049946	46	0.001086		

<b>Univariate Tests of Significance for C% (TablaAmbientalesRegión.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition</b>					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	286.8599	1	286.8599	168.9167	0.000000
<b>Región</b>	17.2685	1	17.2685	10.1685	0.002571
<b>Error</b>	78.1187	46	1.6982		