

# **UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

## **CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**



### **VARIACIÓN ESPACIAL DEL ENSAMBLAJE DEL ZOOPLANCTON Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES Y DE CONTAMINANTES EN EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO**

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE

## **T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

P R E S E N T A:

**ELTON ADAIR GARCÍA-CÓRDOVA**

DIRECTOR DE TESIS:

DR. URIEL ORDÓÑEZ-LÓPEZ

ASESORADO POR:

M EN C. ELVA GUADALUPE ROBLES-JARERO

Las Agujas, Zapopan, Jalisco. Mayo de 2011



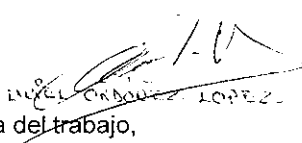
Dra. Teresa de Jesús Aceves Esquivias.  
 Presidente del Comité de Titulación.  
 Licenciatura en Biología.  
 CUCBA.  
 Presente


Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad **Tesis e Informes**, opción **Tesis** con el título: "**Variación espacial del ensamblaje del zooplancton y su relación con las condiciones oceanográficas superficiales y de contaminantes en el sur del Golfo de México**" que realizó el/la pasante **Elton Adair García Córdova** con número de código **005020778** consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.





Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente

Mérida, Yucatán a 11 de Febrero de 2011.

Firma   
 Nombre **LUIS ORLANDO LÓPEZ**  
 Director/a del trabajo,

Firma   
 Nombre **Elton Adair García Córdova**  
 Asesor(es)

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
Dr. Eduardo Ríos Jara		25/02/2011
Dr. Alejandro Martínez Zatarain		10/MAR/2011
Dr. Ernesto López Uriarte		10/03/2011
Supl. M. en C. Martín Pérez Peña		25/02/2011

*Dedicatoria*

*A Dios por todo su amor, a mis padres y mis hermanas,  
a Gabriela por todo su apoyo  
los amo.*

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, por brindarme el apoyo institucional y académico en a lo largo de la carrera, así como en la realización de la tesis.

Al Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN unidad Mérida por su apoyo institucional, académico y de infraestructura para la realización de la tesis.

Al Dr. © Uriel Ordóñez López, mi director de tesis por su confianza y la oportunidad de trabajar bajo su dirección, por sus enseñanzas, dedicación, esfuerzo, paciencia y compromiso en la realización y culminación de esta tesis. Por su apoyo moral y académico. Y por su amistades. Muchas Gracias.

A la M.C. Elva Guadalupe Robles Jarero, por su valiosa asesoría brindada durante la elaboración de la tesis.

A los integrantes del sínodo por su dedicación al revisar esta tesis y sus aportaciones valiosas que contribuyeron a la aprobación de la misma. Dr. Eduardo Ríos Jara, Dr. Alejandro Martínez Zatarain, Dr. Ernesto López Uriarte y M.C. Martín Pérez Peña, Gracias.

Al personal del laboratorio de plancton marino, estudiantes, auxiliares e investigadores que en algún momento compartieron de manera grata espacio y tiempo dentro del laboratorio.

A al personal del laboratorio de bentos, por su apoyo moral y amistad brindada durante mi estancia en el Cinvestav.

A mis compañeros de generación, por los grandes momentos transcurridos durante esta etapa de mi vida con ellos, por su amistad y apoyo. Por creer en mí y por sus palabras de aliento en todo momento, muchas gracias.

Agradecimiento especial a mis padres por su cariño y apoyo en mi educación, por su amor, confianza y paciencia. A todos mis familiares y amigos que me han brindado diferentes formas de apoyo durante el transcurso de la carrera y el desarrollo de esta tesis.

brindado diferentes formas de apoyo durante el transcurso de la carrera y el desarrollo de esta tesis.

<b>CONTENIDO</b>	
Resumen .....	IV
Abstract .....	V
Lista de tablas .....	VI
Lista de figuras .....	VII
<b>I. Introducción</b> .....	10
<b>II. Antecedentes</b> .....	12
2.1. Planteamiento del problema .....	13
<b>III. Hipótesis</b> .....	15
<b>IV. Objetivos</b> .....	16
4.1. Objetivo general .....	16
4.2. Objetivos particulares .....	16
<b>V. Área de estudio</b> .....	17
<b>VI. Materiales y métodos</b> .....	19
6.1. Estrategia de estudio .....	19
6.2. Trabajo de campo .....	19
6.3. Trabajo de laboratorio .....	21
6.4. Análisis de la información .....	22
6.4.1. Determinación de volumen filtrado .....	22
6.4.2. Estandarización de datos .....	23
6.4.3. Caracterización hidrológica y de contaminantes en el sur del golfo de México .....	23
6.4.4. Descriptores comunitarios .....	23
6.4.5. Distribución de la abundancia zooplanctónica y similitud entre comunidades .....	25
6.4.6. Relación de los grupos del zooplancton con variables del medio y de contaminantes .....	27
<b>V. Resultados</b> .....	28
7.1. Características oceanográficas del sur del Golfo de México para otoño de 2009 ..	28
7.1.1. Distribución de las características físico-químicas superficiales ....	28
7.1.1.1. Distribución de la temperatura superficial .....	28

7.1.1.2. Distribución de la salinidad.....	29
7.1.1.3. Distribución de la densidad .....	30
7.1.1.4. Distribución del pH .....	31
7.1.1.5. Distribución de oxígeno disuelto y saturado .....	32
7.1.1.6. Distribución de la turbidez .....	33
7.1.1.7. Corrientes y circulación marina .....	34
7.1.2. Distribución de la productividad planctónica superficial .....	36
7.1.2.1. Productividad primaria fitoplanctónica .....	36
7.1.2.2. Productividad secundaria zooplanctónica .....	38
7.2. Zonación oceanográfica del área de estudio .....	39
7.3. Distribución espacial de las fracciones de petróleo en aguas superficiales del sur del golfo de México en otoño de 2009.....	42
7.3.1. Distribución de los hidrocarburos de petróleo en su forma total (HCT) .....	42
7.3.2. Distribución de los alifáticos .....	43
7.3.3. Distribución de la mezcla no resuelta (UCM) .....	44
7.3.4. Distribución de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH'S).....	45
7.4. Descriptores comunitarios del zooplancton marino del sur del Golfo de México en otoño de 2009.....	46
7.4.1. Densidad y composición del zooplancton.....	46
7.4.2. Grupos dominantes del zooplancton .....	48
7.4.3. Descriptores comunitarios del zooplancton por zona oceanográfica.....	49
7.4.3.1. Zooplancton de la zona de influencia fluvio-lagunar (ZIFL).....	50
7.4.3.2. Zooplancton de la zona de plataforma continental (ZP) .....	52
7.4.3.3. Zooplancton de la zona oceánica (ZO).....	54
7.4.3.4. Similitud entre los ensambles del zooplancton de cada zona oceanográfica.....	56
7.5. Relación de los grupos dominantes del zooplancton y las variables ambientales del sur del golfo de México en otoño de 2009 .....	57
7.5.1. Análisis de correlación de Pearson .....	57
7.5.2. Análisis de correspondencia canónica (ACC) .....	59
7.5.3. ACC por zona oceanográfica entre las variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton .....	60



7.5.3.1. Relación de las variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton de la zona de influencia fluvio-lagunar.....	60
7.5.3.2. Relación de las variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton de la zona de plataforma continental .....	61
7.5.3.3. Relación de las variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton en la zona oceánica .....	62
7.6. Efecto de las fracciones de petróleo (HCT, Alifáticos, PAH'S, UCM) sobre el zooplancton del sur del Golfo de México para otoño de 2009.....	63
7.6.1. Análisis de correspondencia canónica (ACC) por zona oceanográfica entre las fracciones de petróleo y los grupos dominantes del zooplancton.....	64
7.6.1.1. ACC entre las fracciones de petróleo y los grupos dominantes del zooplancton de la ZIFL .....	64
7.6.1.2. ACC entre las fracciones de petróleo y los grupos dominantes del zooplancton de la ZP .....	65
7.6.1.3. ACC entre las fracciones de de petróleo y los grupos dominantes del zooplancton de la ZO .....	66
<b>VIII. Discusión</b> .....	67
8.1. Características oceanográficas del sur del Golfo de México.....	67
8.2. Productividad primaria fitoplanctónica .....	69
8.3. Productividad secundaria zooplanctónica .....	70
8.4. Zonación del área de estudio.....	71
8.5. Distribución espacial de las fracciones de petróleo .....	72
8.6. Descriptores comunitarios.....	73
8.7. La variación de los ensamblaje del zooplancton.....	74
8.7.1. Ensamblaje zooplanctónico de la ZIFL.....	75
8.7.2. Ensamblaje zooplanctónico de la ZP .....	76
8.7.3. Ensamblaje zooplanctónico de la ZO .....	76
8.8. Similitud entre ensamblajes .....	77
8.9. Relación de los grupos del zooplancton con las variables ambientales.....	78
8.10. El efecto de las fracciones de petróleo sobre el zooplancton .....	81
<b>IX. Conclusiones</b> .....	83
<b>X. Literatura citada</b> .....	86
<b>XI. Anexos</b> .....	95

## Resumen

Se analiza la variación espacial del ensamble zooplanctónico en relación con la distribución de los factores abióticos, bióticos y de contaminantes en el sur del Golfo de México, durante el otoño de 2009. El material zooplanctónico fue obtenido por medio de arrastres superficiales usando una red tipo Bongo de 60 cm de diámetro y una luz de malla de 500µm, a bordo del buque oceanográfico Justo Sierra durante la campaña oceanográfica Xcambo-4, cubriendo un total de 85 estaciones. Los parámetros físicos y químicos, fueron registrados *in situ* mediante una sonda CTD. Se tomaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos, biológicos y de contaminantes (hidrocarburos de petróleo). Las corrientes marinas se midieron utilizando un perfilador acústico doppler RDI Teledyne de 150kHz. El resultado del análisis de los parámetros físico-químicos permitió reconocer tres zonas en el área de estudio, una de influencia fluvio-lagunar (ZIFL), otra sobre la plataforma continental (ZP) y una tercera netamente oceánica (ZO). El comportamiento de las corrientes durante la campaña oceanográfica muestra una persistente dirección hacia el N y NE. El sur del Golfo de México presentó una alta productividad planctónica, asociada a los sistemas fluvio-lagunares. Se recolectó un total de 1, 797,559 zoopláncteres que registró una densidad promedio de  $1.14 \times 10^6$  org/100m<sup>3</sup>. Se determinaron 37 grandes grupos de zooplancton y la densidad zooplanctónica en el área de estudio, estuvo compuesta principalmente por huevos de pez, cladóceros y copépodos. Se obtuvieron los valores de los descriptores comunitarios para cada una de las zonas. El análisis aplicados a la matriz de abundancia espacial de los grupos dominantes del zooplancton y las variables ambientales superficiales, indicó la existencia de relaciones significativas o altamente significativas ( $p < .05$ ) entre diferentes grupos del zooplancton y diversas variables ambientales. En general la concentración promedio de los hidrocarburos disueltos registrados en el área de estudio se encuentra muy por debajo el nivel considerado como promedio natural (10 µg/L), que estableció la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO para el Golfo de México y Mar Caribe. El zooplancton no mostro una clara relación con los hidrocarburos del petróleo, dado que los mecanismos de dispersión de ambos son distintos.

## **Abstract**

The spatial variation of zooplanktonic assembly is analyzed in relation to the distribution of biotic and abiotic factors, and pollutants in the south of the Gulf of Mexico, during the autumn of 2009. The zooplanktonic material was obtained by superficial draggings using a Bongo net of 60 cm of diameter and mesh of 500 $\mu$ , on board of the oceanographic vessel Justo Sierra during cruise Xcambo-4, covering 85 stations. Physical and chemical parameters were registered in situ by a CTD probe. Water samples were taken in order to realize physicochemical, biological analyses and of pollutants (hydrocarbons of oil). The marine currents were measured using an acoustic outliner doppler RDI Teledyne of 150kHz. The analysis result of physicochemical parameters recognized three zones in the area of study, one of fluvial-lagoon influence (ZIFL), another one on the continental shelf (ZP) and the third one purely oceanic (ZO). The current behavior during the oceanographic cruise showed a persistent direction towards the N and NE. The south of the Gulf of Mexico presented a high planktonic productivity, associated to fluvial-lagoon systems. A total of 1, 797,559 zooplankters was collected with average density of 1.14x106 org/100m<sup>3</sup>. 37 zooplankton groups were determined; the zooplanktonic density in the area of study was mainly integrated by fish eggs, cladocerans and copepods. The values of the community descriptors for each of the zones were obtained. The analysis applied to the abundance matrix of dominant zooplankton groups and the environmental variables, indicated the existence of significant or highly significant relationships ( $p < .05$ ). In general, the average concentration of dissolved hydrocarbons registered in the area of study is far below the level considered as natural average (10  $\mu$ g/L), established by the Oceanographic Intergovernmental Commission of the UNESCO for the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Zooplankton did not show a clear relationship with the hydrocarbons of oil, due to the mechanisms of dispersion from both are different.

## Lista de Tablas

	No. Pagina
Tabla 1. Valores promedio de las variables abióticas superficiales ( $\pm$ desviación estándar) por zona .....	40
Tabla 2. Resumen ANOVA entre zonas oceanográficas de las variables bióticas y abióticas .....	41
Tabla 3. Resumen de los valores de los descriptores comunitarios para cada zona.....	49
Tabla 4. Valores del índice de similitud entre comunidades de acuerdo al índice de Jaccar y Sorensen .....	56
Tabla 5. Valores del Índice de Morisita entre ensamblajes .....	56
Tabla 6. Resultados del análisis de correlación de Pearson entre los grupos dominantes del zooplancton y las variables ambientales de la ZIFL.....	57
Tabla 7. Análisis de correlación de Pearson de la ZP, entre los 3 grupos que obtuvieron mayor relación con las variables ambientales .....	58
Tabla 8. Resultados del análisis de correlación de Pearson entre los grupos dominantes del zooplancton y las variables ambientales de la ZO .....	58

## Lista de Figuras

	No. Pagina
Figura 1. Localización del área de estudio (cuadro rojo) en el sur del Golfo de México .....	17
Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo en la región sur del Golfo de México, en rojo zona de exclusión de PEMEX (Otoño, 2009). .....	20
Fig. 3. Variación de la temperatura superficial (°C) en el Sur del Golfo de México para Otoño de 2009 .....	28
Fig. 4. Variación de la salinidad (ups) en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009 .....	29
Fig. 5. Variación de la densidad del agua marina en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.....	30
Fig. 6. Variación del pH superficial en el Sur del Golfo de México para el otoño de 209 .....	31
Fig. 7. Variación de: a. Oxígeno disuelto (mg/L) y b. Saturación de oxígeno (%), en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.....	32
Fig. 8. Variación de la Turbidez (NTU) en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009 .....	33
Fig. 9. Comportamiento de las corrientes superficiales (20 m de profundidad) el las estaciones del crucero oceanográfico XCAMBO IV (Ardisson-Herrera, 2010). .....	34
Fig. 10. Corrientes superficiales obtenidas con una combinación de altimetría y modelos numéricos (NOAA/AOML, 2010) .....	35
Fig. 11. Distribución de la clorofila-a (a) y abundancia fitoplanctónica (b) en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009 .....	37
Fig. 12. Distribución de la biomasa zooplanctónica (g/100m <sup>3</sup> ) en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.....	38
Fig. 13. Dendograma de afinidad hidrológica entre las estaciones de muestreo en el Sur del Golfo de México. ....	39

Fig. 14. Zonas oceanográficas determinadas por los análisis de clasificación jerárquica. Sur del Golfo de México (otoño de 2009): Zona de Influencia Fluvio-Lagunar (ZIFL), Zona de Plataforma (ZP) y Zona Oceánica .....	40
Fig. 15. Distribución superficial de hidrocarburos totales (HC Totales) en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009 .....	42
Fig. 16. Distribución superficial de hidrocarburos alifáticos en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009 .....	43
Fig. 17. Distribución superficial de la mezcla compleja de hidrocarburos no resuelta (UCM) en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.....	44
Fig. 18. Distribución superficial de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) en el Sur del Golfo de México para el Otoño de 2009.....	45
Fig. 19. Distribución de la densidad del zooplancton en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009 .....	46
Fig. 20. Composición de la densidad por los principales grupos del zooplancton en Sur del Golfo de México durante el otoño de 2009 .....	47
Fig. 21. Dominancia de los principales grupos del zooplancton, del sur del Golfo de México para otoño de 2009 .....	48
Fig. 22. Distribución de la abundancia de los grupos del zooplancton para la ZIFL, otoño 2009.....	50
Fig. 23. Principales grupos del zooplancton dominantes de la ZIFL .....	51
Fig. 24. Distribución de la abundancia de los grupos del zooplancton para la ZP, otoño de 2009.....	52
Fig. 25. Principales grupos del zooplancton dominantes para la ZP, otoño de 2009 .....	53
Fig. 26. Distribución de la abundancia de los grupos del zooplancton para la ZO, otoño de 2009 .....	54
Fig. 27. Principales grupos dominantes del zooplancton de la ZO, otoño de 2009 .....	55
Fig. 28. ACC entre variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton, del área de estudio.....	59

Fig. 29. ACC de la ZIFL entre variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton .....	60
Fig. 30. ACC de la ZP entre variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton .....	61
Fig. 31. ACC de la ZO entre variables ambientales y grupos dominantes del zooplancton .....	62
Fig. 32. ACC entre contaminantes y grupos dominantes del zooplancton, del área de estudio.....	63
Fig. 33. ACC de la ZIFL entre contaminantes y los grupos dominantes del zooplancton.....	64
Fig. 34. ACC de la ZP entre contaminantes y los grupos dominantes del zooplancton.....	65
Fig. 35. ACC de la ZO entre contaminantes y grupos dominantes del zooplancton.....	66

## I. Introducción

Tanto los océanos como los lagos contienen un amplio conjunto de organismos microscópicos conocidos como plancton, que nadan libremente en el agua o están simplemente suspendidos en ella. Aunque los organismos planctónicos marinos son capaces de trasladarse por sí mismos, son demasiado pequeños para hacerlo independientemente de las corrientes.

Los animales que conforman el zooplancton son taxonómicamente y estructuralmente diversos, abarcando tallas desde organismos microscópicos unicelulares, hasta medusas de varios metros de diámetro. Por definición, el zooplancton es heterotrófico, esto es, que utiliza substratos orgánicos para la obtención de la energía química que requieren para sintetizar los materiales que sus cuerpos necesitan (Lalli & Pearson, 2006).

El zooplancton marino incluye representantes de prácticamente cada grupo taxonómico, tanto en etapa adulta como estadios larvarios (Ruppert & Barner, 1996). De acuerdo al tiempo de residencia en el ambiente pelágico, se dividen en dos categorías: holoplancton llamado también plancton permanente y meroplancton o plancton temporal. El meroplancton lo constituyen huevos y larvas de pez, así como etapas larvales de muchos invertebrados (Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996).

La principal importancia y función del zooplancton reside en que convierte y transfiere la energía y la materia vegetal de la enorme biomasa del fitoplancton, hacia los niveles tróficos superiores (Lalli & Pearson, 2006).

Recientemente, el estudio del zooplancton ha adquirido importancia para el manejo de áreas naturales ya que, algunos de sus atributos químicos (como lípidos e isótopos naturales), su estado de salud y la conformación de las comunidades, pueden indicar los niveles de eutroficación del agua e incluso determinar si son producto de la actividad humana. Por este motivo, diversas organizaciones lo han utilizado para monitorear la calidad del agua de estuarios y zonas costeras, para evitar situaciones desagradables a



los bañistas que visitan las playas y/o la baja productividad pesquera (Suthers & Rissik, 2009).

El plancton alcanza su mayor densidad en los niveles acuáticos superiores e iluminados y con mayor cantidad de nutrientes (nitratos, fosfatos, etc.), necesarios para la síntesis de compuestos orgánicos que lleva a cabo el fitoplancton. En general, los nutrientes alcanzan sus niveles más altos en aguas costeras superficiales, en áreas de afloramiento y en las aguas superficiales de mares fríos o templados, donde la mezcla con niveles más profundos no se ve impedida. En contraste, las aguas superficiales de los océanos tropicales y subtropicales son generalmente muy pobres, dado que la mezcla con aguas más profundas y ricas en nutrientes es mínima (Ruppert & Barner, 1996).

La plataforma continental y las áreas oceánicas adyacentes del sur del Golfo de México constituye una importante región pesquera, pero fundamentalmente, una zona de alta productividad planctónica (de la Cruz, 1972; Ordoñez-López, 1992). En una cuenca de tan solo  $1.6 \times 10^6 \text{ km}^2$ , que almacena cerca de  $2.3 \times 10^6 \text{ km}^3$  de agua, ocurren una serie de procesos físicos, químicos y biológicos (corrientes oceánicas, anillos ciclónicos y anticiclónicos, tormentas tropicales, huracanes, nortes y surgencias), que hacen del Golfo de México un inmenso almacén de energía del sistema océano-atmósfera (Elliot, 1982; Etter, 1983; Lewis y Hsu, 1992; Fernández *et al.*, 1993 citados en Botello *et al.*, 2005). Su singularidad ecológica y económica, convierten al Golfo de México en la mayor y más importante cuenca de aguas protegidas de la América Neotropical (Sackett, 1981; Britton & Morton, 1989 citado en Botello *et al.*, 2005).

## II. Antecedentes

En el Golfo de México, diversos autores han señalado que la distribución de la abundancia del zooplancton se encuentra relacionada con factores que actúan a meso y macro-escalas como temporalidad, dirección e intensidad de las corrientes oceánicas, giros ciclónicos y frentes epicontinentales (de la Cruz, 1971; Flores-Coto *et al.*, 1989; Ordoñez-López, 1992). En este sentido, las mayores concentraciones de zooplancton se presentan, por lo general, sobre la plataforma continental, asociadas a sistemas costeros; particularmente en las desembocaduras de los Ríos Grijalva-Usumacinta, San Pedro-San Pablo y Laguna de Términos (Flores-Coto, 1985; Flores-Coto *et al.*, 1989; Ordoñez-López, 1992).

De acuerdo a la particular hidrodinámica del Golfo de México, se ha reportado la mayor concentración de la biomasa zooplanctónica en los primeros 18 metros de profundidad (Espinosa-Fuentes *et al.*, 2009), así como en la zona externa de la plataforma de Campeche (Gasca-Serrano, 1995). Las aguas en el sur del Golfo de México durante verano-otoño presentan alta productividad (Okolodkov, 2003, Guzmán del Próo *et al.*, 1986), posiblemente asociada con el efecto y la dirección de la corriente de intrusión que ingresa al Golfo de México a través del canal de Yucatán (Vázquez de la Cerda, 1986 citado en Gasca-Serrano, 1995). Así como, a las descargas de ríos como Grijalva-Usumacinta y a la influencia de lagunas costeras importantes como Laguna de Términos en Campeche como lo ha mencionado Guzmán del Próo *et al.* (1986).

Por su parte Steele (1964) y Bogdanov *et al.*, (1969) establecieron que existen aguas oligotróficas en la mayor parte de la zona oceánica central-sur del Golfo de México, fuera de la influencia de las aguas de plataforma. Considerando la biomasa del zooplancton, Bogdanov *et al.*, (1969) caracterizaron una extensa zona central-sur del Golfo con valores entre 30 y 150 mg/m<sup>3</sup> de peso húmedo, y Gasca-Serrano *et al.*, (1995) indica que esta situación se mantiene a lo largo del año, propiciando una alta riqueza de la fauna planctónica, incluyendo por lo menos 15 grandes grupos del zooplancton (de la Cruz, 1972).

El estudio de la biomasa del zooplancton en los mares mexicanos no ha sido continuo ni homogéneo. De acuerdo con Gasca-Serrano *et al.*, (1995) un factor que ha propiciado esta situación, que trasciende también a nivel internacional, es la diversidad de métodos utilizados para la determinación de las biomásas; el empleo de métodos volumétricos (volumen asentado, volumen desplazado), gravimétricos (peso seco, peso húmedo, peso seco libre de cenizas) o químicos (estimaciones de nitrógeno, carbono, etc.) dependen de los objetivos del trabajo, de la disponibilidad de material y de la composición del zooplancton (Beers, 1981). Así, es común encontrar en la literatura biomásas reportadas en unidades muy variables (peso seco o húmedo, o volumen desplazado). Uno de los métodos más utilizados es el de peso húmedo ya que no implica pérdida del material biológico como en el caso de peso seco o peso libre de cenizas. Sin embargo, este método es propenso a errores cuando la abundancia de organismos gelatinosos es elevada, ya que se incrementan los valores de volumen y de peso (Zavala-García & Flores-Coto, 1989).

En la zona sur del Golfo de México son escasos los estudios que incluyen un apartado relativo a las biomásas zooplanctónicas; entre ellos destacan los trabajos de Arnold (1958), Gómez-Aguirre (1987), Olvera-Limas *et al.*, (1987), Popwski & Campos-Hernández (1987), Flores-Coto *et al.*, (1989), Biggs (1992), Gasca-Serrano *et al.*, (1995) y Espinosa-Fuentes *et al.*, (2009) y mucho más escasos son los estudios que tratan de relacionar el efecto de contaminantes de hidrocarburos sobre la misma a corto o mediano plazo, el antecedente que destaca es el intento por ver los posibles efectos de estos contaminantes por la industria petrolera asentada en la región, específicamente en la Sonda de Campeche (Guzmán del Prío *et al.*, 1986), que trata de evaluar el efecto del derrame del Ixtoc-I sobre la biota marina adyacente.

## 2.1 Planteamiento del problema

El Golfo de México es una región de gran importancia, tanto en aspectos biológicos, como por su trascendencia para el desarrollo socio económico del país (Lara-Domínguez *et al.*, 1990). En la parte sur del Golfo de México, se encuentra la principal zona productora de petróleo y gas del país en la denominada zona marina de

Campeche (García-Cuéllar *et al.* 2004). Asimismo, en sus litorales se desarrollan actividades de diversa índole que afectan significativamente los ecosistemas de sus costas y el medio marino adyacente, por lo cual, esta región enfrenta graves problemas y severos riesgos ecológicos derivados del natural conflicto de intereses entre los diferentes sectores involucrados en el uso, manejo y aprovechamiento de la zona costera y sus recursos naturales (Lara-Domínguez *et al.*, 1990).

Es importante señalar que hay una ausencia reciente de estudios que relacionen a los organismos planctónicos con contaminantes como hidrocarburos disueltos del petróleo, detergentes, plaguicidas, metales pesados y traza presentes en el área de estudio. En este sentido, el presente trabajo proporcionará información relativa a cambios en la estructura espacial del zooplancton en el sur del Golfo de México durante el otoño de 2009, y su relación con algunas variables ambientales y de contaminación.

Todo lo anterior como parte del programa de monitoreo del sur del golfo de México que realiza el Cinvestav de manera continua exclusivamente durante el otoño.

## IV. Objetivos

### 4.1 Objetivo general

Determinar la variación espacial de los diferentes componentes estructurales del ensamble zooplanctónico en relación con la distribución de los factores abióticos (temperatura, salinidad, densidad, oxígeno saturado, pH, turbidez y de corrientes), bióticos (clorofila-a, abundancia fitoplanctónica y biomasa zooplanctónica) y contaminantes (alifáticos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y mezcla compleja de hidrocarburos no resuelta) en el sur del Golfo de México, durante el otoño de 2009.

### 4.2 Objetivos particulares

- I. Determinar el patrón espacial de las características abióticas (temperatura, salinidad, densidad, oxígeno saturado, pH, y turbidez), bióticos (clorofila-a, abundancia fitoplanctónica, y biomasa zooplanctónica) y de contaminantes (alifáticos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y mezcla compleja de hidrocarburos no resuelta).
- II. Estimar el patrón espacial de la productividad secundaria zooplanctónica (biomasa).
- III. Determinar los componentes estructurales del ensamblaje y su patrón de distribución espacial (composición, abundancia, riqueza, diversidad, equidad y dominancia).
- IV. Comparar los ensamblajes registrados a través de índices de similitud (Jaccard, Sorensen, Morisita y Kimoto).
- V. Explorar la relación entre abundancia de las especies dominantes del zooplancton con las características abióticas, bióticas y de contaminantes registrados.

### **III. Hipótesis**

- I. La distribución espacial del ensamblaje zooplanctónico en el medio pelágico del sur del Golfo de México está influenciada por los factores físicos y químicos, en tanto que la abundancia de cada grupo está determinada por disponibilidad de alimento.
  
- II. La interacción del zooplancton y los contaminantes está influenciada por la dinámica oceanográfica del medio, mientras que el grado de afectación está dada por el tiempo de exposición y la capacidad de desplazamiento del zooplancton así como la dispersión de los contaminantes.

## V. Área de estudio

El área de estudio está ubicada en la porción sur del Golfo de México entre los  $18^{\circ} 28' 52''$  y  $19^{\circ} 50' 39''$  LN y los  $91^{\circ} 50' 43''$  y  $94^{\circ} 49' 59''$  LO y comprende un polígono que abarca desde punta Zapotitlán, Veracruz, hasta la laguna de Celestún, Yucatán, cubriendo la plataforma continental de los estados de Tabasco y Campeche, así como parte de la Bahía de Campeche y parte de la región suroeste del Banco de Campeche (Figura 1). Cabe destacar que sobre el Banco de Campeche se encuentran varios cayos coralinos (Cayo Arcas, Arrecife Alacranes, Arrecife Triángulos, Banco Inglés, etc.)

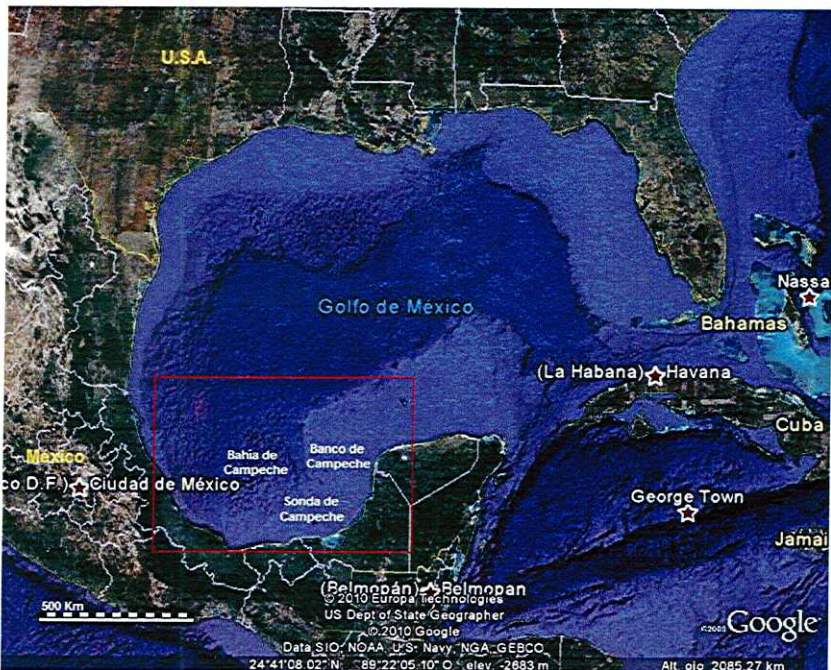


Figura 1. Localización del área de estudio (cuadro rojo) en el sur del Golfo de México.

El Golfo de México es una cuenca aislada del Mar Caribe por un umbral con profundidad aproximada de 2 500 m. Se extiende en un área total de 1 768 000 km<sup>2</sup> con regiones muy profundas mayores a 3 400 m (de la Lanza-Espino, 1991). Es un

sistema ambiental de los más diversos y ricos de la tierra. Por sus dimensiones y características de cuenca semicerrada, es el gran mar interior del Atlántico tropical y un verdadero mediterráneo entre las Américas del Norte y Sur (Botello *et al.*, 2005).

Ambientalmente, recibe prácticamente el 62% de la descarga fluvial a nivel nacional. De este porcentaje la región de la Sonda de Campeche recibe más del 80% de ese suministro de agua dulce, debido a la presencia de importantes ríos como el Grijalva-Usumacinta en Tabasco. La plataforma continental es estrecha hacia el estado de Veracruz (10-15 km) y se va ensanchando hacia la cuenca Tabasco-Campeche alcanzando su máxima extensión en el estado de Yucatán (200 km) (Lara-Domínguez *et al.*, 1990).

En general el clima es caluroso y húmedo a excepción de la temporada de nortes (de noviembre a marzo, con mayor intensidad entre los meses de diciembre a febrero), en la cual los vientos reducen la temperatura (de la Lanza-Espino, 1991). La circulación del Golfo de México está relacionada con la afluencia de las aguas cálidas y salinas que entran a través del estrecho de Yucatán y salen por el de Florida. Parte del agua que penetra al golfo por el canal de Yucatán se devuelve por contracorrientes (Sturges y Lugo-Fernández, 2005), el resto de las aguas continúan su viaje hacia el estrecho de Florida formando un meandro. Estos movimientos de las masas de agua provoca la formación de una franja ligeramente plegada hacia el este a manera de un lazo, lo que le da el nombre de "Corriente de Lazo" (de la Lanza-Espino, 1991).

El comportamiento mensual de la intromisión de la corriente se modifica mes con mes en función de las variaciones del flujo geostrofico, es decir, que cuando éste se eleva alcanzando los valores máximos en los meses de abril, mayo, junio y agosto, la intromisión de la corriente alcanza los 27° N, y al perder fuerza durante julio, octubre y noviembre, solamente alcanza los 25° N dando origen a giros anticiclónicos, cuya vorticidad durante estos meses es mayor (de la Lanza-Espino, 1991).



## **VI. Materiales y Métodos**

### **6.1 . Estrategia de estudio**

Para cumplir con los objetivos establecidos se empleará la base de datos abióticos, bióticos y de contaminantes de la campaña oceanográfica XCAMBO-4, efectuada del 8 de septiembre al 2 de octubre de 2009, por el Departamento de Recursos del Mar del CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida (Ardisson-Herrera *et al.*, 2010). Asimismo, se analizarán las muestras de zooplancton recolectadas. A continuación se describen brevemente estos procedimientos.

### **6.2 . Trabajo de campo**

El material zooplanctónico fue obtenido por medio de arrastres superficiales de 10 minutos en cada sitio a una velocidad de 2-3 nudos mediante una red tipo Bongo de 60 cm de diámetro y una luz de malla de 500µm, equipadas con un flujómetro digital (General Oceanic, modelo 2030) en cada una de sus bocas para calcular el volumen de agua filtrada (Zavala-García & Espinoza-Fuentes, 2000), en un derrotero que cubrió un total de 85 estaciones en el sur del Golfo de México a bordo del buque oceanográfico “Justo Sierra” (Figura 2). El material recolectado se fijó con formalina al 10% en agua de mar y neutralizada con borato de sodio a 7.5-8 de pH. Las muestras fueron debidamente etiquetas y resguardadas en jabs de plástico para su traslado a la ciudad de Mérida.

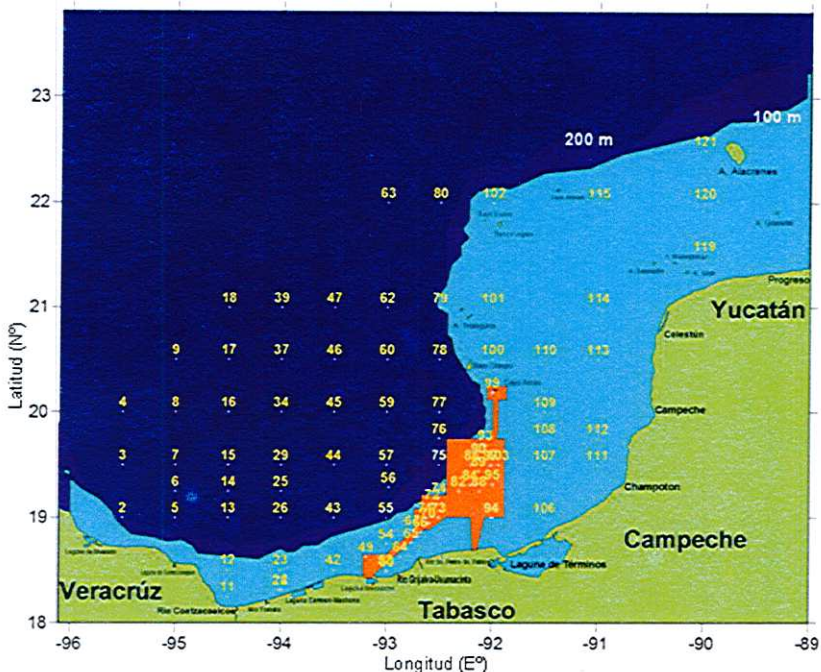


Fig. 2. Ubicación de las estaciones de muestreo en la región sur del Golfo de México, en rojo zona de exclusión de PEMEX (Otoño, 2009).

Los parámetros físicos y químicos, como la salinidad (ups), densidad, temperatura (°C) y pH superficiales del agua fueron registradas *in situ* mediante una sonda CTD. Asimismo, se tomaron dos muestras de un litro de agua marina con una roseta y botellas tipo Niskin, el primero para otros análisis fisicoquímicos y biológicos que se realizaron a bordo como oxígeno disuelto (mg/L), nutrientes, material particulado y determinación de clorofila-a para la cual, se hizo pasar un litro de agua a través de filtros de esterocelulosa con poros de 0.45  $\mu\text{m}$  los cuales se congelaron para su posterior análisis; la segunda muestra se fijó con una solución de Lugol para conteos de fitoplancton. Ambas fueron transportadas a los laboratorios de Química Marina y Productividad del CINVESTAV-Mérida.

La muestra de agua para el análisis de contaminantes se colectó a un metro de profundidad con botellas de vidrio ámbar de un galón, teniendo cuidado de no contaminar la muestra con la capa superficial. A la muestra de agua se le agregó 50 ml de hexano y se agito por 5 min, lo que genera un extracto en la parte superior. El extracto se guardó en un frasco de vidrio color ámbar, y se mantuvo en refrigeración hasta su análisis, para una mayor consulta de las técnicas revisar el informe de la campaña oceanográfica (Ardisson-Herrera *et al.*, 2010).

El mapa de dirección y velocidad de corrientes fue tomado del informe final del programa de monitoreo ambiental del sur del Golfo de México (Ardisson-Herrera *et al.*, 2010). En el cual, la velocidad de la corriente fue medida con el perfilador acústico doppler (ADCP) que estuvo disponible en el B/O Justo Sierra. El instrumento era un RDI Teledyne de 150kHz, el cual tiene un alcance máximo de 400m, tamaño de celda de 8 m y resolución de 17 cm/s, el cual obtiene el perfil vertical de la velocidad en la columna de agua de cada estación presentada en la Figura 2.

### 6.3 . Trabajo de laboratorio

En el laboratorio se obtuvo la producción secundaria zooplanctónica (biomasa zooplanctónica) por medio de las técnicas de volumen desplazado y peso húmedo, expresando la información en ml/100m<sup>3</sup> y g/100m<sup>3</sup> (Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996). Para determinar y cuantificar los grupos de zooplancton se tomó una alícuota de 20ml de cada muestra de la cual, se cuentan el total de organismos presentes de cada grupo con la ayuda de un microscopio estereoscópico Karl Zeiss, un contador marca Quáasar, un cuenta larva circular de acrílico, pinzas y aguja de disección, así como, literatura especializada: Smith (1977), Newell & Newell (1977), Trégouboff & Rose (1978), Boltovskoy (1999). La abundancia en cada grupo se expresó en organismos por 100m<sup>3</sup>.

La cuantificación de clorofilas se hizo por medio se la técnica de espectrofotometría y el empleo de las ecuaciones propuestas por IOC-UNESCO (1981).

El análisis de hidrocarburos se realizó siguiendo las técnicas establecidas por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (IOC-UNESCO, 1981), a fin de que los resultados sean comparables con otros estudios nacionales e internacionales. Para una mayor consulta de las técnicas utilizadas en la determinación de la clorofila e hidrocarburos en agua revisar el informe de la campaña oceanográfica (Ardisson-Herrera *et al.*, 2010).

#### 6.4 . Análisis de la información

En primera instancia se determinó el volumen de agua filtrado por la red Bongo, ésta se obtiene a través de los siguientes cálculos:

##### 6.4.1 Determinación de volumen filtrado:

$$VF = (\pi^2/4) (D)$$

VF= Volumen filtrado

$\pi$ = Diámetro de la red

D= distancia recorrida del arrastre en metros, donde:

$$D = \frac{(\text{Revoluciones}) (\text{Constante del rotor})}{(\text{Tiempo del arrastre en segundos})}$$

Revoluciones= lectura inicial del flujómetro – lectura final del flujómetro

\*Flujómetro: GENERAL OCEANICS INC.,

\*\*Constante del rotor estándar, modelo # 2030: 26,875

#### 6.4.2 . Estandarización de datos

- i. El índice de biomasa planctónica de cada estación se estimó en ml/100m<sup>3</sup> y/o g/100m<sup>3</sup> de agua filtrada.
- ii. Índice de abundancia de zooplancton por grupo de cada estación estimada en organismos por 100 m<sup>3</sup> de agua marina filtrada.

#### 6.4.3. Caracterización hidrológica y de los contaminantes en el sur del Golfo de México.

Para la representación e interpretación espacial de las variables analizadas (abióticas, bióticas y de contaminantes) se realizaron gráficos de distribución continua tipo Grid mediante el programa SURFER Ver. 8.01. Estos gráficos tienen la particularidad de detectar la dirección de un gradiente espacial basándose en los valores dados para cada sitio de muestreo. El algoritmo de interpolación empleado para generar los Grid, fue el del vecino natural, el cual respeta los límites del área de muestreo sin extrapolar fuera de esta (Golden Softwer, 2002).

A los datos hidrológicos se les aplicó un análisis de clasificación aglomerativa a través del método Ward's con el fin de identificar grupos de estaciones similares y sometidas al análisis de varianza (ANOVA) de una vía ( $p < 0.05$ , Zar, 1988) para conocer si existen diferencias respecto a una misma variable.

#### 6.4.4 Descriptores comunitarios

Se determinaron los siguientes descriptores comunitarios para el periodo de estudio y para cada zona hidrológica: riqueza ( $S$ ), diversidad ( $H'$ ), equidad ( $J'$ ) y dominancia. A continuación se describen brevemente cada uno de ellos.

**i. Riqueza (S)**

Se contó el número de especies presentes en cada estación.

**ii. Diversidad ( $H'$ )**

La diversidad se obtuvo por medio del Índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1999)

$$H' = - \sum_{i=1}^k p_i \log p_i$$

Donde:  $H'$  = diversidad,  $k$  número total de especies y  $p_i$  = número de observaciones de la especie  $i$ .

**iii. Equidad ( $J'$ )**

El grado de repartición de la dominancia de las especies se obtuvo a partir de la relación entre la diversidad observada ( $H'$ ) y la diversidad máxima ( $H_{max}$ ) (Krebs, 1999).

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

Donde:  $J = 0$ , no hay equidad ó  $J=1$ , hay una máxima equidad.

**iv. Dominancia (IVI)**

La dominancia específica se determinó empleando el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual jerarquiza y evalúa la importancia relativa de las especies en la comunidad. Este índice toma en cuenta las medidas relativas de densidad y la distribución espacial de las especies:

$$IVI = D\% + F\%$$

Donde:  $D\%$  = valor de densidad relativa,  $F\%$  = valor de frecuencia relativa con la que se presentó cada especie.

#### 6.4.5 . Distribución de la abundancia zooplanctónica y similitud entre comunidades

Se determinó la densidad y la abundancia de cada grupo del zooplancton de cada estación, y posteriormente del área de estudio, así como de cada zona oceanográfica.

##### Índices de similitud

La medición de la similitud entre ensamblajes se obtuvo a través de los coeficientes de similitud de Jaccard, Sorensen (Krebs, 1994) y el índice de similitud de Morisita, Kimoto (Krebs, 1994; Omori & Ikeda, 1984).

##### **Coefficiente de similitud de Jaccard ( $S_j$ )**

$$S_j = \frac{a}{a + b + c}$$

Donde:

$a$  = número de especies presentes en el sitio A

$b$  = número de especies presentes en el sitio B

$c$  = número de especies presentes en ambos sitios A y B

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

##### **Coefficiente de similitud de Sorensen ( $S_s$ )**

$$S_s = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios.

### Índice de similitud de Morisita ( $C_\lambda$ )

$$C_\lambda = \frac{2 \sum X_{ij} X_{ik}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_j N_k}$$

Donde:

$C_\lambda$  = índice de similitud de Morisita entre la muestra  $j$  y  $k$

$X_{ij}, X_{ik}$  = número de individuos de las especies en la muestra  $i$  y la muestra  $j$

$N_j = \sum X_{ij}$  = total de número de individuos en la muestra  $j$

$N_k = \sum X_{ik}$  = total de número de individuos en la muestra  $k$

$$\lambda_1 = \frac{\sum [X_{ij} (X_{ij} - 1)]}{N_j (N_j - 1)} \quad \lambda_2 = \frac{\sum [X_{ik} (X_{ik} - 1)]}{N_k (N_k - 1)}$$

Donde:

$X$  = número de individuos de la especie  $i$  en la muestra  $j$  y  $k$

$N$  = número total de individuos de la muestra  $j$  y  $k$

El índice de Morisita varía de 0 (no similitud) a 1.0 (completa similitud). Este índice está fuertemente influenciado por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, y es altamente sensible a la abundancia de la especie más abundante.

### Índice de similitud d Kimono ( $C_\pi$ )

Este índice básicamente es recomendado para reforzar el resultado del análisis de similitud de Morisita. Si las dos muestras son idénticas,  $C_\pi$  tiende a 1, y si las dos muestras no contienen ninguna especie en común, tiende a 0.



$$\sum \pi_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^s (n_{1,i})^2}{N_1^2}$$

$$\sum \pi_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^s (n_{2,i})^2}{N_2^2}$$

$$C_{\pi} = \frac{2 \sum_{i=1}^s n_{1,i} n_{2,i}}{(\sum \pi_1^2 + \sum \pi_2^2) N_1 N_2}$$

Donde: N1 y N2 son el número total de individuos en la muestra A y B,  $n_{1,i}$  y  $n_{2,i}$  es el número de individuos de la especie  $i$  en las dos muestras respectivamente y  $s$  representa el número total de especies a comparar.

#### 6.4.6. Relación de los grupos del zooplancton con variables del medio, y efecto de los contaminantes.

Para explorar la posible relación entre la abundancia de los grupos de zooplancton dominantes y los principales factores hidrológicos superficiales y de contaminación se efectuó la técnica de correlación, utilizando el coeficiente de Pearson (Sokal & Rohlf, 1981), y posteriormente se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), con ayuda del programa estadístico CANOCO Ver. 4.5 (Ter Braak, 1991). Esta técnica permite relacionar la composición de especies de una comunidad con su ambiente, provee una estructura general para la estimación y comprobación estadística de los efectos de las variables ambientales y otras variables exploratorias en comunidades biológicas extrayendo gradientes ambientales sintéticos del conjuntos de datos ecológicos, por lo que se puede visualizar de manera simultánea cómo un número de especies responden a factores externos como variables ambientales y/o contaminantes, usados tanto en estudios de campo como en laboratorios (Ter Braak & Verdonschot, 1995). Este último análisis también se empleó para explorar el posible efecto de los contaminantes sobre el zooplancton.

## VII. Resultados

### 7.1. Características oceanográficas del Sur del Golfo de México para otoño de 2009.

#### 7.1.1. Distribución de las características físico-químicas superficiales.

El análisis de los parámetros físico-químicos, temperatura, salinidad, densidad, pH, Oxígeno disponible, oxígeno saturado y turbidez, denotan una marcada zonación entre la zona de plataforma continental y la oceánica, los valores obtenidos para cada estación se enlistan en el ANEXO I.

##### 7.1.1.1. Distribución de la temperatura superficial

La temperatura superficial en el sur del Golfo de México registró una fluctuación de 27.9 a 30.5 °C con un valor promedio de  $28.8 \pm 0.4$  °C. Se observó un decremento de la temperatura en dirección noroeste sureste, siendo más intenso sobre la línea de costa, las lagunas costeras y zonas de descargas de ríos (Figura 3).

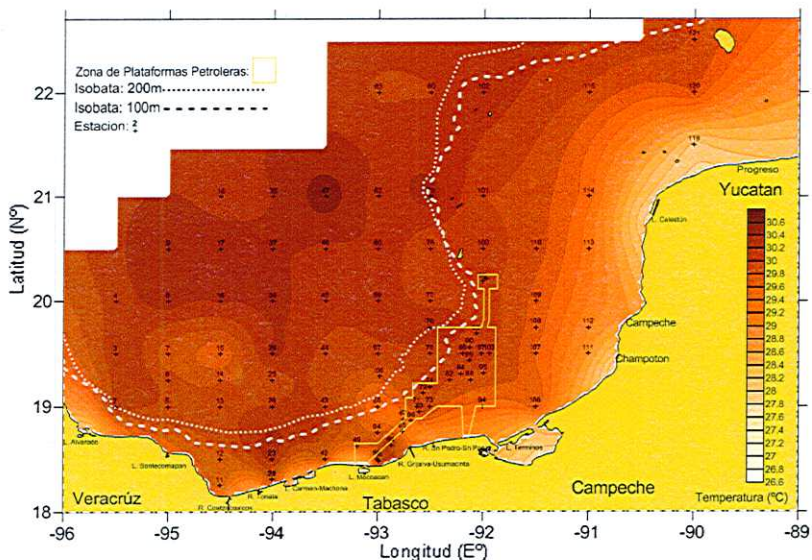


Fig. 3. Variación de la temperatura superficial (°C) en el Sur del Golfo de México para el Otoño de 2009.

### 7.1.1.2. Distribución de la salinidad

El valor medio de la salinidad superficial fue de  $35.68 \pm 1.2$  unidades potenciales de sal (ups) con una oscilación de 29.09 a 37.13 ups, presentó sus mayores valores en la zona oceánica descendiendo claramente hacia la región costera, sobretodo en las cercanías a la desembocadura de los ríos, principalmente en los Grijalva-Usumacinta y San Pedro-San Pablo los cuales muestran una fuerte intrusión de agua dulce hacia la zona oceánica a manera de una lengua (Figura 4).

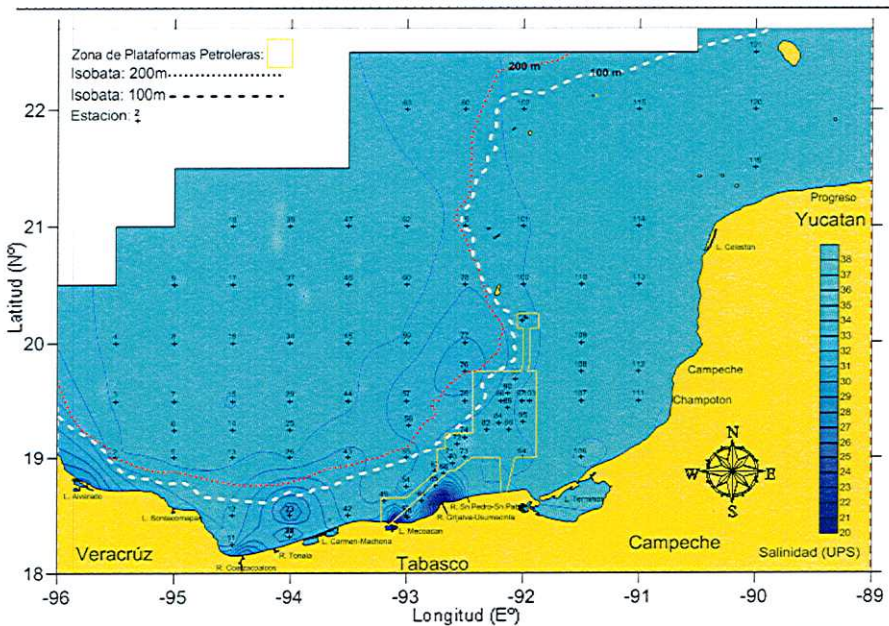


Fig. 4. Variación de la salinidad (ups) en el Sur del Golfo de México para el Otoño de 2009.

### 7.1.1.3. Distribución de la densidad

La densidad del agua presentó un promedio general de  $22.28 \pm 0.92$ , con una fluctuación de 17.13 a 23.58. El patrón de distribución espacial de esta variable fue similar al de la salinidad con valores menores hacia las estaciones cercanas a la desembocadura de los ríos, y de igual manera se presentó la intrusión de agua dulce a manera de lengua hacia la zona oceánica (Figura 5).

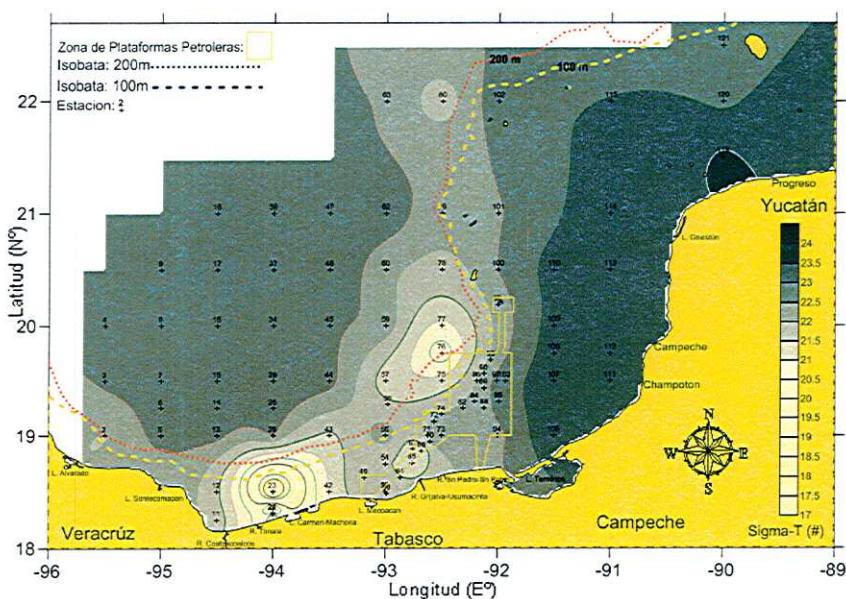


Fig. 5. Variación de la densidad del agua marina en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.



#### 7.1.1.4 Distribución del pH

El pH registró en un intervalo de 7.36 a 8.40, con un promedio de  $8.22 \pm 0.12$ . Aunque varió poco superficialmente, se observó un claro descenso de los valores en las estaciones cercanas a la costa frente a la laguna de Alvarado (Figura 6).

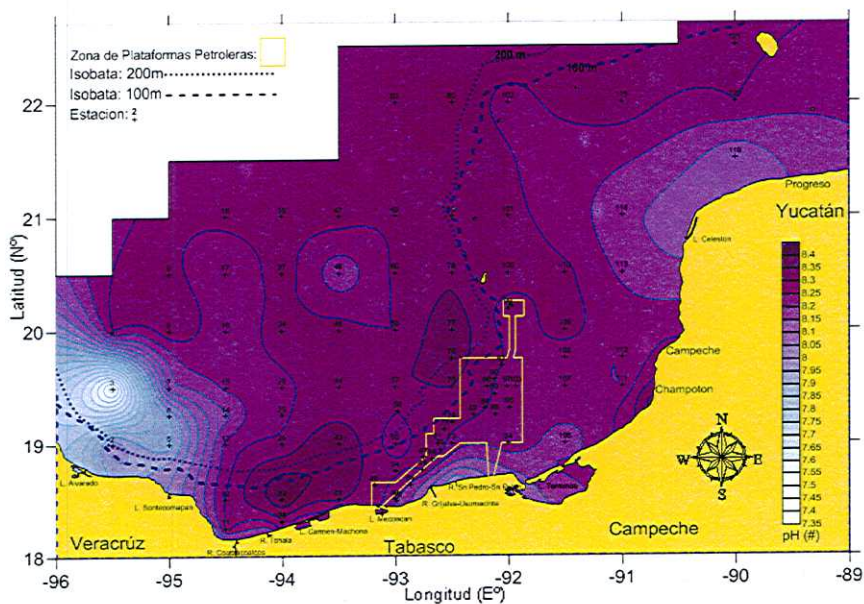


Fig. 6. Variación del pH superficial en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2019.

### 7.1.1.5 Distribución del oxígeno disuelto y saturado

La concentración superficial del oxígeno disuelto varió de 5.72 a 7.02 mg/L, con un promedio general de  $6.04 \pm 0.24$  mg/L, de la misma forma la saturación de oxígeno fluctuó de 87.30 a 109.60 %, siendo  $92.75 \pm 3.68$  % el valor promedio. Ambas muestran un patrón de distribución similar, mostrando los valores más altos en las estaciones cercanas a la costa frente a los ríos Grijalva-Usumacinta, San Pedro-San Pablo, Tonalá y la laguna del Carmen-Machona, los valores más bajos se registraron para la zona oceánica y en las cercanías de la ría Celestún (Figura 7).

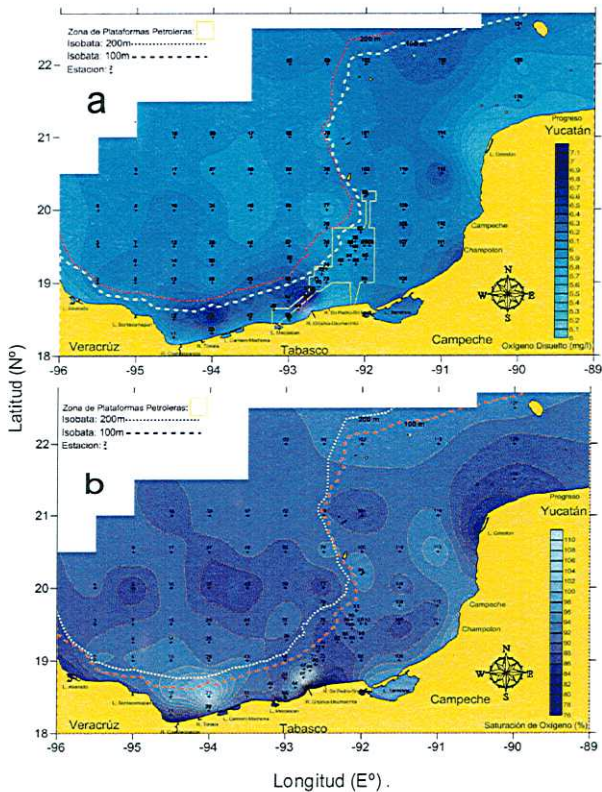


Fig. 7. Variación de: a. Oxígeno disuelto (mg/L) y b. Saturación de oxígeno (%), en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.

### 7.1.1.6 Distribución de la turbidez

En el área de estudio la turbidez superficial varió de 3.26 a 7.85 NTU, con un promedio de  $4.65 \pm 0.91$  NTU. Se observó un claro gradiente descendiente en la turbidez en dirección sureste-noroeste, es decir desde la costa hacia mar adentro, encontrándose los valores más altos en las estaciones cercanas a las principales lagunas costeras y la desembocadura de los ríos del sur del Golfo de México (Figura 8).

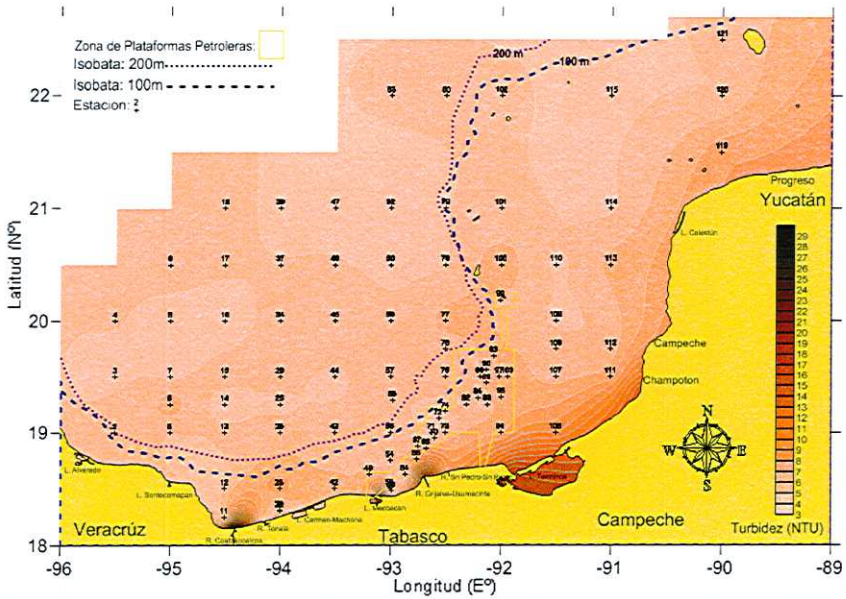


Fig. 8. Variación de la Turbidez (NTU) en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.

### 7.1.1.7 Corrientes y circulación marina

La Figura 11 muestra las características de las corrientes para los primeros 20 m de profundidad. El comportamiento de las corrientes medido durante la campaña oceanográfica muestra una persistente dirección hacia el N y NE en la mayor parte de la región de estudio. Corrientes hacia el sur solo se observan en las estaciones mas pegadas a la costa de Campeche.

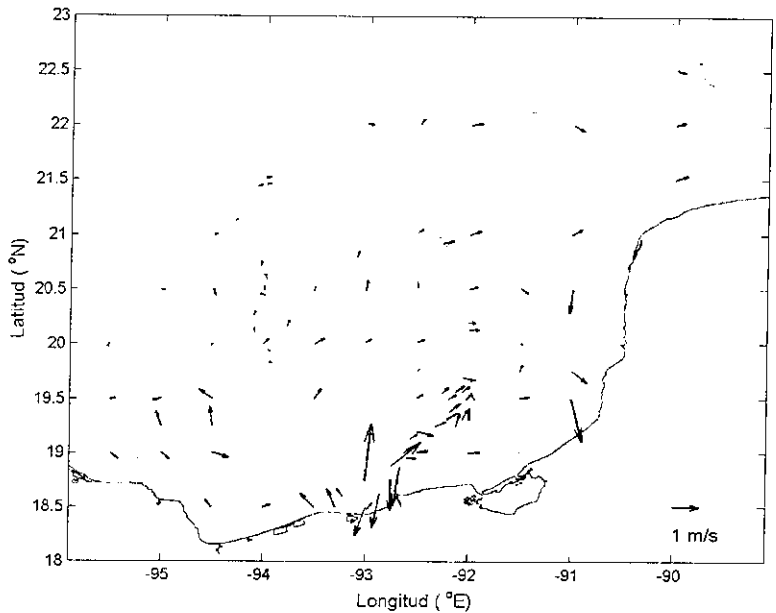


Figura 9. Variación espacial de las corrientes superficiales (20 m de profundidad) el las estaciones del campaña oceanográfica XCAMBO 4 (tomado de Ardisson-Herrera *et al.*, 2010).

Los resultados de circulación encontrados por la NOAA/AOML (2010) (Figura 12) obtenida a partir de una combinación de altimetría de satélite y modelación numérica la cual, para el día 14 de Septiembre 2009, muestra que las corrientes mantienen una



tendencia general de la circulación hacia el NE, desde el Río Papaloapan hasta la plataforma de la Bahía de Campeche.

SEP-14-2009

CoastWatch NOAA/AOML  
Altimeter/GTS Interface

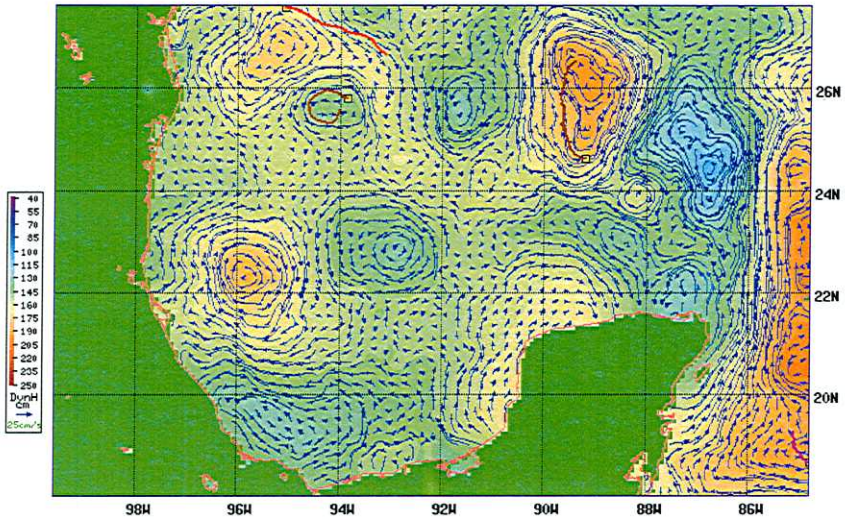


Fig. 10. Corrientes superficiales obtenidas con una combinación de altimetría y modelos numéricos (tomado de NOAA/AOML, 2010).

## 7.1.2 Distribución de la productividad planctónica superficial

### 7.1.2.1 Productividad primaria fitoplanctónica

La productividad primaria fitoplanctónica expresada a través de la concentración de la clorofila-*a*, mostró un valor promedio de  $0.365 \pm 0.5 \mu\text{gL}^{-1}$ , con una variación entre estaciones de 0.00 a  $4.62 \mu\text{gL}^{-1}$ . Las mayores concentraciones de clorofila-*a*, se presentaron en una pequeña área restringida hacia la desembocadura de los ríos Grijalva-Usumacinta, así como frente la desembocadura de la Laguna de Términos Campeche, en contraste, las menores concentraciones de clorofila-*a* abarcaron casi toda el área de estudio principalmente en la porción oceánica (Figura 9a).

A diferencia de la clorofila-*a*, la abundancia fitoplanctónica se distribuyó de manera heterogénea en toda el área de estudio, mostrando un valor promedio de  $2.17 \times 10^4 \text{ Cel/L} \pm 6.42 \times 10^4$  con una variación de  $8 \times 10^1$  a  $3.79 \times 10^5 \text{ Cel/L}$ . Se observaron tres núcleos de mayor abundancia, uno mayor orientado en dirección norte del área de estudio, sobre la plataforma continental entre cayo Arenas, bajo Nuevo y banco Inglés, un segundo núcleo de menor magnitud se registro frente a la desembocadura de los ríos Grijalva-Usumacinta y la laguna de Mecoacán, y un tercer núcleo mas pequeño ubicado sobre la zona oceánica hacia el oeste de la zona de exclusión de PEMEX (Figura 9b).

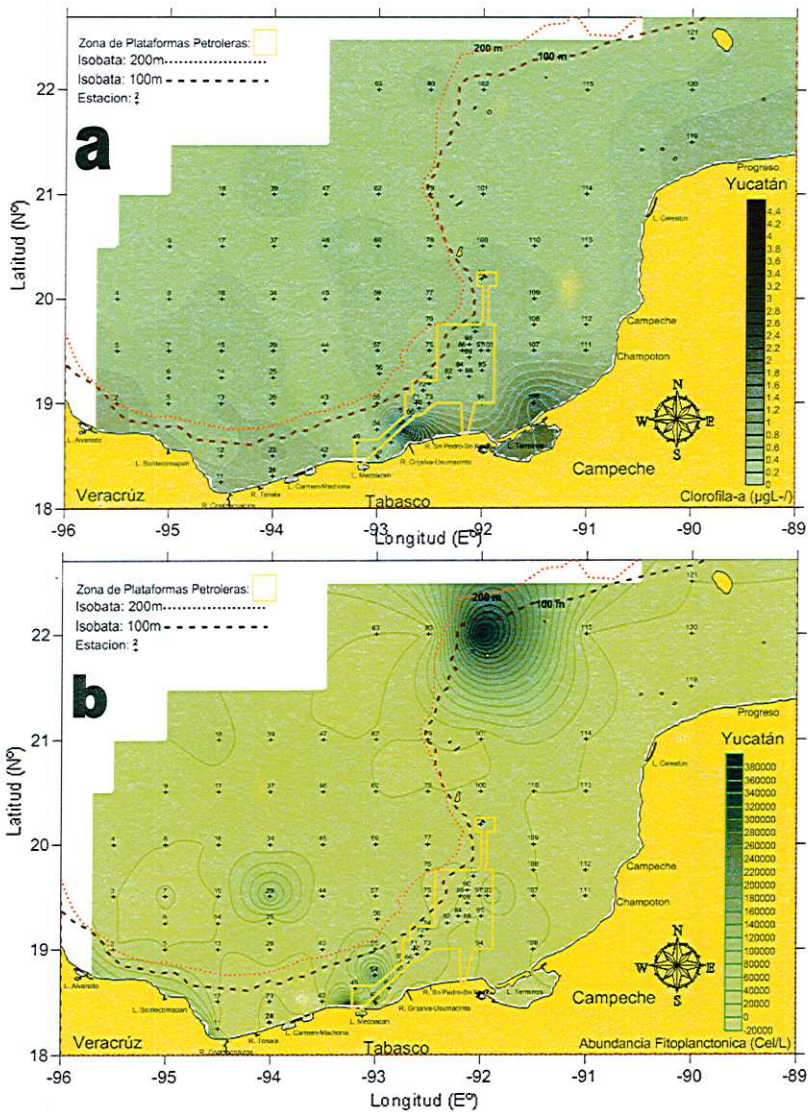


Fig. 11. Distribución de la clorofila-a (a) y abundancia fitoplanctónica (b) en el sur del Golfo de México para el otoño de 2009.



## 7.2. Zonación oceanográfica del área de estudio

De acuerdo con el análisis de clasificación jerárquica aplicado a los datos físico-químicos, se registraron tres grupos de estaciones a un corte de similitud del 96% con las estaciones 22, 23, 66, 67, 76 y 77 separadas (Figura 13).

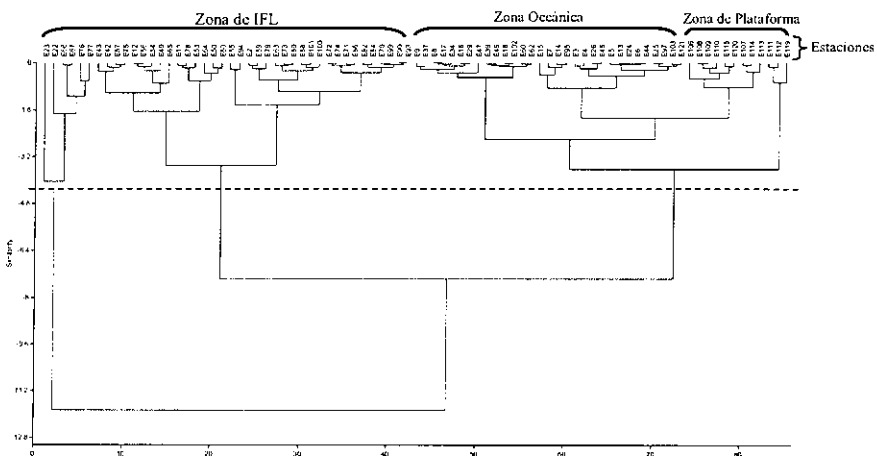


Fig. 13. Dendrograma de afinidad hidrológica entre estaciones de muestreo en el sur del Golfo de México (otoño 2009).

Los grupos de estaciones identificados en el área de estudio fueron denominados como: Zona de Influencia Fluvio-Lagunar (ZIFL) integrada por 43 estaciones, Zona de Plataforma (ZP) compuesta por 13 estaciones y la Zona Oceánica con 39 estaciones (Figura 14). La primera zona se caracterizó por presentar valores promedio en salinidad de 34.89 ups y una temperatura de 28.8°C, la segunda zona registró una salinidad media de 36.6 ups y temperatura de 29.2°C y finalmente la tercera zona registró una salinidad de 36.4 ups y una temperatura de 30.5°C en promedio (Tabla 1).



Tabla 1. Valores promedio de las variables abióticas superficiales ( $\pm$  desviación estándar) por zona. Sur del Golfo de México.

Variable	Zona					
	ZIFL (43 Est.)		ZP (13 Est.)		ZO (29 Est.)	
Temperatura (°C)	29.82	$\pm 0.30$	29.27	$\pm 0.5$	30.05	$\pm 0.24$
Salinidad (ups)	34.89	$\pm 1.28$	36.62	$\pm 0.2$	36.43	$\pm 0.24$
Densidad del agua	21.7	$\pm 0.96$	23.18	$\pm 0.19$	22.75	$\pm 0.17$
pH	8.26	$\pm 0.05$	8.22	$\pm 0.05$	8.18	$\pm 0.18$
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.11	$\pm 0.31$	6.05	$\pm 0.15$	5.96	$\pm 0.08$
Saturación de Oxígeno (%)	93.05	$\pm 4.65$	92.73	$\pm 2.89$	92.31	$\pm 2.08$
Turbidez (NTU)	4.88	$\pm 0.85$	4.85	$\pm 1.25$	4.24	$\pm 0.66$

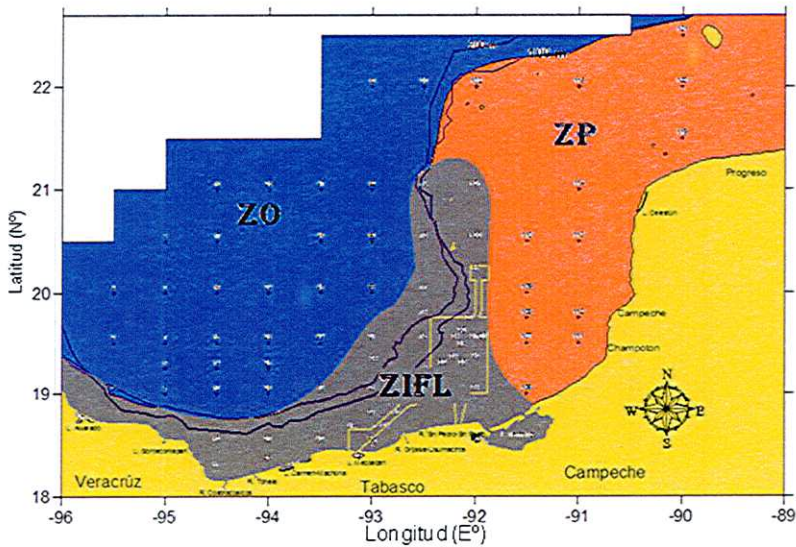


Fig.14 Zonas oceanográficas determinadas por los análisis de clasificación jerárquica. Sur del Golfo de México (Otoño, 2009): Zona de Influencia Fluvio-Lagunar (ZIFL), Zona de Plataforma (ZP) y Zona Oceánica.

Con la aplicación de un ANOVA de una vía ( $p < 0.05$ ) se obtuvieron diferencias significativas entre las tres zonas oceanográficas. Los datos hidrológicos y biológicos regionalizados en las tres zonas, Lagunar, Plataforma y Oceánica fueron agrupados en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen ANOVA entre zonas de las variables bióticas y abióticas.

Variable	Valor F	Probabilidad
Abióticos		
Temperatura (°C)	F85, 1=24.27	< 0.0001
Salinidad (ups)	F85, 1=31.34	<0.0001
Densidad del agua	F85, 1= 32.22	<0.0001
pH	F85, 1=3.87	0.0248
Oxígeno disuelto (mg/L)	F85, 1=3.39	0.0386
Saturación de Oxígeno (%)	F85, 1=0.35	0.709
Turbidez (NTU)	F85, 1=4.99	0.009
Bióticos		
Clorofila-a	F85, 1=1.85	0.1641
Clorofila Total	F85, 1=1.28	0.2843
Abundancia Fitoplanctónica	F85, 1=1.70	0.1894
Biomasa Zooplanctónica	F85, 1=10.92	0.0001
Abundancia Zooplanctónica	F85, 1=8.12	0.0006

### 7.3. Distribución espacial de las fracciones del petróleo en aguas superficiales del sur del Golfo de México en otoño de 2009.

#### 7.3.1 Distribución de los hidrocarburos de petróleo en su forma total (HCT)

Los hidrocarburos disueltos totales registraron un valor promedio de  $6.04 \pm 11.06 \mu\text{g/L}$ , con una variación de 0.00 a  $59.01 \mu\text{g/L}$ , entre estaciones de muestreo. Las mayores concentraciones de hidrocarburos totales se ubicaron al este del área de estudio, frente a las localidades de Campeche y Champotón, así como también hacia el norte, entre las estaciones 63, 70, 80 y 102 sobre las isobatas de 100 y 200m (Figura 15).

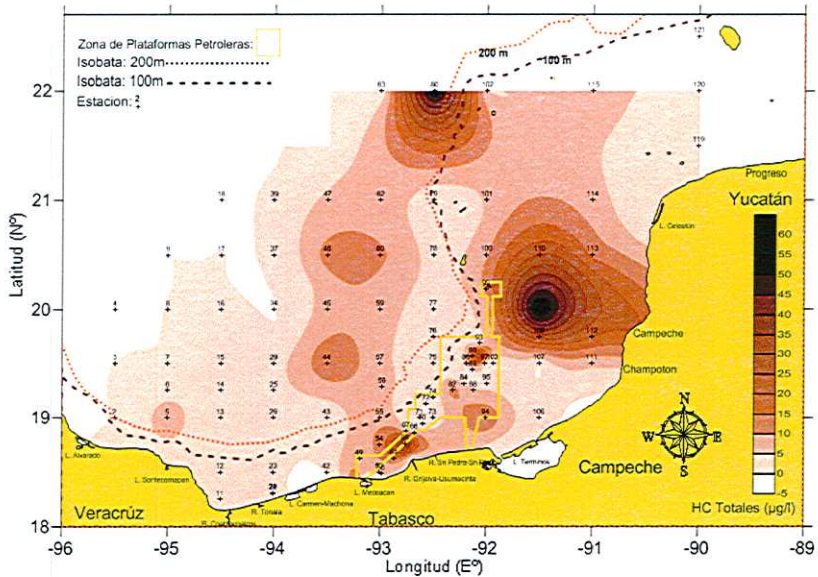


Fig. 15. Distribución superficial de hidrocarburos totales (HC Totales) en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.



### 7.3.2 Distribución de los alifáticos

Dentro de las fracciones disueltas más importantes del petróleo, los Alifáticos mostraron un valor promedio de  $1.49 \pm 2.96 \mu\text{g/L}$ , con valores no detectables en algunos sitios hasta los  $21.50 \mu\text{g/L}$ . Las mayores concentraciones se distribuyeron de igual manera que la de los hidrocarburos totales, frente a las localidades de Campeche y Champotón y hacia el norte del área de estudio (Figura16).

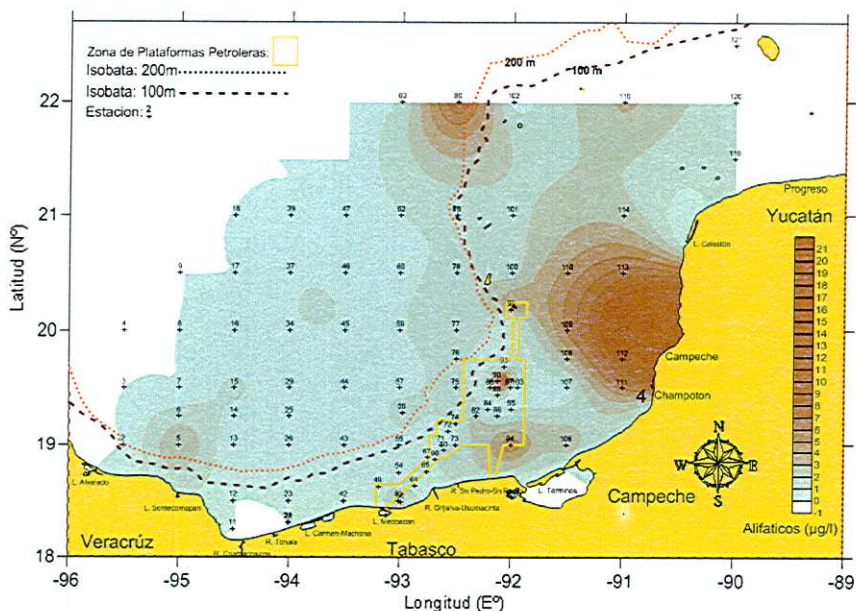


Fig. 16. Distribución superficial de hidrocarburos alifáticos en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.

### 7.3.3. Distribución de la mezcla no resuelta (UCM)

Con distribución similar a las fracciones anteriores la mezcla compleja de hidrocarburos no resuelta (UCM) registró un promedio de  $4.52 \pm 9.82 \mu\text{g/L}$ , con valores que fluctuaron de 0.00 a  $53.73 \mu\text{g/L}$ . Las mayores concentraciones se ubicaron hacia el este y el norte del área de estudio y en menor medida sobre la costa tabasqueña frente a las desembocaduras de los ríos Grijalva-Usumacinta y San Pedro, extendiéndose a manera de una lengua en dirección norte (Figura 17).

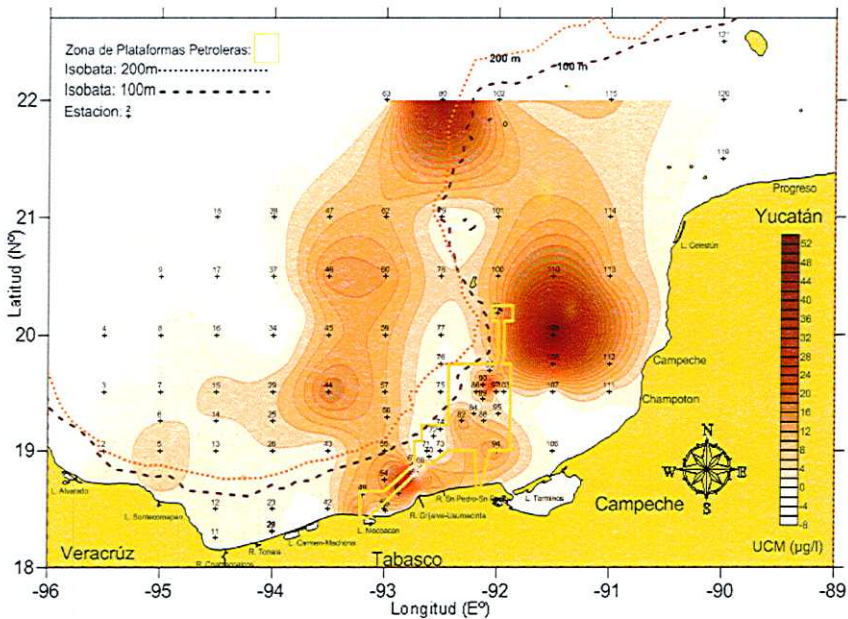


Fig. 17. Distribución superficial de la mezcla compleja de hidrocarburos no resuelta (UCM) en el Sur del Golfo de México para el Otoño de 2009.

### 7.3.4. Distribución de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's)

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos tuvieron un promedio general de  $0.30 \pm 0.30 \mu\text{g/l}$ , con una variación entre estaciones de valores no detectables hasta los  $0.11 \mu\text{g/l}$ , ubicando las mayores concentraciones de esta fracción del petróleo sobre la región suroeste del área de estudio, y en menor medida en la zona este sobre el banco de Campeche (Figura 18).

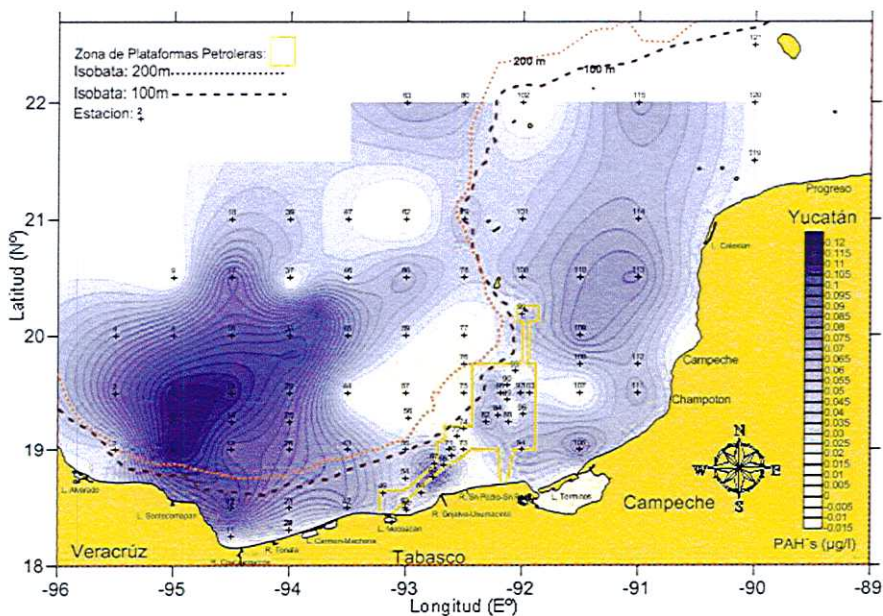


Fig. 18. Distribución superficial de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's). En el Sur del Golfo de México para el Otoño de 2009.

#### 7.4. Descriptores comunitarios del zooplancton marino del sur del Golfo de México en otoño de 2009

##### 7.4.1. Densidad y composición del zooplancton

De un total de 85 muestras se recolectaron un total de 1, 797,559 zoopláncteres que registró una densidad promedio de  $1.14 \times 10^5 \pm 6.44 \times 10^4$  org./100m<sup>3</sup> con una fluctuación de 79.15 a  $2.61 \times 10^5$  org./100m<sup>3</sup>. Las mayores densidades se localizaron a lo largo de la línea de costa e intensamente frente a los sistemas fluvial-lagunar del sur del Golfo de México, y las densidades más bajas se localizaron preferentemente en las estaciones de la zona oceánica, observándose de esa manera un gradiente descendiente de la costa hacia mar abierto en dirección sureste noroeste (Figura 19).

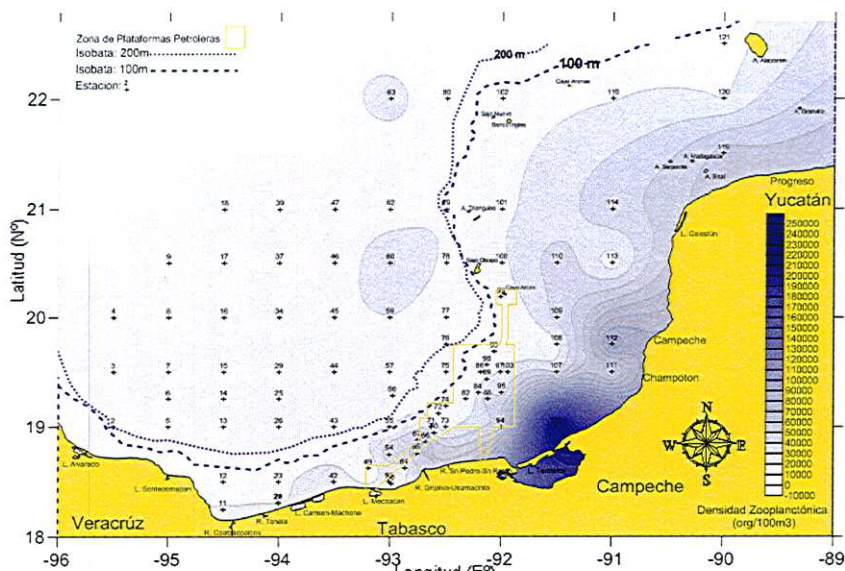


Fig. 19. Distribución de la densidad del zooplancton en el Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.



Se determinaron 37 grandes grupos de zooplancton (19 correspondientes al holoplancton y 18 al meroplancton) y la densidad zooplanctónica en el área de estudio, estuvo compuesta principalmente por huevos de pez (22.83%), cladóceros (20.12%) y copépodos (19.13%), quienes representaron el 62.0% del zooplancton recolectado. Otros grupos importantes fueron taliáceos (6.85%), sifonóforos (5.10%), sergéstidos (5.08%), los quetognatos (4.92%) (Figura 20).

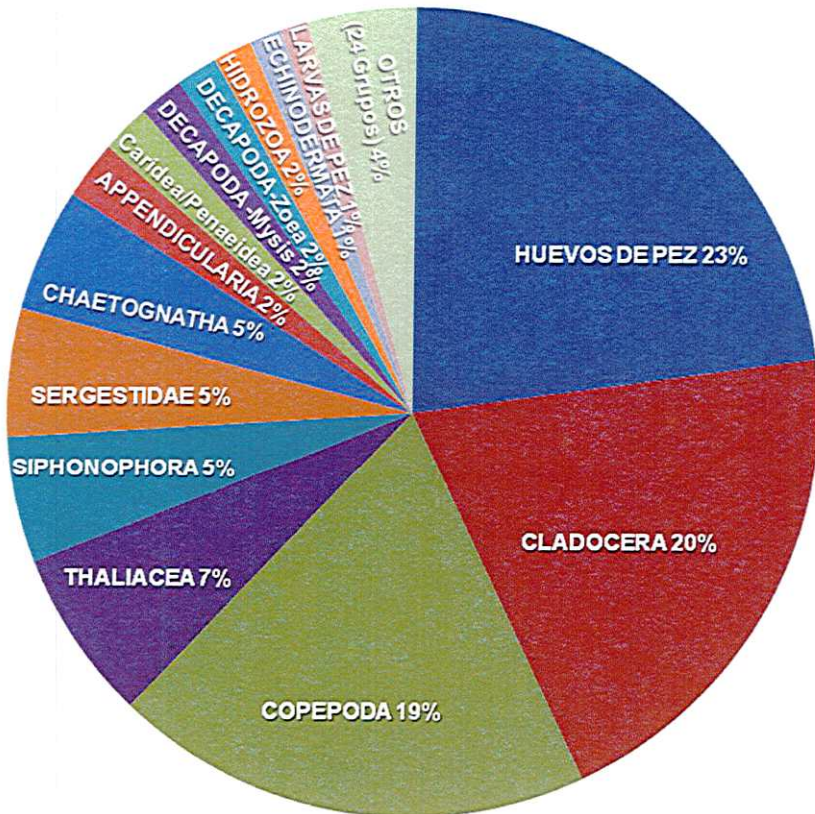


Figura 20. Composición de la densidad por los principales grupos del zooplancton en Sur del Golfo de México durante el otoño de 2009.

#### 7.4.2. Grupos dominantes del zooplancton

De acuerdo al Índice de Valor de Importancia (IVI), el grupo dominante en el periodo de estudio fue el de los Huevos de peces con el 13.95%. Otros grupos importantes fueron los copépodos (12.59%), cladóceros (10.33%), sifonóforos (5.37 %), quetognatos (5.22 %), taliáceos (5.20%), sergéstidos (5.08%), apendiculares (3.60%), zoeas (Decapoda) (3.23%), larvas de pez (3.22%) y la etapa de mysis (Decapoda) (2.90%), que en conjunto con el grupo dominante comprendieron el 70.73 % del valor total (Figura 21).

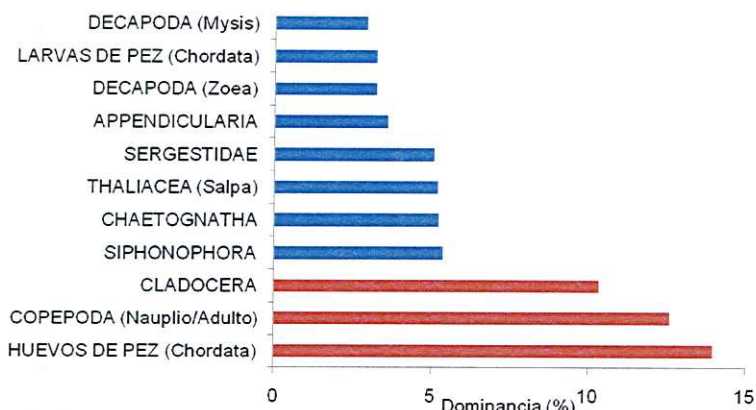


Figura 21. Dominancia de los principales grupos del zooplancton a través del IVI. Sur del Golfo de México para el otoño de 2009.

### 7.4.3. Descriptores comunitarios del zooplancton por zona oceanográfica

Se estimaron los valores de los descriptores comunitarios para cada una de las zonas obtenidas anteriormente por medio de la clasificación jerárquica aplicada a los datos físico-químicos, obteniéndose así para cada una de ellas la abundancia zooplanctónica y sus densidades promedio, la riqueza, diversidad y equidad (Tabla 3), así como también la estimación de la dominancia de los grupos del zooplancton de cada zona por medio del Índice de Valor de Importancia (IVI).

Tabla 3. Resumen de los valores de los descriptores comunitarios para cada zona

Descriptor/Zona	ZIFL	ZO	ZP
Abundancia (No. org)	861310	225234	711015
Densidad (org/100m <sup>3</sup> )	475333.9	122459.9	546448.4
Riqueza (No. gpos)	35	34	30
Diversidad (bits/ind.)	3.3	3.1	2.9
Equidad	0.6	0.6	0.5

#### 7.4.3.1. Zooplancton de la zona de Influencia fluvio-lagunar (ZIFL)

La Zona de Influencia Fluvio-Lagunar, presentó una densidad zooplanctónica de 475,333.9 org/100m<sup>3</sup> con una riqueza de 35 taxas, una diversidad de 3.36 bits/ind. y una equidad de 0.65. Los grupos más abundantes fueron los huevos de pez y copépodos conformando el 50% de la abundancia total, otros grupos abundantes fueron los sergéstidos, cladóceros, quetognatos y sifonóforos, que conforman el 27%, y en menor medida el grupo de los decápodos (zoea y mysis de carideos/penaideos) 9%, apendiculares 3%, larvas de pez 2%, hidrozoarios 1%, el 8% restante de la abundancia zooplanctónica para la ZIFL lo comprenden otros 22 grupos (Figura 22).

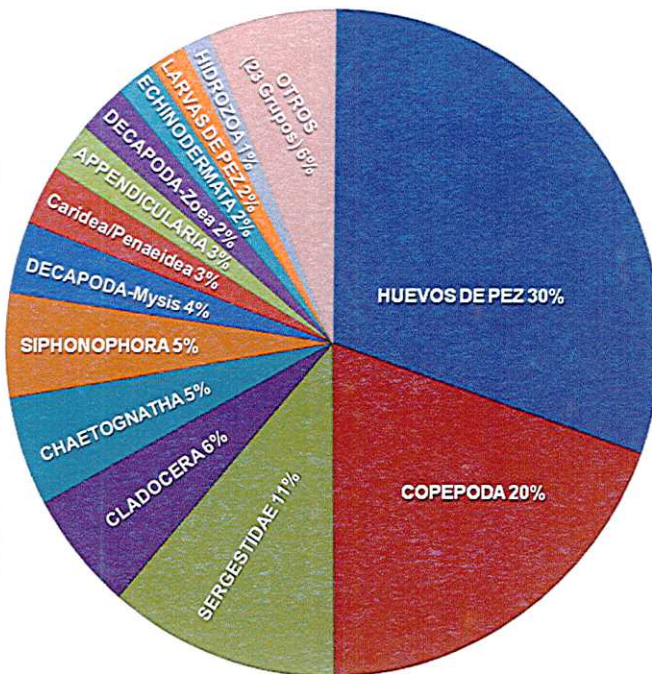


Fig. 22. Distribución de la abundancia de los grupos del zooplancton para la ZIFL. Otoño 2009.



De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), para la ZIFL los principales grupos dominantes en orden descendente fueron los huevos de pez (17.2 %), copépoda (12.23%), sergéstidos (7.93%), quetognatos (5.11%), cladóceros (5.01%), sifonóforos (4.89%), mysis de decápodos (3.81%), zoeas de decápodos (3.59%), apendiculares (3.49%) y larvas de peces (3.41%) (Figura 23).

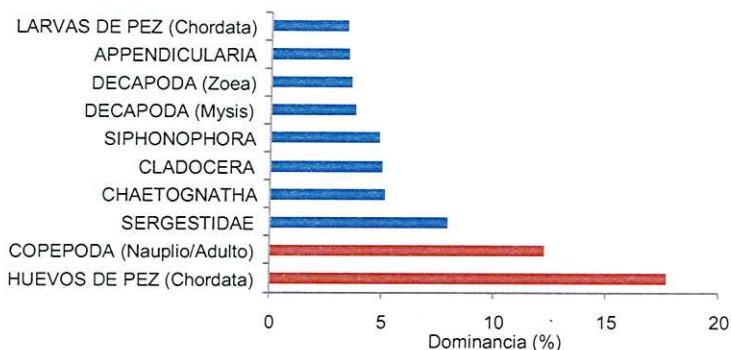


Fig. 23. Principales grupos del zooplancton dominantes a través del IVI de de la ZIFL.

#### 7.4.3.2. Zooplancton de la zona de plataforma continental (ZP)

Para la Zona de Plataforma, se obtuvo una densidad de 546,448.42 org/100m<sup>3</sup>, una riqueza de 30 taxas, una diversidad de 3.9 bits/ind. y una equidad de 0.59. Los grupos mas abundantes fueron los huevos de pez y cladóceros conformando el 54% de la abundancia total, otros grupos abundantes fueron los taliáceos y copépodos, que conforman el 27%, y en menor medida el grupo de los sifonóforos (5%), quetognatos (3%), hidrozooos (2%), apendiculares (2%) y decápodos (zoea) (1%), el 6% restante de la abundancia zooplanctónica para la ZIFL lo comprenden otros 21 grupos (Figura. 24).

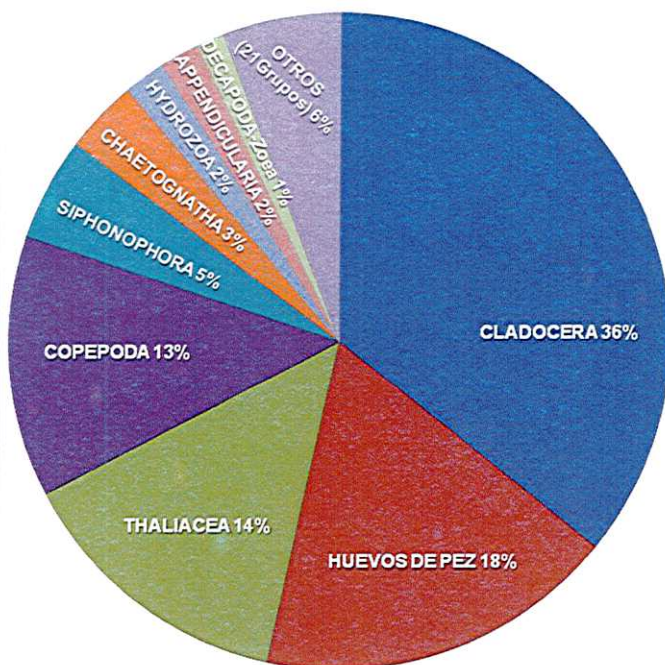


Fig. 24. Distribución de la abundancia (abundancia de los grupos del zooplancton para la ZP, otoño de 2009).

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia, para la ZP los principales grupos dominantes en orden descendente fueron los cladóceros (19.6%), huevo de peces (11.29), taliáceos (9.20), copépodos (8.95), sifonóforos (4.6%), quetognatos (4.28), apendiculares (3.26), decápodos (zoea) (3.49), hidrozooarios (3.1) y larvas de peces (2.36) (Figura 25).

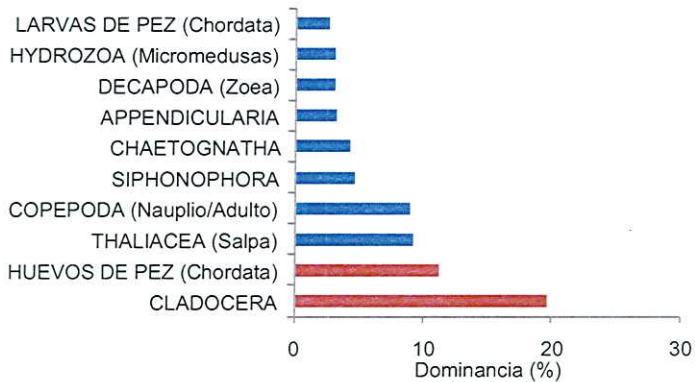


Fig. 25. Principales grupos del zooplancton dominantes a través del IVI (%) para la ZP. Otoño de 2009.

#### 7.4.3.3. Zooplancton de la zona oceánica (ZO)

Finalmente para la Zona Oceánica se obtuvo una densidad de 122,459.9 org/100m<sup>3</sup>, una riqueza de 34 taxas, una diversidad de 3.15 bits/ind y una equidad de 0.61. Los grupos mas abundantes fueron copépodos conformando el 43% de la abundancia total, otros grupos abundantes fueron los sifonóforos, quetognatos, huevos de pez y equinodermos, que conforman el 29%, y en menor medida el grupo de los heterópodos (3%), sergéstidos (3%), apendiculares (3%), decápodos (carideos/penaideos) (2%), cladóceros (2%), larvas de pez (2%) y gasterópodos (1%), el 5% restante de la abundancia zooplanctónica para la ZIFL lo comprenden otros 15 grupos (Figura 26).

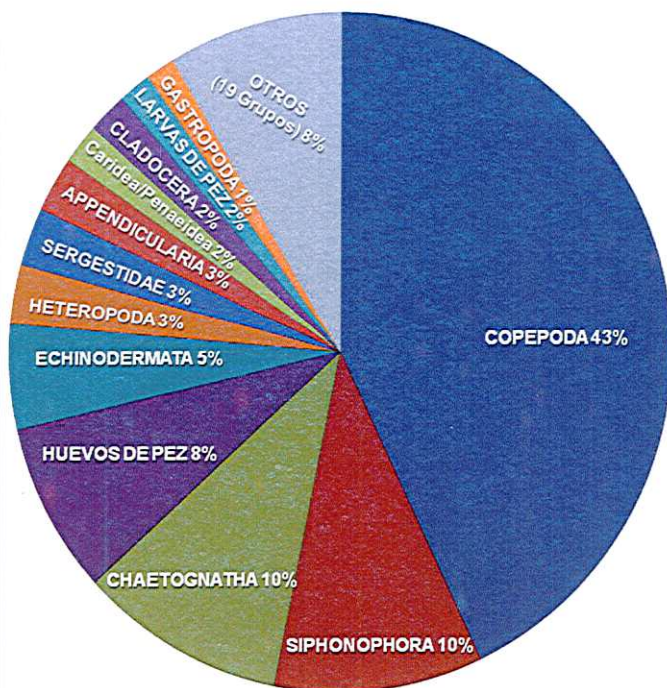


Fig. 26. Distribución de la abundancia de los grupos del zooplancton para la ZO, otoño de 2009.

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia, para la ZO los principales grupos dominantes en orden descendente fueron los copépodos (24.47%), sifonóforos (8.07%), quetognatos (7.92%), huevos de peces (7.05%), equinodermos (4.80%), apendiculares (4.19 %), heterópodos (4.01 %), larvas de peces (3.69 %), gasterópodos (3.18 %) y sergéstidos (3.12%) (Figura 27).

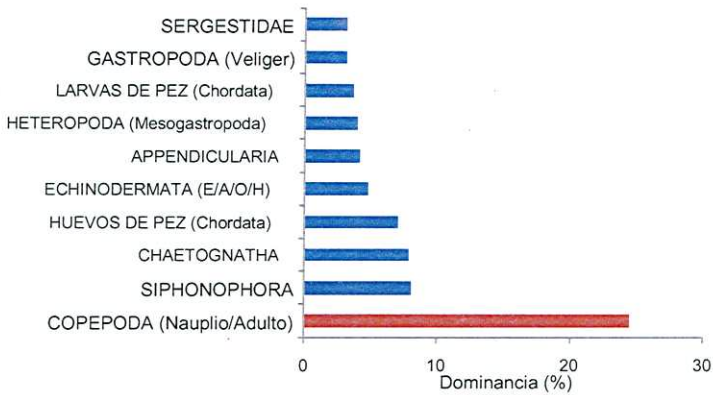


Fig. 27. Principales grupos dominantes del zooplancton a través del IVI de la ZO. Otoño de 2009.

#### 7.4.3.4. Similitud entre los ensamblajes del zooplancton de cada zona oceanográfica

La zonación oceanográfica presupone la existencia de distintos ensamblajes. Mediante la aplicación del Índice de Jaccard y Sorensen, la zonación establecida determinó que la composición del ensamble del zooplancton entre las tres zonas es similar (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de similitud entre ensamblajes de acuerdo a los Índices de Jaccard y Sorensen

Índice/Zonas	IFL-ZP	IFL-ZO	ZP-ZO
Jaccard	0.857	0.816	0.778
Sorensen	0.923	0.899	0.875

Asimismo, cuando se tomó en cuenta la abundancia de las especies en cada una de las zonas a través del Índice de Morisita, se obtuvieron valores que indicaron diferencias significativas ( $P < 0.05\%$ ) entre los diferentes ensamblajes en el sur del Golfo de México (Tabla 5), el mismo resultado se encontró a través del índice de Kimoto, lo que corrobora el resultado encontrado.

Tabla 5. Valores del Índice de Morisita entre ensamblajes.

Índice/Zonas	IFL-ZP	IFL -ZO	ZP-ZO
Morisita	0.606	0.675	0.421
Kimoto	0.606	0.675	0.421

## 7.5. Relación de los grupos dominantes del zooplancton y las variables ambientales del sur del Golfo de México en otoño de 2009

### 7.5.1. Análisis de Correlación de Pearson

El análisis de correlación múltiple a través del coeficiente de Pearson aplicado a la matriz de abundancia espacial de los grupos dominantes del zooplancton y las variables ambientales superficiales, indicó la existencia de relaciones significativas o altamente significativas  $p < 0.05\%$ , entre diferentes grupos del zooplancton y diversas variables ambientales. Así tenemos que, para la ZIFL, el grupo de los quetognatos mantuvo una fuerte correlación prácticamente con todas las variables ambientales, seguido de los copépodos y las apendiculares (Tabla 6).

Tabla 6. Coeficientes de correlación del análisis de Pearson entre los principales grupos del zooplancton y las variables ambientales en la ZIFL.

ZIFL	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Densidad (Sigma-T)	pH (#)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Saturación Oxígeno (%)	Turbidez (NTU)	Cl-a ( $\mu\text{g/L}^2$ )	CLT ( $\mu\text{g/L}^2$ )	Abundancia Fitoplancton (Cell/L)
HUEVOS DE PEZ	0.01	0.87	0.74	0.19	0.03	0.59	0.01	0.03	0.04	0.75
COPEPODA	0.95	0.6	0.63	0.36	0.88	0.33	0.51	0.07	0.22	0.69
SERGESTIDAE	0.06	0.02	0.03	0.92	0.01	0.18	0.03	0.07	0.06	0.01
CHAETOGNATHA	0.92	0.69	0.67	0.56	0.89	0.91	0.78	0.75	0.79	0.52
CLADOCERA	0.08	0.63	0.85	0.41	0.05	0.11	0.24	7.80E-06	4.20E-04	0.49
SIPHONOPHORA	3.70E-03	0.01	0.07	0.1	0.01	0.39	0.01	0.02	0.01	0.09
DECAPODA (Mysis)	0.05	0.06	0.11	0.81	0.03	0.16	0.15	0.02	0.02	0.05
DECAPODA (Zoea)	0.36	0.2	0.22	0.77	0.82	0.79	0.34	0.23	0.32	0.7
APPENDICULARIA	0.67	0.82	0.89	0.26	0.58	0.73	0.64	0.01	0.03	0.27
LARVAS DE PEZ	0.2	0.18	0.19	0.92	0.39	0.54	0.2	0.03	0.04	0.25

En cuanto la ZP, las larvas de los peces mantuvieron una importante relación casi con todas las variables del ambiente, seguido de los quetognatos y sifonóforos (Tabla 7).

Tabla 7. Coeficientes de correlación del análisis de Pearson entre los principales grupos del zooplancton y las variables ambientales en la ZP.

ZP	Temperatura (°C)	Salinidad Ups	Densidad (Sigma-T)	pH (#)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Saturación de Oxígeno (%)	Turbidez NTU	Cl-a (µg/L <sup>3</sup> )	CL (µg/L <sup>3</sup> )	Abundancia Fitoplanctónica (Cell)
SIPHONOPHORA	1	0.86	0.94	0.22	0.34	0.06	0.02	0.37	0.77	0.51
LARVAS DE PEZ	0.41	0.82	0.29	0.13	0.93	0.75	0.49	0.99	0.64	0.67
CHAETOGNATHA	0.15	0.27	0.7	0.06	0.75	0.77	0.19	0.62	0.79	0.03
APPENDICULARIA	0.3	0.05	0.81	0.74	0.7	0.42	0.05	0.04	0.1	0.86
CLADÓCERA	0.19	0.05	5.50E-04	0.15	0.23	0.12	0.03	0.02	0.07	0.98
COPEPODA	0.69	0.68	0.51	0.45	0.34	0.01	0.52	0.61	0.86	0.48
DECAPODA (ZOEAE)	0.92	0.23	0.4	0.92	0.38	0.32	0.39	0.11	0.22	0.87
HYDROZOA	0.25	0.15	0.92	0.18	0.15	0.06	0.54	0.29	0.33	0.3
THALIACEA	0.44	0.24	0.06	0.1	0.04	0.18	0.27	0.13	0.15	0.4
HUEVOS DE PEZ	0.04	0.48	0.01	0.02	0.39	0.49	0.04	0.09	0.62	0.75

Finalmente, para la ZO, el grupo de los copépodos fue el que mantuvo un mayor número de correlaciones con las variables ambientales, seguido de los apendiculares y heterópodos (Tabla 8).

Tabla 8. Coeficientes de correlación del análisis de Pearson entre los principales grupos del zooplancton y las variables ambientales en la ZO.

ZO	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Densidad (Sigma-T)	pH (#)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Saturación Oxígeno (%)	Turbidez (NTU)	Cl-a (µg/L <sup>3</sup> )	CLT (µg/L <sup>3</sup> )	Abundancia Fitoplanctónica (Cell/L)
CHAETOGNATHA	0.43	0.17	0.04	0.97	0.96	0.92	0.44	0.35	0.15	0.34
ECHINODERMATA	0.6	0.69	0.14	0.13	0.21	0.92	0.18	0.71	0.61	0.21
SIPHONOPHORA	0.05	0.09	0.15	0.92	0.95	0.18	0.06	0.94	0.7	0.34
HUEVOS DE PEZ	0.05	0.09	0.04	0.49	0.24	0.7	0.64	0.14	1.60E-03	0.11
LARVAS DE PEZ	1.00E-03	8.40E-04	0.06	0.85	0.65	0.24	0.01	0.73	0.25	0.26
COPEPODA	0.41	0.93	0.02	0.5	0.8	0.1	0.65	0.82	0.67	0.56
HETERÓPODA	0.55	0.7	0.93	0.68	0.38	0.09	0.08	0.81	0.37	0.07
APPENDICULARIA	0.26	0.07	0.39	0.94	0.45	0.19	0.56	0.91	0.92	0.74
GASTROPODA	0.04	0.13	0.77	0.55	0.08	0.74	0.32	0.53	0.5	0.8
SERGESTIDAE	0.54	0.7	0.26	0.76	0.6	0.16	0.01	0.71	0.51	0.18



### 7.5.2 Análisis de correspondencia canónica (ACC)

El ACC entre los grupos dominantes del zooplancton contra las variables ambientales, presentó un valor de 84.6% de varianza explicada acumulada entre los componentes I y el II, lo que indicó que la relación es alta, explicando mejor la variación de los datos (Figura 28).

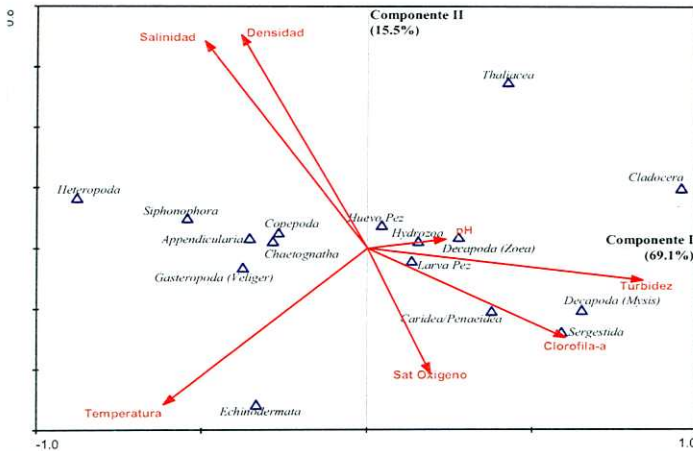


Fig. 28. ACC entre variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton, en el área de estudio.

El gráfico generado a través del ACC (Figura 26), denotó una clara relación por parte de las larvas de decápodos (zoeas y mysis de Caridea/Penaeidea) y sergéstidos con las variables como la Clorofila-a y la Turbidez y en menor medida con la saturación de oxígeno saturado, de manera positiva, no siendo así para sifonóforos, apendiculares, copépodos, quetognatos, heterópodos y larvas véliger de gasterópodos, que mostraron mayor relación hacia zonas de mayor salinidad, aguas menos turbias. En tanto que para los huevos como para las larvas de peces, denotó una relación neutral prácticamente con todas las variables medidas. Para el caso de las larvas de equinodermos, éstas mostraron mayor relación hacia aguas más cálidas y mayormente oxigenadas y con un menor pH, caso contrario para los taliáceos; finalmente los cladóceros mostraron fuerte afinidad hacia zonas de alta concentración de Clorofila-a aguas más turbias y con una menor salinidad y mayor pH.

### 7.5.3. ACC por zona oceanográfica entre las variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton

Al realizar el ACC entre las principales variables físicas (temperatura, salinidad, densidad, y turbidez), químicas (oxígeno saturado y pH) y biológicas (Clorofila-a) del medio, con la abundancia de los grupos del zooplancton dominantes de cada zona, se encontró una varianza explicada acumulada entre el componente I (variables ambientales y biológicas) y el componente II (grupos dominantes) del 80.8% para la ZIFL, 65.1% para la ZP y 76.8% para la ZO.

#### 7.5.3.1. Relación de las variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton de la zona de influencia fluvio-lagunar

Para la ZIFL, la Figura 29 muestra una clara relación entre el pH del agua y las larvas de los peces así como las zoeas de decápodos. La turbidez con mysis de decápodos, los copépodos, quetognatos y sifonóforos con la temperatura, los cladóceros y apendiculares con la clorofila-a y la saturación de oxígeno, y los huevos de pez tanto en la salinidad y la densidad como en la concentración de clorofila-a y la saturación de oxígeno.

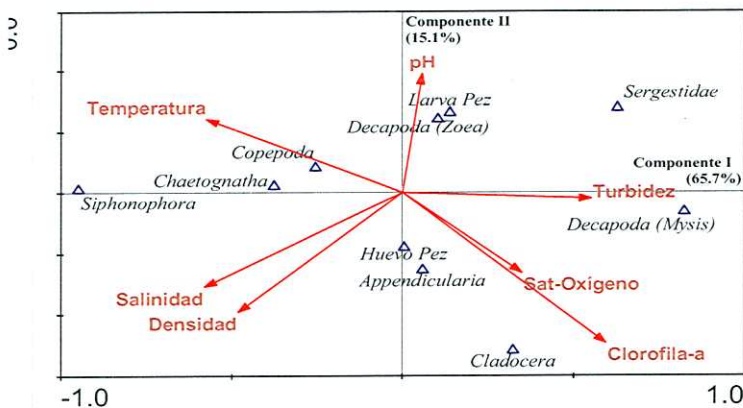


Fig. 29. ACC de la ZIFL entre variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton.

### 7.5.3.2. Relación de las variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton de la zona de plataforma continental

En la ZP, la Figura 30 muestra una clara relación entre los cladóceros y los carideos/penaeideos con la salinidad, densidad, clorofila-a y turbidez. La saturación de oxígeno se relacionó más con los copépodos, quetognatos, huevos y larvas de peces. Las apendiculares y los sifonóforos con la temperatura y el pH, y los hidrozorios y los taliáceos tanto con la densidad como con el pH.

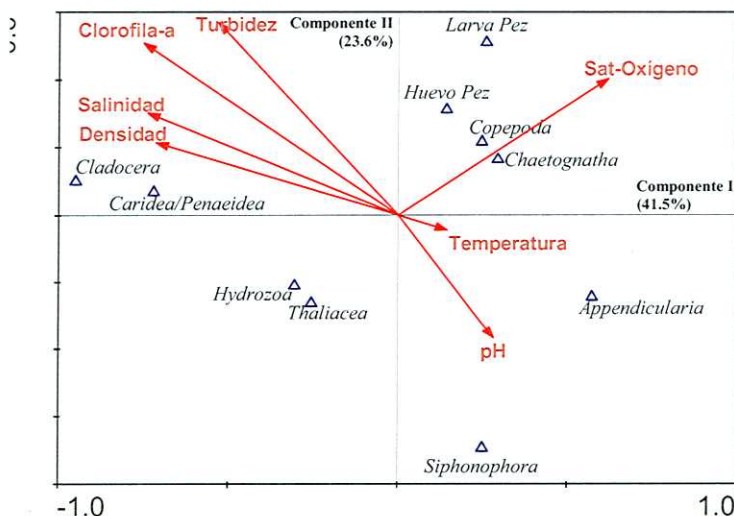


Fig. 30. ACC de la ZP entre variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton.

### 7.5.3.3. Relación de las variables ambientales y los grupos dominantes del zooplancton de la zona oceánica

Finalmente, para la ZO, la Figura 31 muestra que el grupo de los quetognatos tiene relación con todas las variables y de manera similar los copépodos, una clara relación entre el pH del agua y las larvas de los peces así como las zoeas de decápodos. La turbidez con mysis de decápodos, copépodos, apendiculares, sifonóforos y huevos de pez, aunque este último presenta mayor relación con la turbidez y la saturación de oxígeno, igual que los huevos de pez y las larvas véliger de los gasterópodos. Las larvas de los equinodermos presentan mayor relación con la densidad y los heterópodos además de mostrar cierta relación con la densidad también se relacionan más con la temperatura y la salinidad. Finalmente los sergestidos tienden a relacionarse más con el pH, que con el resto de las variables.

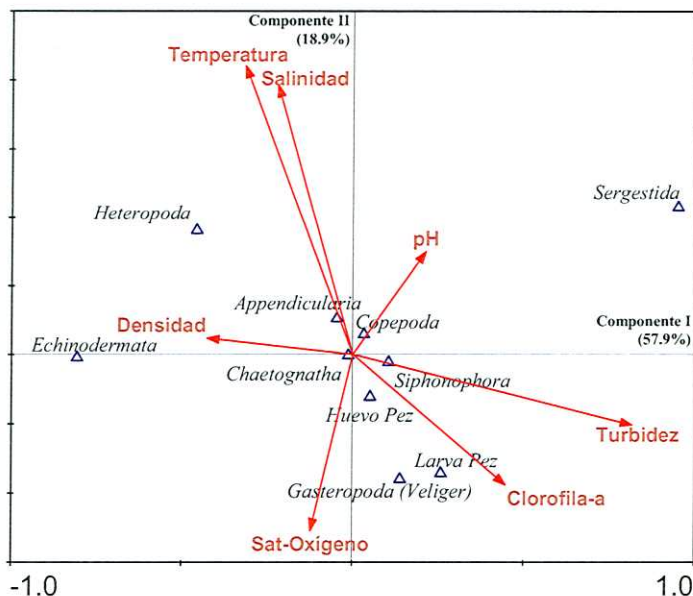


Fig. 31. ACC de la ZO entre variables ambientales y grupos dominantes del zooplancton

7.6. Efecto de las fracciones de petróleo (HCT, Alifáticos, PAH'S, UCM) sobre el zooplancton del sur del Golfo de México para otoño de 2009.

El ACC (Fig. 32) entre los contaminantes medidos del área de estudio con los grupos dominantes del zooplancton del área de estudio muestran claramente la relación negativa que presenta con los decápodos (mysis, Caridea/Penaeidea) y sergéstidos, y en menor medida pero de igual manera significativa con las larvas de los peces, sifonóforos, y zoeas de decápodos. De manera contraria los alifáticos, la UCM y los HC Totales mostraron cierta relación positiva con las larvas véliger de gasterópodos, copépodos, quetognata y huevos de pez, de la misma forma los heterópodos y un poco menos las larvas de los equinodermos con los PAH's.

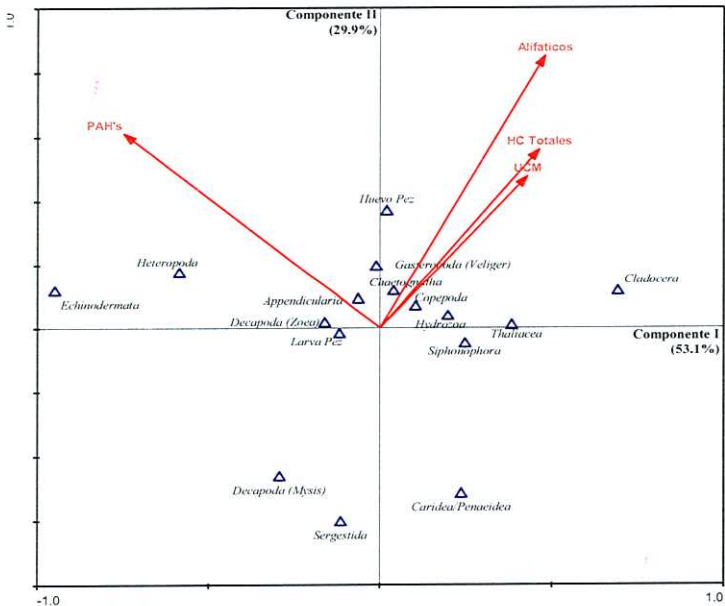


Fig. 32. ACC entre contaminantes y grupos dominantes del zooplancton, del área de estudio.



### 7.6.1. Análisis de correspondencia canónica (ACC) por zona oceanográfica entre las fracciones de petróleo y los grupos dominantes del zooplancton.

Al realizar el ACC entre los contaminantes (Alifáticos, UCM, PAH's e Hidrocarburos Totales), con la abundancia de los grupos del zooplancton dominantes de cada zona, se encontró una varianza explicada acumulada entre el componente I (contaminantes) y el componente II (grupos dominantes) del 94.2% para la ZIFL, 97.4% para la ZPC y 95.8% para la ZO.

#### 7.6.1.1. ACC entre las fracciones de petróleo y los grupos dominantes del zooplancton de la ZIFL

Para la ZIFL el ACC (Fig. 33) se observó una fuerte relación negativa entre las larvas zoeas de decápodos y los contaminantes, de igual manera pero en menor medida se encontró esta relación entre las larvas de los peces, y los sergéstidos. Las larvas mysis de decápodos mostraron relación negativa con los alifáticos, y de manera positiva con los PAH's, y de manera viceversa los copépodos, quetognatos, sifonóforos presentaron cierta relación positiva con los alifáticos y negativa con los PAH's. Los cladóceros, las apendiculares y huevos de pez mantuvieron relación positiva prácticamente con todos los contaminantes, pero en mayor medida con los HC Totales y la UCM.

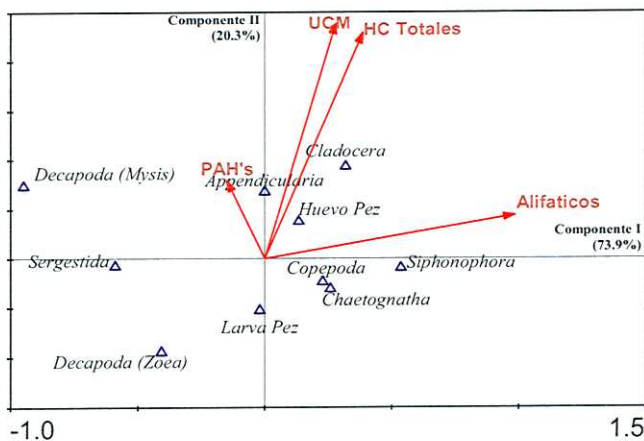


Fig. 33. ACC de la ZIFL entre contaminantes y los grupos dominantes del zooplancton.

### 7.6.1.2. ACC entre las fracciones del petróleo y los grupos dominantes del zooplancton de la ZP

En la ZPC, el ACC (Figura 34) muestra una clara relación positiva entre las larvas y huevos de pez, los copépodos y quetognatos con los alifáticos, y de la misma manera una relación negativa con los HC Totales y UCM. Por otro lado los sifonóforos mostraron relación positiva con los HC Totales y UCM, y totalmente negativa con los alifáticos y PAH's. El resto de los grupos no mantuvieron una relación muy clara con alguno de los contaminantes a excepción de los taliáceos de hidrozoarios que mostraron una ligera relación negativa hacia los alifáticos.

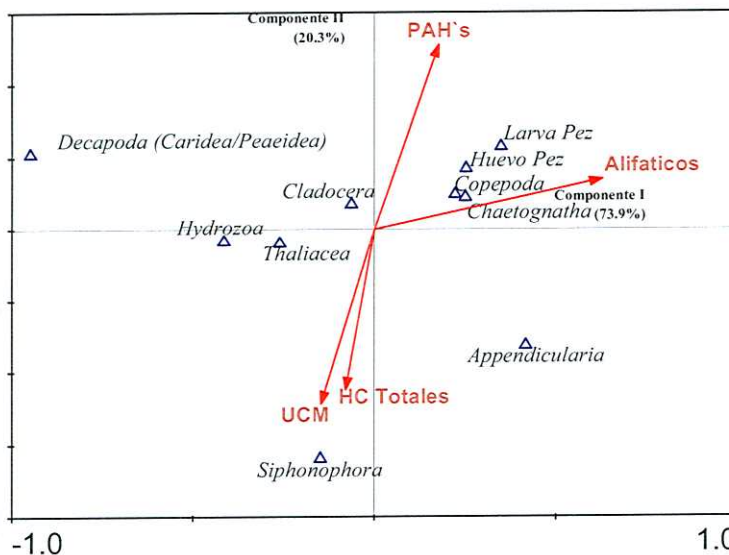


Fig. 34. ACC de la ZPC entre contaminantes y los grupos dominantes del zooplancton.

7.6.1.3. ACC entre las fracciones de petróleo y los grupos dominantes del zooplancton de la ZO

Finalmente, para la ZO, (Figura 35) las larvas de los equinodermos y de peces mostraron cierta relación con los PAH's, las apendiculares, las larvas véliger de gasterópodos y los huevos de pez con los alifáticos, y en menor medida los sergéstidos, copépodos, quetognatos y sifonóforos tuvo cierta afinidad hacia HC totales y la UCM, y de manera negativa con los PAH's.

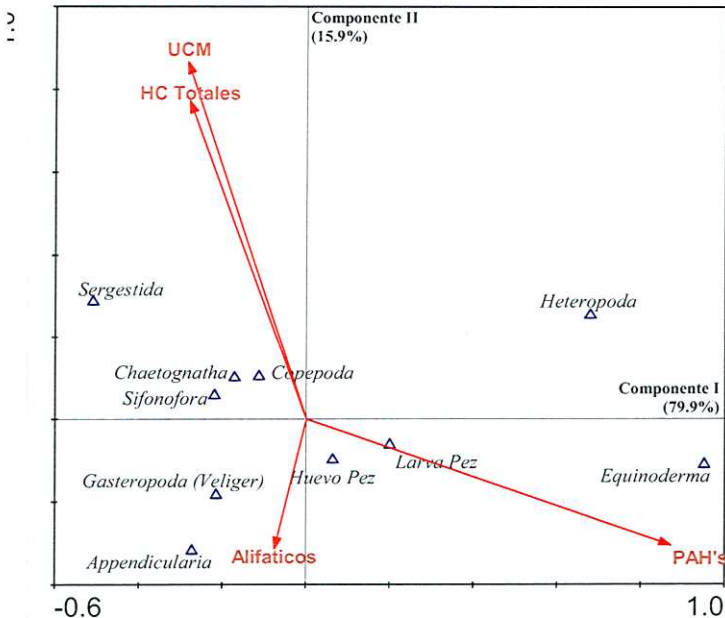


Fig. 35. ACC de la ZO entre contaminantes y grupos dominantes del zooplancton.



## VIII Discusión

### 8.1. Características oceanográficas del sur del Golfo de México

Las aguas oceánicas superficiales en el sur del Golfo de México durante el otoño de 2009 se caracterizaron por presentar temperaturas, salinidades y densidades en promedio de 28.8 °C, 35.6 ups y 22.2 unidades respectivamente. Estos valores también han sido registrados por de la Lanza-Espino (1991) y son similares para el mismo periodo, y son coincidentes con los patrones de distribución global (Lalli & Pearsons, 2006). El aumento de la temperatura en dirección sureste-noroeste, también ha sido registrado por de la Lanza-Espino (2001) y Botello *et al.*, (2005).

La variación de la salinidad en las estaciones ubicadas en la región este del Golfo de México, sobre la plataforma de Yucatán registraron en promedio valores de 36.6 ups oscilando de 36.4 a 37.1, éstos valores ya han sido documentados anteriormente por Botello *et al.*, (2005) y Aldeco *et al.*, (2009), los cuales según Caso *et al.*, (2004) se caracterizan por provenir de masa de Aguas Subtropicales Subyacentes que al llegar al Golfo de México a través del canal de Yucatán forma la corriente de Lazo, la cual frecuentemente encierra un giro anticiclónico, que fluye en dirección de las manecillas del reloj, y se caracteriza por presentar una temperatura y salinidad de 22.5 °C y 36.6 ups respectivamente.

Así también, encontramos que la intromisión de agua dulce por las grandes descargas de agua dulce del complejo Grijalva-Usumacinta generó que el gradiente de salinidad descienda drásticamente, y que bajo la influencia de las corrientes marinas se extiende a manera de lengua hacia el interior del Golfo de México, este rasgo hidrográfico ha sido registrado anteriormente por Caso *et al.*, (2004) denominándolo como un frente halino. Dada la relación estrecha de la densidad con, la salinidad y la temperatura (Cognetti *et al.*, 2001), esta mantuvo prácticamente un patrón de distribución similar.

En cuanto al pH, este registró un valor promedio de 8.2 con rangos de 7.3 a 8.4, el cual está considerado dentro de los valores normales del agua de mar (Cognetti *et al.*,

2001). Sin embargo, a diferencia de los valores reportados anteriormente por Loman-Ramos (2005), los valores más altos de pH se ubicaron frente a la desembocadura del complejo lagunar Carmen-Machona y hacia el centro del Golfo de México y no sobre el Banco de Campeche como era de esperarse, dada la influencia de los sedimentos de origen biogénico con un alto porcentaje de arenas carbonatadas (Mendoza & Ortiz-Pérez, 2000; Caso *et al.*, 2004), esto podría deberse en gran medida a la dirección que mantuvieron las corrientes durante esta época del año (Fig. 11 y 12).

El oxígeno disuelto registró valores de 5.1 a 7.0 mg/L estando arriba de lo normal (4 - 4.5 mg/L), registrado por de la Lanza-Espino (1991) para esta época del año en el área de estudio, principalmente en las cercanías de la descarga de ríos y lagunas costeras, es probable que el aumento de oxígeno en estos sitios y en el área de estudio en general se deba, principalmente, al aporte de nutrientes acarreados por la descarga de los principales ríos hacia mar adentro generando un aumento en la productividad primaria, como a sido reportado por Mann y Lazier (2006) en bahías de importancia para Estados Unidos de América; así mismo de la Lanza-Espino (1991), Gasca-Serrano *et al.*, (1995), Caso *et al.*, (2004) mencionan que, tanto el oleaje como remolinos de menor escala (giros o vórtices) generados por el viento sobre la zona costera del área de estudio, tienen importantes implicaciones en el aumento de la productividad planctónica, lo cual denota la presencia de aguas oxigenadas, principalmente en zonas costeras. El oxígeno saturado mostró valores similares a los registrados por de la Lanza-Espino (2001) y Botello *et al.*, (2005), y al igual que el oxígeno disuelto los valores más altos se encontraron frente a la descargas de ríos y lagunas costeras, lo que confirma la idea de que la hidrología local incide directamente en la oxigenación de las aguas frente a estos sistemas de descarga.

En tanto a la turbidez superficial, (con un promedio de 4.6 NTU), que de acuerdo con de la Lanza-Espino (1991) esta está dada principalmente por el aporte de sedimento en su mayoría limoso y proveniente de las lagunas costeras de Términos, Mecocacán y Carmen-Machona, así como de los ríos Coatzacoalcos, Tonalá, Grijalva-Usumacinta y San Pedro-San Pablo, los cuales hacen que se mantenga valores cercanos a 7.0 NTU en la zona litoral del sur del Golfo de México, principalmente atribuido a las grandes

descargas fluviales generadas por la presencia de lluvias, moderadas a intensas, que la CNA (2010) registro para la región en esa época del año.

En cuanto a la circulación oceánica en el área de estudios para el otoño de 2009, presentó una tendencia general de circulación anticiclónica (hacia el Este y Norte), la existencia de corrientes de este tipo han sido ya reportadas por Salas de León *et al.* (2008), en la región costa fuera de la plataforma continental del sur de Veracruz y Tabasco, así mismo, de la lanza Espino (1991), Monreal-Gómez *et al.*, (1991) y Martínez-López & Pares-Sierra (1998), han determinado que la corriente costera frente a los estados de Campeche y Yucatán tiene una tendencia oeste y suroeste, sin embargo caso contrario fue observado para este crucero oceanográfico. Este resultado atípico en la circulación de las corrientes, fue corroborado con información proveniente de la NOAA/AOML (2010) (<http://www.aoml.noaa.gov/phod/altimetry/index.php>). Por otro lado, las mediciones de corrientes reproducen claramente la presencia del remolino ciclónico que comúnmente se reporta en el margen continental frente a Coatzacoalcos, Veracruz (19.5 N y 94.5 W) (Ardisson-Herrera *et al.*, 2010) Este remolino tiene la capacidad de concentrar materiales y depositarlos hasta el fondo por tener influencia en la columna de agua a grandes profundidades.

## 8.2. Productividad primaria fitoplanctónica

La clorofila-*a*, con un valor promedio de  $0.36 \pm 0.5 \mu\text{gL}^{-1}$ , presento las mayores concentraciones frente a la desembocadura de los ríos, disminuyendo notablemente hacia la porción oceánica (Fig. 9). Este mismo patrón de distribución de la clorofila para el otoño también ha sido documentado por Hidalgo-González & Álvarez-Borrego (2008) y Manzano-Sarabia & Salinas-Zavala (2008).

Las elevadas concentraciones de sólidos orgánicos suspendidos y de fitoplancton (Clorofila-*a*), frente a la descarga de los ríos, es propiciado por el enriquecimiento de la capa eufótica, dicho enriquecimiento de acuerdo con Licea & Luna (1999), Zavala-Hidalgo *et al.*, (2003), Vega-Moro (2004) y Botello *et al.*, (2005), es el resultado de la fertilización de las aguas mediante el aporte de nutrientes epicontinentales, y que para esta época del año tiende a aumentar, principalmente por la temporada de lluvias,

huracanes, frentes fríos y así como la afluencia de corrientes costeras. Al final, estos sólidos y nutrimentos son aprovechados rápidamente por el fitoplancton, generando florecimientos, con un consecuente incremento de la fauna zooplanctónica.

La abundancia fitoplanctónica distribuida de manera similar a la clorofila-*a*, y con valor promedio de  $2.17 \times 10^4$  Cel/L, presentó un mayor núcleo de concentración de abundancia fitoplanctónica observado frentes a las costas e Celestún y Progreso, que se puede explicar como el resultado de los eventos de surgencia que se dan en esta época del año en la región noreste de la península de Yucatán (de la Lanza-Espino, 1991) y es acarreada por los giros ciclónicos y anticiclónicos que se desprenden de la corriente de Yucatán adentrándose a las aguas del Golfo de México (Botello *et al.*, 2005), así como también la dirección de las corrientes persistentes durante el periodo de estudio (Fig. 11 y 12), las cuales transportan los nutrientes provenientes de la descargas de los ríos y las lagunas de la región.

### **8.3. Productividad secundaria zooplanctónica**

La productividad secundaria o biomasa zooplanctónica presentó un valor promedio de  $4.31 \pm 5$  g/100m<sup>3</sup> con una fluctuación de 0.12 a 39.68 g/100m<sup>3</sup> entre, que de acuerdo con Botello *et al.*, (2005) son valores extremadamente pobres y son características de las aguas oceánicas; por lo que estas han sido definidas por Biggs (1992) como oligotróficas. No obstante, los núcleos de mayor biomasa zooplánctica se localizaron sobre la plataforma media del Banco de Campeche, como era de esperarse ya que esta es una zona altamente productiva como lo han señalado Suárez-Morales y Gasca-Serrano (1996), Gasca-Serrano *et al.*, (1995) y Okolodkov (2003). Lo anterior sugiere un desplazamiento de materiales orgánicos e inorgánicos hacia el oriente por efecto de las corrientes marinas y el giro anticiclónico que persisten en el sur del golfo, durante el Otoño (de la Lanza-Espino, 1991), así como las corrientes costeras manifestadas en el área (Fig. 11 y 12), enriqueciendo las aguas marinas y propiciando una alta productividad en esta zona.

#### 8.4. Zonación del área de estudio

La zonación del área de estudio determinada por el método de clasificación jerárquica aplicada a las variables físico-químicas, y denominadas como Zona de Influencia Fluvio-Lagunar (ZIFL), Zona de Plataforma (ZP) y Zona Oceánica, ha sido observada de manera similar por Flores-Coto *et al.* (2000a, 2000b), Loman-Ramos (2005), Hernández-Vázquez (2007) y Quintero-Mármol *et al.*, (2004).

La ZIFL se caracterizó por estar fuertemente influenciada por la descarga de los ríos Grijalva-Usumacinta, San Pedro-San Pablo, Tonalá y Coatzacoalcos, así como por la presencia de lagunas de importancia para el área como son, la laguna de Términos en Campeche; el complejo lagunar Carmen-Machona, y la laguna de Mecoacán, en Tabasco; y las lagunas de Alvarado y Sontecomapan en Veracruz. De acuerdo con de la Lanza-Espino (1991), Caso *et al.*, (2004), Botello *et al.*, (2005), estos cuerpos de agua dulce y salobre juegan un papel importante en la hidrología costera de esta zona, registrando salinidades de 34.8 ups en promedio y con bajos valores de hasta 29.0 ups sobre la desembocadura de los ríos, temperaturas de 28.8°C, y masas de agua de menor densidad (con valores promedio de 21.7) y por lo general turbias (4.8 NTU).

La ZP ubicada al noreste del área de estudio y como su nombre lo indica se distribuye sobre la amplia plataforma continental de la península de Yucatán, en lo que se denomina como el Banco de Campeche (Lara-Domínguez *et al.*, 1990), registro temperaturas y salinidades promedio de 29.27°C 36.62 ups respectivamente, características de las masas de aguas provenientes el Caribe y denominadas por Botello *et al.*, (2005) como Aguas Subtropicales Subyacentes que son transportadas del Caribe por la corriente de Lazo.

Esta zona también a sido documentada como un punto de deposición de material biogénico de Carbonato de Calcio (Mendoza & Ortiz-Pérez, 2000; Caso *et al.*, 2004), que puede tener incidencia sobre el pH del agua marina, y presenta un enriquecimiento de sus aguas influenciado fuertemente por eventos de surgencia que se originan en la región noreste de la península de Yucatán y son acarreadas al sitio por medio de los giros que se desprenden de la corriente de Lazo (de la Lanza-Espino, 1991),

Finalmente tenemos la ZO, y como su nombre lo indica se distribuye sobre lo que es denominado como Zona Oceánica (Lalli & Pearson, 2006), con salinidades típicas del agua de mar (Cognetti *et al.*, 2001), aguas cristalinas, y de temperatura en promedio de 23°C, ésta masa de agua ha sido documentada por de la Lanza-Espino (1991) como aguas propias de Golfo de México y según Botello *et al.*, (2005), presenta condiciones oligotróficas.

### **8.5. Distribución espacial de las fracciones del petróleo.**

En general la concentración promedio (6.0 µg/L) de los hidrocarburos disueltos registrados en el área de estudio se encuentran muy por debajo el nivel considerado como promedio natural (10.0 µg/L), que estableció la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO para el Golfo de México y Mar Caribe (UNESCO, 1976). No obstante, tomando los valores de referencia mundiales que propone la USEPA (1988) y la Unión Europea (Botello *et al.*, 2005) de 0.03 µg/L y 0.2 µg/L respectivamente como máximo permisible, encontramos que el valor promedio de la concentración de estos contaminantes en la zona de estudio se encuentra relativamente superior, sin embargo, la variación espacial de estos hidrocarburos presentaron distribuciones irregulares, cuyas mayores concentraciones se localizaron por lo general al este y norte del área de estudio, de manera muy puntual en un pequeño número de estaciones de muestreo (Ver anexo 2). Hay que resaltar que de acuerdo con el Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche. (1980) una de las fuentes principales de aporte de hidrocarburos al mar lo constituyen las emanaciones naturales, en la región sur del Golfo de México, donde se ha documentado la presencia de las capopoterías con mayor actividad en todo el Golfo de México y posiblemente, una de las mayores de ambientes marinos.

En cuanto a Alifáticos y la UCM se encontraron niveles de 1.4 y 4.5 µg/L respectivamente, los cuales se ubican muy por debajo del promedio natural y de valores reportados en el sitio anteriormente por Botello *et al.*, (2005) y Hernández-Vázquez (2007). La mayor concentración de estos contaminantes se encontró hacia el noreste del área de plataforma, sobre el Banco de Campeche y en la porción norte del área de

estudio sobre las isobatas de 200 y 100 metros y es dada principalmente por el movimiento de las corrientes marinas registradas en el área de estudio, las cuales al chocar con los giros que se desprenden de la corriente de Lazo generan centros de acumulación (Caso *et al.*, 2004).

En lo que respecta a la concentración promedio de PAH's disueltos registrados (0.30 µg/L) este se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos por la US EPA y la Unión Europea de 0.03 y 0.2 µg respectivamente (Botello *et al.*, 2005), y se localizaron al oeste del área de estudio, y que según Botello *et al.*, (2005) dada la cercanía de las mayores concentraciones de este contaminante a la costa, existe un importante aporte de estos contaminantes a través de las descargas fluviales, donde Vázquez-Botello *et al.*, (1993) reporta que mucha de las fuentes de origen de estos hidrocarburos son principalmente la pirolisis, quema de campos de cultivo, incendios forestales, diagénesis de la materia orgánica, el petróleo y material movilizado mediante el transporte atmosférico.

#### **8.6. Descriptores comunitarios**

De un total de 85 muestras se registro un total de 37 grupos del zooplancton, con una densidad promedio de  $1.14 \times 10^5 \pm 6.44 \times 10^4$  org./100<sup>3</sup>. Las mayores densidades localizadas a lo largo de la línea de costa e intensamente frente a los sistemas fluvial-lagunar del sur del Golfo de México, son debido al aporte de nutrientes provenientes de las descargas fluviales, sobretodo para esta época del año que se caracterizó por presentar intensas lluvias (CNA, 2010); ésta fertilización del mar provocó un florecimiento del fitoplancton y en consecuencia un aumento en las densidades de zoopláncteres como la indicado Okolodkov (2003) y Monreal-Gómez (2004), sobretodo en la cercanías de Laguna de Términos la cual, es considerada como un sistema de alta productividad (Botello *et al.*, 2005).

La densidad zooplanctónica en el área de estudio, estuvo compuesta principalmente por huevos de pez, cladóceros y copépodos (60%). Para este estudio los copépodos sólo conformaron alrededor del 20% de la densidad zooplanctónica total del área de estudio, menos de la mitad del mínimo esperado pues se sabe que estos por lo general tienden

a conformar entre 50 a 95% de la biomasa zooplanctónica en el medio marino como lo ha registrado Suárez-Morales (1992) y Suárez-Morales & Gasca-Serrano (1996). En primera instancia esto se dio ante la importante cantidad de huevos de peces que se recolectaron, posiblemente debido a la presencia de desoves masivos que se dan para esta época del año en la región sureste del Golfo de México como lo reportado Flores-Coto *et al.*, (2009), provocando que la densidad de copépodos se reflejará un poco mermada. Por otro lado, los cladóceros conformando de igual manera una parte importante en la densidad de zooplancton, y cabe destacar que sus mayores densidades se ubican sobre la plataforma continental frente a Campeche y Yucatán, a lo que comprende la región conocida como el Banco de Campeche.

Otros grupos importantes que conformaron una importante parte de la densidad zooplanctónica (alrededor de un 22%) fueron los taliáceos, sifonóforos, sergéstidos y quetognatos, la presencia de estos grupos en el área estudiada, ya ha sido reportada anteriormente como frecuentes como lo describen el Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche (1980) y Loman-Ramos (2006), por lo que se puede decir que son parte estructural de la comunidad zooplanctónica típica para el sur del Golfo de México.

En tanto lo que respecta al análisis de dominancia, este reflejó lo anteriormente obtenido respecto a la densidad de los grupos del zooplancton donde de igual manera los huevos de peces con el 13.9% se mantuvieron como el grupo dominante, sin embargo y contrario a las densidades de los cladóceros y los copépodos, éste último mantuvo una dominancia de 12.5% situándose por encima de los cladóceros (10.3%), asemejándose más al de las larvas de los peces, lo que hace recalcar la importancia de este grupo, que en sí tiende a conforma la mayoría de la biomasa zooplanctónica en los mares del mundo (Suárez-Morales, 1992).

### **8.7. La variación de los ensamblajes de zooplancton.**

La complejidad hidrológica del medio oceánico, tiene implicaciones importantes en la biología del zooplancton (elección del alimento, comportamiento, tolerancia a variables del medio, etc.), así, dada la heterogeneidad ambiental que se observó en el sur del



Golfo de México, el cual podemos diferenciar en diferentes zonas oceanográficas, cada una con características abióticas y bióticas particulares. En este sentido, las características ecológicas de cada uno de los grupos, influyen en la integración de diferentes ensambles. Orozco-Zúñiga (citado en Loman-Ramos, 2005) anteriormente ha registrado diferencias en la composición del zooplancton que integran cada zona. Aunque este autor ha señalado, que el grupo de los copépodos sostiene la mayor productividad secundaria en el sur del golfo, con importantes contribuciones de las larvas de decápodos, los quetognatos y los sergéstidos.

Para comprender las ensambles conformados en el área de estudio fue necesario ahondar en las características ecológicas de cada grupo, como son, su ciclo biológico (holopláctico o meropláctico), su hábitat (nerítico u oceánico) y su distribución vertical (epipelágico, mesopelágico o batipelágico). Al final la conformación de las asociaciones entre los grupos estará dada por una gran diversidad de estrategias para la supervivencia en el medio pláctico, y una amplia plasticidad en sus ciclos de vida.

#### 8.7.1. Ensamble zooplanctónico de la ZIFL

Al respecto, la ZIFL al estar integrado por 35 grupos zooplanctónicos. La alta abundancia como biomasa zooplanctónica que presento esta zona, es debida a la gran cantidad de nutrientes inorgánicos acarreados del continente por los afluentes de los ríos, los cuales estimulan el crecimiento del fitoplancton (Licea & Luna, 1999) y consecuentemente del zooplancton.

Los grupos más abundantes y dominantes de esta zona fueron los huevos de pez, y copépodos conformando el 50% de la abundancia total. Como indica Flores-Coto *et al.*, (2009) la abundante presencia de huevos supone un importante aporte por parte de la gran cantidad de peces que desovan en la cercanía de las costas. En cuanto a los copépodos, es común encontrar altas cantidades de ellos en las lagunas y en áreas de manglar donde llegan a formar grandes agregaciones de estos crustáceos, con densidades superiores a 900,000 individuos por metro cúbico (Suárez-Morales & Gasca-Serrano, 1996). Cabe resaltar que otros grupos abundantes en la zona fueron los sergéstidos, cladóceros y sifonóforos,

### 8.7.2. Ensamble zooplanctónico en la ZP

Para la Zona de Plataforma (ZP) presentó una riqueza de 30 grupos del zooplancton, y al igual que la ZIFL evidencio altas densidades. Los grupos más abundantes fueron los cladóceros y huevo de pez, conformando el 54% de la abundancia total.

Contrario a trabajos anteriores como el Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche (1980) el grupo de los cladóceros en este estudio reflejo una abundancia y dominancia alta, esto puede darse ya que el estado de latencia bajo la forma de huevos de resistencia suele dar datos negativos en muchas localidades donde su ausencia es solamente circunstancial y es posible que para esta época del año se hayan dado las condiciones ambientales que propicien aumentos en la abundancia de estos crustáceos desde los sectores costeros a los oceánicos (Boltovskoy, 1999).

En cuanto a la gran cantidad de huevos de peces, al igual que la ZIFL es sabido que ciertas especies costeras (Flores-Coro *et al.*, 2009) tienden a congregarse para desovar sobre el Banco de Campeche, en las cercanías de las costas de Yucatán y Campeche. Los copépodos conformaron el 13% de la abundancia zooplanctónica, que es mucho menor de lo esperado, puesto que se sabe que los eventos de surgencia sobre el Banco de Campeche propician extraordinarias densidades de estos crustáceos (Suárez-Morales & Gasca-Serrano, 1996).

### 8.7.3. Ensamble zooplanctónico en la ZO

La ZO, se caracterizo por presentar bajas densidades de organismos zooplanctónicos, lo que refleja las condiciones oligotróficas del Golfo de México (Botello *et al.*, 2005), aunque, mantuvo una riqueza muy similar a las zonas anteriores (34 grupos del zooplancton).

El grupo más abundante fue el de los copépodos, conformando el 43% de la abundancia total. Al respecto Suárez-Morales (1992) ha encontrado que para el sur del Golfo de México en aguas oceánicas la comunidad estos crustáceos esta conformado principalmente por los subórdenes Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida. Otros grupos

abundantes fueron los sifonóforos y quetognatos, los cuales son grandes depredadores del zooplancton, principalmente de copépodos (Suárez-Morales & Gasca-Serrano, 1996).

Respecto de huevos de peces, y a diferencia de las dos zonas anteriores, su abundancia fue relativamente muy baja, lo que afirma la idea de que los desoves masivos de peces ocurren por lo general en la costa o cercanías a esta.

### **8.8. Similitud entre ensamblajes**

La zonación oceanográfica presupone la existencia de distintas comunidades sin embargo el Índice de Jaccard y Sorensen, determinó que la composición del ensamble del zooplancton entre las tres zonas es similar, en contraste, cuando se tomó en cuenta la abundancia de cada grupo del zooplancton de cada zona, el Índice de Morisita, obtuvo valores que indicaron diferencias significativas ( $P < 0.05\%$ ), estableciéndose de esta manera para este estudio en particular tres tipos de ensamblajes que corresponden a cada una de las zonas oceanográficas previamente determinadas, en la cual cada una varió tanto en la composición de sus grupos dominantes, principalmente en su abundancia.

Así tenemos por ejemplo que el grupo dominante de la ZIFL fueron los huevos de pez, atribuible a los desoves masivos que suceden en la zona (Flores-Coto *et al.*, 2009). En la ZP los cladóceros fueron el grupo dominante, resultado que puede ser dado por la deriva de estos organismos posibilitando su habituamiento temporal, y dada la relación de sus picos reproductivos con la alta producción primaria (Bainbridge, 1958; Dakin & Colefax, 1933; Lhomann, 1908 citado en Boltovskoy, 1999), es evidente que la alta densidad numérica del fitoplancton encontrada en esta zona mantenga las condiciones favorables para las exigencias fisiológicas de estos organismos y finalmente para sus altas densidades (Boltovskoy, 1999). En tanto para la ZO dominaron los copépodos, aun que estos están relacionados a zonas de alta productividad primaria (Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996), su dominancia en esta zona es resultado en la disminución de la abundancia de otros grupos, menos aptos para sobrevivir en estas condiciones ambientales.

### **8.9 Relación de los grupos del zooplancton con las variables ambientales**

El análisis aplicados a la matriz de abundancia espacial de los grupos dominantes del zooplancton y las variables ambientales superficiales, indicó la existencia de relaciones significativas o altamente significativas ( $p < .05$ ), entre diferentes grupos del zooplancton y diversas variables ambientales.

Los grupos que presentaron mayor relación con las variables y explican en gran parte la estructura de los ensamblajes del zooplancton en el sur el Golfo de México para otoño de 2009 fueron los quetognatos, cladóceros, copépodos, heterópodos, sifonóforos, las apendiculares, las larvas de los equinodermos y el ictioplancton.

La distribución que presentaron los quetognatos en todas las zonas y su relación con las variables ambientales podría atribuirse a la influencia de las aguas costeras enriquecidas por el aporte de los ríos (Alvariño, 1965 citado en Mille-Pagaza, 2000), lo que determinó un aumento en las poblaciones fitoplanctónica, y de copépodos herbívoros y por consiguiente de los quetognatos, que tienden alimentarse preferentemente de estos crustáceos (Brusca & Brusca, 2005).

Los apendiculares mantuvieron una abundancia similar en las tres zonas, esto es por que su distribución se encuentran prácticamente en los ambientes pelágicos de todos los océanos (Escamilla-Sánchez, 1994), y prácticamente aparecen en todo el Banco de Campeche (de la Cruz, 1972; Mille-Pagaza *et al.*, 1992). Sin embargo, presentó una mayor relación con los valores de las variables ambientales de la ZIFL lo cual es un reflejo de su afinidad alimentaria hacia los coccolitofóridos, diatomeas, dinoflagelados y otros flagelados desnudos (Escamilla-Sánchez, 1994; Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996), los cuales son componentes esenciales del fitoplancton, el cual se encontró abundante frente a las desembocaduras del complejo Grijalva-Usumacinta, las lagunas de Términos y Celestún.

En lo que respecta a los sifonóforos, las mayores abundancias se localizaron en la zona oceánica y parte de la plataforma de Yucatán, presentando relación sobre zonas

oligotróficas y cálidas, lo cual es reflejo de su preferencia a este tipo de condiciones ambientales (Gasca-Serrano, 1993).

Los heterópodos mantuvieron una alta relación con las masas de guas que caracterizaron la ZO, estos organismos ya han sido objeto de estudio como indicadores de las masas de agua por Cruz-Padilla (1996) quien señala que prefieren aguas tropicales cálidas, lo cual concuerda con los resultados encontrados, aunque sus densidades fueron relativamente bajas, ya que estos tiende a presentarse en grandes números en el verano (Castellanos & Suárez-Morales, 2001) cuando la temperatura oceánica es mayor.

Principalmente los que indican y determinan la distribución de los copépodos del plancton marino son los factores físicos como la temperatura, la salinidad, el contenido de oxígeno del agua, la luz, la turbiedad y la hidrodinámica tienen una gran influencia en su distribución horizontal y vertical y su abundancia y composición específica están estrechamente relacionadas con la de la producción primaria fitoplanctónica (Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996), caso que se ve reflejado claramente por los resultados obtenidos de los análisis de correlación de Pearson y en el ACC aplicados.

Tanto los huevos como las larvas de los peces mantuvieron cierta relación con variables como el oxígeno, la productividad primaria y la salinidad, variables que inciden tanto en su distribución como su abundancia (Sorokin, 1991 citado en Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996). Dado que la mayoría de los huevos flotan y muchas larvas también, para estos estadios es crítico vivir en la zona fótica donde el alimento es abundante, de ahí que las características de los ecosistemas lagunares favorecen el desarrollo del ictioplancton, donde, factores como la baja energía hidrológica interna y la elevada productividad las convierten en verdaderos viveros para la crianza de numerosas especies de peces (Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996), de ahí que las mayores abundancias de larvas y huevos se sitúen en la cercanía a lagunas costeras y/o frente a la desembocaduras de los ríos.

En cuanto a los cladóceros son sensibles en mayor o menor grado a las condiciones ambientales, lo cual determina que su distribución este ligada a la influencia de ciertas

variables hidrológicas, en especial temperatura y salinidad (Suárez-Morales & Gasca-Serrano, 1996). Variables con las cuales mantuvo una mayor correlación en la ZIFL, aunque sus mayores abundancias se ubicaran sobre la ZP, esto por que aunque son integrantes del plancton de aguas costeras, los cladóceros están relacionados, en algunos casos, con corrientes oceánicas, por las que llegan a ocupar posiciones epicontinentales (Boltovskoy, 1999).

No dejando de lado que los cladóceros presentan alimentación microfágica, es decir, por ingestión indiscriminada de microorganismo en suspensión (Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996), sus abundancia estará limitada ante la disponibilidad de su alimento, de ahí que las mayores concentraciones de cladóceros se encuentren en las cercanías de la desembocadura de los ríos (Boltovskoy, 1999).

Las larvas de los crustáceos decápodos constituyen un importante componente de la fracción meropláctónica del zooplancton marino. La presencia y abundancia de estas larvas es mucho mayor en los mares neríticos, que abarcan las aguas de las plataformas continentales o las aéreas costeras, en virtud de que la mayor parte de los adultos habitan esas regiones (Gasca-Serrano & Suárez-Morales, 1996). En este estudio los decápodos presentaron afinidad por aguas turbias y con alta productividad primaria, y relativamente de salinidad menor, que son características de la zona nerítica del sur del Golfo de México, dada la influencia de los sistemas lagunares y las descargas de los ríos.

Larvas de equinodermos fueron más abundantes en la ZO que en las otras zonas, se relacionaron más con aguas cálidas y transparentes, típicamente oceánicas, y relativamente de baja productividad fitopláctónica. Contrario a esto de la Cruz (1971), ha encontrado que las altas abundancias de este organismo en zonas circunvecinas la Laguna de Términos. Es posible que las importantes concentraciones de larvas de equinodermos en esta zona, sean el resultado de desprendimiento de las masas de agua de la ZIFL que se extienden a manera una gran legua hacia el norte del área de estudio, las cuales se mezclan con las de la ZO formando las aguas típicas del Golfo de México. De esta manera las concentraciones encontradas estarían dadas por en efecto

mecánico y no meramente biológico, ya que se sabe que estas larvas prefieren hábitats cercanos a las costas, donde puedan tener alimento disponible así como aguas someras, para sus futuros asentamientos al bentos (Entrambasaguas-Monsell, 2008).

#### **8.10. El efecto de los contaminantes sobre el zooplancton**

Determinar el efecto de los hidrocarburos sobre los organismos planctónicos en áreas propensas a la contaminación por petróleo es una tarea complicada, ya que la descarga de petróleo crudo, no es la única fuente de tales compuestos, puesto que se sabe que hay organismos marinos capaces de biosintetizar hidrocarburos (Corner, 1978), convirtiéndose así todo un desafío distinguir el origen de estos compuestos y determinar si son resultado de combustibles fósiles ó de origen biogénico, y por ende el posible efecto que tengan sobre los organismos.

Aun así diversos experimentos han puesto de manifiesto los efectos tóxicos de diversas fracciones de los hidrocarburos (Botello *et al.*, 2005) y se ha observado que las fracciones más tóxicas corresponden a los compuestos que tienen bajos puntos de ebullición, especialmente los de la serie aromática (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 1991).

Guzmán del Proó *et al.*, (1986), proponen dos explicaciones sobre como puede afectar la presencia de los hidrocarburos al zooplancton, la primera se basa en el efecto directo de los hidrocarburos sobre la productividad secundaria aumentando los índices de mortalidad de especies susceptibles, y el segundo sería un efecto indirecto, en el cual la productividad primaria en el ecosistema disminuye debido a la mortalidad de fitoplancton a causa de los hidrocarburos, limitando el recurso hacia niveles tróficos superiores.

En este estudio el ACC, se registró que ciertos grupos del zooplancton mostraron un comportamiento negativo a ciertos contaminantes, como es el caso de los cladóceros, taliáceos, copépodos, quetognatos y sifonóforos hacia los PAH's y las larvas de los decápodos y sergéstidos hacia los Alifáticos, la UCM, los HC totales y en menor medida a los PAH's.

A pesar de estos resultados, la diversidad de grupos del zooplancton encontrados en este estudio, así como sus densidades, comparadas con trabajos anteriores (Guzmán-del Prío *et al.*, 1986; de la Cruz, 1972; Carrillo-Laguna , 1992), indican que un posible impacto por hidrocarburos es mínimo y más bien la composición del zooplancton refleja cierto impacto de inlfujos de materia orgánica, que se refleja en los aportes a la abundancia total de cada grupos, como por ejemplo, los apendiculares, los cuales que proliferan en ambientes influenciados por los aporte de materia orgánica proveniente de la descarga de los ríos (Quesada-Alpizar, 2001). Al final, los efectos de los hidrocarburos sobre la comunidad planctónica dependen de la escala en que se analice (Ordóñez-López, 2000).



## **IX Conclusiones**

La circulación en el sur del Golfo de México inducida en primera instancia por la corriente de lazo y, los procesos atmosféricos como la temporada de lluvias, constituyen los mecanismos primarios que determinaron el patrón heterogéneo de las masas de agua durante el otoño de 1999 en el sur del Golfo. Esta heterogeneidad ambiental, permitió reconocer tres zonas oceanográficas, cada una con características hidrológicas propias y específicas: Zona de Plataforma Continental, ubicada básicamente sobre el Banco de Campeche y que comprende masa de Aguas Subtropicales Subyacentes. Zona de Influencia Fluvio-Lagunar, que como su nombre lo indica tiene fuerte aporte de aguas continentales proveniente de ríos y lagunas importantes como el Río Grijalva-Usumacinta y el San Pedro-San Pablo, las lagunas Carmen-Machona y Mecocacán en Tabasco, el río Tonalá y Coatzacoalcos y las lagunas Alvarado y Sontecomapan en Veracruz, y laguna de Términos en Campeche. Y por último una Zona Oceánica, ubicada en la parte más profunda del área de estudio, caracteriza da por presentar masas aguas residentes del Golfo de México.

El sur del Golfo de México presentó una alta productividad planctónica, asociada a los sistemas fluvio-lagunares, donde las aguas costeras fueron enriquecidas gracias a los aportes epicontinentales de nutrientes generados por las lluvias y a una alta oxigenación propiciada por tanto por el oleaje y como por remolinos de menor escala (giros o vórtices) generados por el viento sobre esta zona, lo cual condujo a un aumento en la productividad primaria y, en consecuencia a una importante biomasa zooplanctónica.

Se determinaron 37 grandes grupos de zooplancton (18 correspondientes al holoplancton y 19 al meroplancton) y la densidad zooplanctónica en el área de estudio, estuvo compuesta principalmente por huevos de pez, cladóceros y copépodos que en conjunto representaron el 62% del material recolectado. Otros grupos importantes fueron Taliáceos, Sifonóforos, Sergéstidos y Quetognata.

El grupo dominante en el periodo de estudio fueron los huevos de peces seguido de los copépodos y cladóceros. Éstos actuaron como reguladoras de la estructura del

ensamblaje, mientras que la variabilidad en la abundancia y diversidad del zooplancton estuvo en sincronía con el patrón hidrológico.

La marcada zonación oceanográfica que se presentó en otoño de 2009, permitió la conformación de tres tipos ensamblajes zooplanctónicos (uno de influencia fluvial-lagunar, otro sobre la plataforma continental del banco de Campeche y uno netamente oceánica); éstos ensamblajes de especies estuvieron establecidos esencialmente por una afinidad entre las distintas características abióticas de cada zona (temperatura, salinidad, oxígeno, pH, etc.) y entre las propias de cada especie (categoría ecológica, tamaño, tipo de reproducción, depredación, densidad, etc.), así como por las estrategias que les permitieron sobrevivir en un medio tan heterogéneo como lo es el sur del Golfo de México.

Los ensamblajes se mostraron similares en diversidad y riqueza de especies pero diferentes en la abundancia y dominancia de grupos, aunque la ZIFL y la ZO presentaron cierta similitud; así tenemos que: La ZIFL estuvo dominada principalmente por huevos de peces, seguido de los copépodos y los sergéstidos. La ZP por grupos como los copépodos, sergéstidos y cladóceros y la ZO primordialmente por copépodos, y por depredadores planctónicos como los sifonóforos y los quetognatos.

En cuanto a los contaminantes, estos provienen en su mayoría de aporte de hidrocarburos de las emanaciones naturales, en la región sur del Golfo de México, y los centros de acumulación encontrados en la porción norte del área de estudio son propiciados por el movimiento de las corrientes marinas, a excepción de los PAH's los cuales presentaron sus mayores concentraciones al oeste del área de estudio en cercanía a la costa, lo que indica un importante aporte de estos contaminantes a través de las descargas fluviales. Al final encontramos que, la concentración promedio de los hidrocarburos ( $6.04 \mu\text{g/L}$ ) disueltos registrado en el área de estudio, se encuentran muy por debajo del nivel considerado como el promedio natural ( $10 \mu\text{g/L}$ ), por lo tanto también de los límites permisibles.

Finalmente, el zooplancton no mostró una clara relación con los hidrocarburos del petróleo. Esto se debió posiblemente a que los mecanismos de dispersión de ambos

son distintos. No obstante, la información recabada señala que la exposición prolongada de los organismos planctónicos a bajas concentraciones de agentes contaminantes tenga un mayor efecto sobre la comunidad en el largo que en el corto plazo, y su efecto puede darse de dos maneras, la primera se basa en un efecto directo de los hidrocarburos sobre la productividad secundaria aumentando los índices de mortalidad de especies susceptibles. Y el segundo sería un efecto indirecto, en el cual la productividad primaria en el ecosistema disminuye debido a la mortalidad de fitoplancton a causa de los hidrocarburos, limitando el recurso hacia niveles tróficos superiores.

## X. Literatura citada

- Aldeco, J., M.A. Monreal-Gómez, M. Signoret., D.A. Salas-de León & D. U. Hernández-Becerril. 2009. Occurrence of a subsurface anticyclonic Eddy, fronts, and *Trichodesmium* spp. Over the Campeche Canyon region, Gulf of Mexico. *Ciencias Marinas*, 35 (4): 333-344.
- Ardisson-Herrera, P., I. Mariño, D. Valdés-Lozano, G. Gold-Bouchot, V. Vidal-Martínez, L. Aguirre-Macedo, R. Rodríguez-Canul, J. Herrera-Silveira, U. Ordóñez-López, M. Olvera-Novoa, D. Torruco-Gómez & O. Zapata-Pérez (2010). Programa de Monitoreo Ambiental del Sur del Golfo de México (Campaña oceanográfica Xcambo-4, 2009). Informe Final a PEMEX-RMN. Departamento de Recursos del Mar del CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. México. 150 p.
- Arnold, E. 1958. *Gulf of Mexico plankton investigations, 1951-3*. Spec. Sci. Rep. Fish. U.S. Fish & Wild. Serv. 269 p.
- Beers, J. R. 1981. Determinación de la biomasa del zooplancton. Pp.: 133-141. In: Boltovskoy, D. (ed.) *Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino*. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Argentina. 936 p.
- Biggs, D. C. 1992. Nutrients, plankton and productivity in a warm-core ring in the Western Gulf of Mexico. *J. Geophysical Research*. 97: 2143-2154.
- Bogdanov, D. V., V. A. Sokolov, & N. S. Khromov. 1969. Regions of high biological and commercial productivity in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Oceanology*, 8(3): 371-381.
- Boltovskoy, D. 1999. *South Atlantic Zooplankton*. Volumen 1 y 2. Backhuys Publishers, Leiden Nederland. 1627 p.
- Botello, A. V., J. Rendón-Von Osten, G. Gold-Bouchot & C. Agraz-Hernández (eds.). 2005. *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias*,

2da Edición. Univ. Autón. Campeche, Univ. Nal. Autón. México, Instituto Nacional de Ecología, México. 669 p.

Brusca R. C. & G. G. Brusca. 2005. *Invertebrados*. McGraw Hill Interamericana. España. 1005 p.

Carrillo-Laguna, J., S.R. Mille-Pagaza & R. Guadarrama-Granados. 1992. La comunidad zooplanctónica de la Sonda de Campeche en dos temporadas. Verano 1980 y primavera 1986. En: VI Reunión Sociedad Mexicana de Planctología A.C. 28-30 Abril, Mérida, Yucatán.

Caso, M., I. Pisanty & E. Ezcurra. 2004. *Diagnostico Ambiental del Golfo de México, Vol. 1*. INE-SEMARNAT. México. 626 p.

Castellanos, I. & E. Suárez-Morales. 2001. Heteropod mollusks (Carinaridae and Ptertracheidae) on the Gulf of Mexico and Western Caribbean Sea. *An. Inst. Biología, Univ. Nac. Autón. México. Serie Zoología*, 72(2): 221-232.

CNA. 2010. Precipitación media estatal 2009. [Http://smn.cna.gob.mx/index.php?Option=com\\_content&view=article&id=12:temperatura-y-precipitacion&catid=6:slider&Itemid=65](http://smn.cna.gob.mx/index.php?Option=com_content&view=article&id=12:temperatura-y-precipitacion&catid=6:slider&Itemid=65). Consultado: 7/11/2010.

Cognetti G., M. Sará & G. Magazzú. 2001. *Biología Marina*. Ariel Ciencia. España. 619p.

Corner, E. D. 1978. Pollution Studies with Marine Plankton: Part 1. Petroleum Hydrocarbons and Related Compounds. *In: Russell F. & M. Yonge (Eds.). Advances in Marine Biology*, 15: 290-381.

Cruz-Padilla, M. 1996. Pterópodos tecosomados y Heterópodos (Gasterópodos) como bioindicadores del Evento El Niño 1992, en la estación fija "La Libertad". *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 8 (1): 51-66

de la Cruz, A. 1971. Estudios del plancton en el Banco de Campeche. Pp.: 375-383. In: UNESCO/FAO (ed.) *Coloquio sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes*. Francia.

de la Cruz, A. 1972. Zooplancton de la región sureste del Golfo de México. *Ciencias Biológicas, Ser. 4* (24). 1-54.

de la Lanza-Espino, G. 1991. *Oceanografía de Mares Mexicanos*. A. G. T. Editor, S. A. México. 569 p.

de la Lanza-Espino, G. 2001. *Características Físico-Químicas de los Mares de México*. Instituto de Geografía. UNAM, Plaza y Valdés Editores México. 149 p.

de Entrambasaguas-Monsell, L. 2008. Estudio faunístico y ecológico de los equinodermos del archipiélago de Cabo Verde. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Departamento de Ecología e Hidrología. Facultad de Biología. Universidad de Murcia.

Escamilla-Sánchez, J. 1994. Importancia Ecológica de las appendicularias (zooplancton marino, Phylum Chordata, Clase Larvacea). *Revista de la División de Estudios de Postgrado e Investigación, Inst. Téc. Mérida*. 20: 13-21.

Espinosa-Fuentes, M. D., C. Flores-Coto, L. Sanvicente-Añorve & F. Zavala-García. 2009. Vertical distribution of zooplankton biomass and ichthyoplankton density during an annual cycle on the continental shelf of the Southern Gulf of Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(2): 477-488.

Flores-Coto, C. 1985. Estudio comparativo del ictioplancton de las lagunas costeras de Tamiahua, Alvarado y Términos del Golfo de México. Tesis Doctoral en Ciencias del Mar, UACPyP-CCH, ICMYL-Univ. Nal. Autón. México. 147 p.

Flores-Coto, C., L. Sanvicente-Añorve, L. Pineda-López, & M. Rodríguez-Van Lier, 1989. Composición, distribución y abundancia ictioplanctónica del sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*. México, 5(9): 65-84.

- Flores-Coto C., M. L. Espinosa-Fuentes, F. Zavala-García & L. Sanvicente-Añorve. 2009. Ictioplancton del sur del Golfo de México. Un Compendio. *Hidrobiológica* 219 (1): 49-76.
- Franco-López J., G. de la Cruz-Agüero, A. Rocha-Ramírez, N. Navarrete-Salgado, G. Flores-Martínez, E. Kato-Miranda, S. Sánchez-Colón, L. G. Abarca-Arenas & C. M. Bedia Sánchez, 1985. *Manual de Ecología*. Ed. Trillas, México. 266 p.
- García-Cuéllar, J. A., F. Arreguín-Sánchez, S. Hernández-Vázquez & D. B. Lluch-Cota. 2004. Impacto ecológico de la industria petrolera en la Sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividad: una revisión. *Interciencia*. 29(6): 311-319.
- Gasca-Serrano, R., E. Suárez-Morales & I. Castellanos. 1995. Biomazas zooplanctónicas en aguas superficiales del Golfo de México, durante Verano e Invierno de 1991. *Caribbean Journal of Science*. 31 (1-2): 128-140.
- Gasca-Serrano, R. & E. Suárez-Morales. 1996. *Introducción al Estudio del Zooplancton Marino*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 711 p.
- Gasca-Serrano, R. 1993. Especies y abundancia de sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) en la región sur del Golfo de México. *Caribbean Journal of Science*. 29 (3-4): 220-225.
- Golden Software. 2002. Surfer Version 8.01. Surface Mapping System. Golden Software Inc. Colorado.
- Gómez-Aguirre, S. 1987. Biomasa de plancton de la Zona Económica Exclusiva del suroeste del Golfo de México y Caribe mexicano (mayo-julio, 1982). *Universidad y Ciencia*, 4(8): 47-54.
- Guzmán del Próo S.A., E.A. Chávez, F.M. Alatríste, S. de la Campa, G. de la Cruz, L. Gómez, R. Guadarrama, A. Guerra, S. Mille & D. Torruco. 1986. The impact of the Ixtoc-1 oil spill on zooplankton. *Journal of Plankton Research*. 8(3): 557-581.

Harris, R.P., P.H. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal & M. Huntley. 2000. *Zooplankton Methodology Manual*. Academic Press, England. 684 p.

Hernández-Vázquez T. P. 2007. Caracterización especial de la comunidad de peces y su relación con variables ambientales y de contaminación en el sur del Golfo de México (Campaña Oceanográfica Xcambo I. Otoño 1999). Tesis Maestría en Biología Marina, CIMVERSTAV-IPN, U. Mérida. 91 p.

Hidalgo-González, R.M. & S. Álvarez-Borrego. 2008. Estructura de la columna de agua y perfiles de biomasa fitoplanctónica en el Golfo de México. *Ciencias Marinas*, 34 (2): 197-212.

IOC/UNESCO. 1981. *Global Oil Pollution*. Results of MARMOP, the IGOSS Pilot Project on Marine Pollution (Petroleum) Monitoring. France. 35 p.

International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA). *Directrices Sobre las Consecuencias Biológicas de la Contaminación por Hidrocarburos*. Repertorio De Informes IPIECA. 1991.

Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. Second Edition. An imprint of Addison Wesley Longman. USA. 620 p.

Lalli C. & T. Parsons. 2006. *Biological Oceanography. An introduction*. Second edition. The Open University. Canadá. 320 p.

Lara-Domínguez, A. L., G. J. Villalobos & E. Rivera. 1990. *Catálogo Bibliográfico de la Región de la Sonda de Campeche*. EPOMEX. México. 161 p.

Licea, S. & R. Luna. 1999. Spatio-temporal variations of phytoplankton the continental margin in the SW Gulf of Mexico. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 49: 83–99.

Loman-Ramos, L. 2005, Medusas del Sur del Golfo de México: Variación espacial en la estructura comunitaria y asociaciones durante otoño de 1999. Tesis de Maestría, CINVESTAV-IPN. México. 98 p.



Mann K. H. & J.R.N. Lazier. 2006. *Dynamics of Marine Ecosystems*. Blackwell Publishing. Canada. 496 p.

Manzano-Sarabia, M. M. & C. A. Salinas-Zavala. 2008. Variabilidad estacional e interanual de la concentración de clorofila a y temperatura superficial del mar en la región occidental del Golfo de México: 1996-2007. *Interciencia*, 33 (9): 628-634.

Martínez-López, B. & A. Pares-Sierra. 1998. Circulación el Golfo de México inducida por mareas, viento y la corriente de Yucatán. *Ciencias Marinas*. 24(01):65-93.

Mendoza, M. & M. A. Ortiz-Pérez. 2000. Caracterización geomorfológica del talud y la plataforma continentales de Campeche-Yucatán, México. Investigaciones Oceanográficas. *Boletín del instituto de Geografía, Univ. Nac. Autón. México* (43): 7-31.

Mille-Pagaza, S. R. 2008. *Invertebrados*. IPN-SEP. México. 690 p.

Mille-Pagaza, S. R. & R. Guardarrama. 1992. Análisis comparativo del zooplancton de la Sonda de Campeche y Plataforma Tamaulipeca. En: VI Reunión de la Sociedad Mexicana de Planctología A. C. 28-30 Abril de 1992. Mérida, Yucatán, México.

Monreal-Gómez, M. A., D. A. Salas-de León & A. Gracia-Gasca. 2004. Golfo de México: Circulación y Productividad. *Ciencias*. 76: 24-33.

Newell & Newell. 1977. *Plankton Marine Guide*. Hutchinson & Co. Ltd. England. 244 p.

NOAA/AOML, 2010. NOAA/AOML Altimetry Products  
<http://www.aoml.noaa.gov/phod/altimetry/index.php> Consultado:7/11/2010

Okolodkov, Y. B. 2003. A review of Russian plankton research in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea in the 1960-80s. *Hidrobiológica*, 13(3): 207-221.

Olvera-Limas, L.R. M., M. A. Padilla & G Ortuño. 1987. Investigaciones ictioplanctónicas para evaluar la biomasa reproductora de especies pelágico-costeras y pelágico-oceánicas en el Golfo de México. Informe Final Prey, CONACYT PCECCNA-040602. 342 p.

Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche. 1980. *Informe de los trabajos realizados para el control del pozo Ixtoc 1, el combate del derrame de petróleo y determinación de sus efectos sobre el ambiente marino*. Instituto Mexicano del Petróleo.

Ordóñez-López, U. 1992. Abundancia estacional y distribución del zooplancton en la Plataforma Continental de la Península de Yucatán, México (1983-1990) In: VI Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, A.C., Mérida Yucatán. México. 49 p.

Ordoñez-López, U. M. Órnelas Roa & R. Valle Manzanero. 2000. Distribución de larvas de peces y su relación con los hidrocarburos disueltos del petróleo superficiales en el sur del Golfo de México. En: VII Congreso Nacional de Ictiología. 21-24 de Noviembre. Ciudad de México.

Popowski, G., & A. Campos-Hernández. 1987. Estructura comunitaria del plancton oceánico alrededor de Cuba en marzo de 1981. *Rep. Inv. Inst. Oceanol. Cuba*. 64:1-15.

Parson, T. R., Y. Maity & C. Lalli. 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for seawater Analysis*. Pergamon Press. USA. 173 p.

Quesada-Alpizar, M.A., K. Rodríguez Sáenz & A. Morales-Ramírez. 2001. Fluctuaciones a corto plazo en la composición y abundancia del zooplancton en la costa caribeña de Costa Rica y el impacto potencial de hidrocarburos. En: IX Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar. San Andrés Isla, Colombia Septiembre 16 – 20.

Quintero-Mármol, A. M., M. Herrera-Rodríguez & G. Olguín-Pascual. 2004. Monitoreo ambiental de la actividad petrolera en el Sur del Golfo de México. In: Rivera-Arriaga, E., G. J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeah, & F. Rosado-May (eds.). *Manejo Costero en México*. EPOMEX, México. 161 p.

Ruppert E. & R. Barnes. 1996. *Zoología de los invertebrados*. Sexta edición. MacGraw-Hill Interamericana. México. 1029 p.

- Salas-de-León, D. A., M. A. Monreal-Gómez, L. Sanvicente-Añore, & C. Flores-Coto. 1998. Long-term influence of currents on zooplanktonic organisms distribution in the Bay of Campeche, Mexico. *Oceanologica Acta* 21:87–93.
- Smith D.L. 1977. *A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae*. Kendall/Hunt Publishing Company. USA.
- Sokal, R.R. & F. Rohlf, 1981. *Biometry. The Principles and practice of statistic in Biological Research*. Second Edition. W.H. Freeman. USA. 776p.
- Steele, J. H. 1964. A study of production in the Gulf of Mexico. *Journal of Marine Research*. 22: 211-222.
- Suárez-Morales, E. 1992. Cópodos planctónicos (crustacean: Copépoda) de estrato 0-50m en la zona sur del Golfo de México. *Caribbean Journal of Science*, 28(3-4): 165-172
- Suthers, I. & D. Rissik. 2009. *Plankton. A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO PUBLISHING. Australia. 256 p.
- Trégouboff G. & M. Rose. 1978. *Manuel de planctologie Méditerranéenne*. Tomo I y II. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. France. 587 p.
- UNESCO. 1976. Guide to Operational Procedures for the IGOS Pilot Project on Marine Pollution (Petroleum). Monitoring manual and guide No. 7. UNESCO, Francia.
- USEPA, 1988. Ambient aquatic life water quality criteria for phenanthrene. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratories, Duluth. 43 p.
- Vega-Moro, A.I., 2004. Análisis espacial y temporal de la clorofila-a en el Golfo de México y Mar Caribe oeste, mediante imágenes remotas del sensor seawifs. Tesis Maestría, Dpto. Recursos del Mar, CINVESTAV-IPN Unidad Mérida.

Vázquez-Botello A., G. Ponce-Vélez y G. Díaz-González. 1993. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH'S) en áreas costeras del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 3(1-2): 1-14.

Zar, J.H. 1988. *Bioestatistical Analysis*. Second edition. Prentice-Hall, INC. USA.718 p.

Zavala-García, F. & C. Flores-Coto. 1989. Medición de biomasa zooplanctónica, *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología., Univ. Nal. Autón. México*, 16(2): 273-278.

Zavala-Hidalgo, J. Steven L. Morey, & James J. O'Brien. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 108 (12): 1-19.

## XI. ANEXOS

### Anexo 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo, datos abióticos y bióticos

No. Consecutivo	Estacion	Prof (m)	Posición geográfica		FISICO-QUÍMICOS										BIOLÓGICOS			
			Long W	Lat. N	Tem (°C)	Sal (ups)	SiGMA-T (#)	pH (#)	Oxíd. (mg/l)	Sat. O <sub>2</sub> (%)	Turbidez (NTU)	Clorofila-a (µg/l)	Clorofilas Totales (µg/l)	Abundancia Fitoplanctónica CELL	Biomasa Zooplancónica (g/100ml)			
2	41_17	165.3	-95.500000	19.000000	30.16	35.82	21.98	8.00	6.03	94.60	4.44	0.70	1.48	97320.00	1.70			
3	41_25	1980.0	-95.500000	19.500000	30.15	36.22	22.58	7.36	5.93	90.70	3.79	0.24	0.89	2000.00	0.87			
4	41_33	2320.0	-95.500000	20.000000	30.07	36.35	22.71	8.25	5.91	92.80	4.08	0.11	0.58	920.00	6.72			
5	49_17	1230.1	-95.000000	19.000000	29.95	36.22	22.66	7.88	6.02	94.20	3.96	0.24	0.89	5160.00	2.48			
6	49_21	1793.0	-95.000000	19.250000	29.93	36.28	22.72	7.90	6.03	93.50	5.78	0.24	0.89	420.00	6.66			
7	49_25	2364.0	-95.000000	19.500000	29.61	36.11	22.74	8.13	6.00	92.30	3.75	0.35	0.74	270.00	1.34			
8	49_33	2721.0	-95.000000	20.000000	30.32	36.68	22.88	8.28	5.96	87.30	3.60	0.13	0.47	1800.00	3.28			
9	49_41	3057.7	-95.000000	20.500000	30.38	36.77	22.92	8.26	5.99	94.10	4.45	0.00	0.00	200.00	1.11			
11	57_5	26.5	-94.500000	18.250000	29.81	35.14	21.87	8.27	5.99	88.10	5.16	0.70	1.48	3540.00	2.96			
12	57_9	67.0	-94.500000	18.500000	29.64	34.73	21.61	8.26	6.31	98.50	4.42	0.25	0.66	183750.00	1.58			
13	57_17	884.0	-94.500000	19.000000	29.91	36.24	22.68	8.22	6.11	94.10	4.30	0.48	1.77	1060.00	0.55			
14	57_21	1060.0	-94.500000	19.250000	29.79	36.22	22.71	8.14	6.02	94.60	3.52	0.11	0.58	660.00	0.69			
15	57_25	1520.0	-94.500000	19.500000	29.36	35.90	22.61	8.21	6.06	92.70	4.35	0.36	0.98	1120.00	2.68			
16	57_33	1100.0	-94.500000	20.000000	30.23	36.61	22.86	8.22	6.07	93.80	3.70	0.35	0.74	500.00	1.51			
17	57_41	2400.0	-94.500000	20.500000	30.33	36.68	22.87	8.20	5.94	93.20	4.10	0.13	0.75	360.00	0.31			
18	57_49	3310.0	-94.500000	21.000000	30.10	36.69	22.95	8.26	5.90	90.10	4.70	0.13	0.47	520.00	1.58			
22	65_6	11.0	-94.000000	18.307500	30.29	31.99	19.42	8.32	6.37	92.50	6.34	0.70	1.48	15960.00	3.72			
23	65_9	51.0	-94.000000	18.500000	30.33	29.09	17.13	8.40	6.90	108.10	7.01	0.81	1.59	28260.00	6.40			
24	65_13	276.0	-94.000000	18.312500	29.89	36.25	22.70	8.27	6.11	93.70	3.91	0.11	0.58	980.00	1.91			
25	65_21	720.0	-94.000000	19.250000	29.85	36.27	22.73	8.24	6.04	93.70	3.82	0.24	0.69	460.00	0.85			
26	65_25	400.0	-94.000000	18.500000	30.02	36.14	22.57	8.26	5.81	91.60	4.44	0.24	0.89	540.00	0.51			
29	65_33	1050.0	-94.000000	19.500000	30.26	36.61	22.84	8.24	5.92	92.80	4.36	0.24	0.38	5220.00	0.68			
34	65_41	2363.0	-94.000000	20.000000	30.28	36.66	22.87	8.27	5.99	88.30	4.22	0.13	0.75	17600.00	0.61			
37	65_49	2665.0	-94.000000	20.500000	30.20	36.78	22.96	8.27	5.86	90.20	4.06	0.00	0.00	860.00	0.56			
39	65_57	3260.1	-94.000000	21.000000	30.20	36.69	22.90	8.28	5.95	94.00	3.51	0.36	0.85	8200.00	1.42			
42	73_9	24.4	-93.500000	18.500000	29.80	34.40	21.09	8.33	6.21	90.30	5.87	0.46	1.32	127600.00	4.87			
43	73_17	295.0	-93.500000	19.000000	29.98	34.56	21.37	8.34	6.26	94.20	4.51	0.11	0.37	5820.00	10.02			
44	73_25	708.0	-93.500000	19.500000	29.93	36.25	22.68	8.26	5.89	90.60	3.73	0.13	0.47	3000.00	1.24			
45	73_33	860.0	-93.500000	20.000000	30.02	36.16	22.59	8.27	5.79	88.30	5.10	0.13	0.75	720.00	7.73			
46	73_41	1480.0	-93.500000	20.500000	30.16	36.66	22.92	8.16	5.85	92.90	4.10	0.25	0.66	4400.00	0.62			
47	73_49	1985.0	-93.500000	21.000000	30.55	36.69	22.81	8.27	5.88	93.90	3.82	0.13	0.47	4120.00	0.12			
49	78_11	28.5	-93.190494	18.624281	29.53	34.93	21.95	8.26	6.07	92.80	5.68	0.08	0.34	20007.72	0.92			
50	1	19.0	-92.988850	18.483103	30.09	35.22	21.81	8.19	5.92	90.80	4.22	0.35	0.74	3620.00	2.39			
53	81_9	20.1	-93.000000	18.500000	29.67	35.20	21.98	8.22	6.02	92.10	5.58	0.12	0.19	2340.00	2.24			
54	81_13	38.4	-93.000000	18.750000	29.60	34.58	21.52	8.26	6.43	89.10	4.66	0.36	0.98	5040.00	3.87			
55	81_17	120.0	-93.000000	19.000000	29.09	35.30	22.28	8.22	6.34	89.90	5.16	0.36	0.96	4700.00	2.33			
56	81_21	334.0	-92.979181	19.285942	29.70	34.89	21.99	8.25	6.17	91.50	4.00	0.36	0.98	1460.00	0.87			
57	81_25	860.0	-93.000000	19.500000	29.95	34.24	21.19	8.30	6.02	94.00	5.16	0.37	1.13	379060.00	9.18			
59	81_33	1309.0	-93.000000	20.000000	30.06	35.88	22.36	8.25	5.94	91.70	4.04	0.35	0.74	800.00	3.62			
60	81_41	1537.1	-93.000000	20.500000	30.16	36.59	22.11	8.26	5.94	90.40	3.73	0.36	0.98	1600.00	5.11			
62	81_49	2548.4	-93.000000	21.000000	30.10	36.60	22.89	8.26	6.01	94.00	3.26	0.11	0.58	1800.00	7.45			
63	81_65	3295.0	-93.000000	22.000000	29.97	35.80	22.43	8.28	6.03	92.50	4.23	0.13	0.46	5540.00	6.56			
64	3	18.0	-92.865092	18.626817	30.29	34.82	21.51	8.19	6.31	97.00	4.17	0.35	0.74	86390.00	6.53			
65	5	19.5	-92.758981	18.760003	29.10	34.24	21.34	8.25	7.02	109.60	7.16	4.62	9.75	182720.00	8.83			
66	7	23.0	-92.674583	18.860661	29.11	33.19	21.10	8.26	6.87	104.80	6.80	1.40	3.19	42760.00	8.58			

67	85_16	30.0	-82.750056	18.876781	29.23	33.26	21.09	8.27	6.79	94.70	5.33	1.27	3.38	13580.00	6
70	9	31.0	-82.599531	18.548003	29.90	35.60	22.20	8.26	5.76	90.00	3.87	0.73	1.73	7810.00	6
71	87_17	41.4	-82.625300	19.090000	29.82	35.38	22.05	8.26	5.94	92.72	3.87	0.53	1.37	6567.00	4
72	88_19	60.0	-82.562500	19.125000	29.85	35.50	22.07	8.26	5.89	89.71	3.88	0.26	0.75	2888.00	3
73	89_17	32.0	-82.500000	19.000000	29.80	35.60	22.40	8.23	5.84	89.80	4.52	0.35	0.74	880.00	7
74	89_20	62.0	-82.500000	19.187500	29.84	35.44	22.02	8.26	5.85	89.49	4.02	0.22	0.67	214.00	1
75	89_25	132.7	-82.500000	19.500000	29.85	34.24	21.20	8.30	5.78	88.90	4.41	0.25	0.94	11500.00	0
76	89_29	263.9	-82.500000	19.750000	30.26	33.01	20.13	8.32	5.82	92.70	4.47	0.09	0.00	9990.00	2
77	89_33	1326.0	-82.500000	20.000000	29.91	33.82	20.87	8.33	5.72	87.80	5.44	0.35	0.74	9190.00	0
78	89_41	2369.4	-82.500000	20.500000	29.80	35.00	21.80	8.30	6.05	94.90	3.90	0.12	0.19	780.00	2
79	89_49	1357.4	-82.500000	21.000000	30.30	35.73	22.17	8.29	5.80	92.10	3.97	0.00	0.00	960.00	0
80	89_65	1346.6	-82.500000	22.000000	29.99	34.98	21.72	8.27	6.00	94.60	4.15	0.25	0.66	8000.00	0
82	92_21	40.4	-82.312500	19.250000	29.79	35.57	22.10	8.25	5.85	89.73	4.46	0.23	0.72	429.00	0
84	94_22	37.1	-82.205736	19.309758	29.80	35.66	22.21	8.25	5.88	90.47	4.75	0.26	0.80	378.00	3
86	94_25	60.9	-82.187500	19.500000	29.92	35.40	22.02	8.25	5.87	91.60	5.05	0.30	0.95	109.00	1
88	95_21	30.0	-82.118469	19.251111	29.72	35.87	22.40	8.24	5.92	90.60	4.91	0.29	0.84	1133.00	3
89	95_24	48.7	-82.125000	19.437500	29.88	35.79	22.32	8.24	5.89	91.74	5.18	0.31	0.92	1512.00	3
90	95_26	64.7	-82.125000	19.562500	29.93	35.57	22.15	8.25	5.87	92.35	5.26	0.35	1.11	1238.00	1
93	96_28	75.6	-82.062500	19.687500	29.93	35.56	22.16	8.24	5.92	92.91	5.21	0.47	1.55	4900.00	1
94	97_17	22.1	-82.000000	19.000000	29.30	35.55	22.38	8.23	6.07	90.40	5.69	0.38	0.98	680.00	6
95	97_22	33.9	-81.892839	19.312900	29.74	36.15	22.63	8.23	5.96	91.39	5.25	0.37	1.00	2218.00	5
97	97_25	50.0	-82.010608	19.500000	29.89	36.29	22.72	8.23	5.92	93.00	5.73	0.36	0.98	1740.00	5
99	97_36	58.1	-82.002178	20.155339	29.86	35.63	22.25	8.23	6.53	94.93	5.00	0.29	0.83	4127.00	6
100	97_41	47.2	-82.000000	20.500000	29.88	36.02	22.53	8.27	6.12	94.00	5.71	0.23	0.66	600.00	4
101	97_49	52.4	-82.000000	21.000000	29.80	35.90	22.46	8.26	6.10	89.40	4.35	0.12	0.19	480.00	1
102	97_85	77.7	-82.000000	22.000000	30.10	36.65	22.90	8.24	6.13	96.00	4.25	0.13	0.47	180.00	0
103	98_25	48.5	-81.937500	19.500000	29.83	36.36	22.79	8.23	5.93	92.60	5.51	0.38	1.07	53197.00	8
106	105_17	15.0	-81.500000	19.000000	29.60	37.13	23.40	8.17	5.95	92.80	7.65	1.74	3.70	1880.00	17
107	105_25	30.3	-81.500000	19.500000	29.36	36.75	23.25	8.25	6.08	88.00	4.66	0.36	0.98	1440.00	4
108	105_29	33.7	-81.500000	19.750000	29.50	36.70	23.20	8.21	6.13	95.40	4.72	0.14	0.62	1500.00	14
109	105_33	33.9	-81.500000	20.000000	29.52	36.72	23.17	8.28	6.05	90.00	3.79	0.35	0.74	80.00	39
110	105_41	33.2	-81.500000	20.500000	29.69	36.82	23.19	8.26	6.00	92.90	3.85	0.13	0.47	490.00	11
111	113_25	12.6	-81.000000	19.500000	28.62	36.47	23.29	8.20	6.10	91.80	5.50	0.35	0.74	2950.00	4
112	113_29	10.0	-81.000000	19.750000	28.83	36.45	23.21	8.20	5.97	91.90	4.51	0.12	0.19	980.00	5
113	113_41	18.8	-81.000000	20.500000	29.10	36.40	23.05	8.19	6.34	98.60	5.42	0.12	0.19	4700.00	1
114	113_49	26.8	-81.000000	21.000000	29.29	36.63	23.19	8.16	6.01	94.20	3.84	0.12	0.19	2880.00	3
115	113_85	50.5	-81.000000	22.000000	29.75	36.81	23.01	8.28	6.30	94.40	3.71	0.13	0.47	180.00	2
119	129_57	22.5	-80.000000	21.500000	27.90	36.52	23.58	8.11	5.86	89.40	6.75	0.58	2.12	363400.00	12
120	129_65	47.0	-80.000000	22.000000	29.60	36.48	22.90	8.25	5.77	90.70	3.97	0.24	0.89	63400.00	1
121	129_73	73.8	-80.000000	22.500000	29.77	36.42	22.87	8.26	6.15	95.40	4.45	0.13	0.47	1600.00	8

Anexo 2. Valores de contaminantes en cada estación

Estación	Alifaticos µg/L	UCM µg/L	PAHs µg/L	HC totales µg/L
2	0.0001	0.0001	0.0185	0.0185
12	0.0001	1.0594	0.0917	1.1511
24	0.0001	0.0001	0.0255	0.0255
42	0.1437	0.0001	0.0490	0.1926
43	0.3872	0.0001	0.0472	0.4345
54	0.0999	11.5004	0.0159	11.6162
56	1.4455	6.1790	0.0001	7.6245
63	1.1037	0.0001	0.0405	1.1442
65	0.9641	38.5931	0.0714	39.6286
67	0.5243	3.4714	0.0493	4.0450
70	1.5825	0.0001	0.0281	1.6106
72	0.0001	0.0001	0.0056	0.0056
73	1.0490	0.0001	0.0001	1.0490
74	1.6450	0.0001	0.0001	1.6450
75	1.8143	0.0001	0.0000	1.8143
77	1.9857	0.0001	0.0002	1.9859
79	1.2269	0.0001	0.0308	1.2577
80	7.2299	48.0924	0.0353	55.3576
82	2.1451	9.8554	0.0442	12.0448
89	1.6626	3.2385	0.0001	4.9011
93	0.0001	2.1513	0.0075	2.1587
94	4.9910	9.7319	0.0411	14.7640
99	4.4978	6.9513	0.0095	11.4586
100	1.4933	7.7566	0.0354	9.2854
3	0.0001	0.0001	0.0724	0.0724
5	3.2715	4.1612	0.1196	7.5523
7	0.0001	0.0001	0.1140	0.1140
9	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
13	0.0001	0.0001	0.0746	0.0746
15	1.2548	3.0297	0.1094	4.3938
17	0.0001	0.0001	0.0741	0.0741
44	0.0001	14.5977	0.0044	14.6021
46	0.4163	11.6938	0.0239	12.1340
60	0.6632	10.2554	0.0398	10.9584
62	0.9922	6.0808	0.0002	7.0732
95	1.0462	2.6705	0.0259	3.7426
97	0.3546	2.4390	0.0442	2.8378
102	0.5764	4.2115	0.0010	4.7889
103	0.0001	0.0001	0.0150	0.0150
106	2.9197	0.0001	0.0542	2.9739
107	0.3206	0.0001	0.0007	0.3213
109	5.2249	53.7345	0.0556	59.0150
111	5.0179	1.3354	0.0394	6.4118
113	6.5631	6.5377	0.0561	13.1882
115	3.2871	4.4458	0.0481	7.8060
120	1.5355	0.0001	0.0164	1.5638





Densidad (No. de Org por cada 100m3) del zooplancton en el mar del Golfo de México. Campaña ACAMB04 (Sep-Oct, 2009)

Grupos del Zooplankton-Estación	45	46	47	48	50	53	54	55	56	57	59	60	62	63	64	65	66	67	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80		
ACTINIA (Actinida)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
AMPHIOXA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
AMPHIRODA	8.7	0.0	0.0	9.3	44.6	23.9	46.5	6.8	0.0	10.1	7.9	45.4	12.4	10.6	116.7	584.4	0.0	0.0	11.7	156.5	20.5	99.8	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	
ANTHOZOA (Planula)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
APPENDICULARIA	26.2	179.4	16.7	0.0	807.6	385.6	423.9	129.3	28.4	40.4	71.3	121.7	317.1	638.5	259.4	699.6	190.9	233.0	434.1	1962.7	82.1	4.3	23.1	147.7	98.5	0.0	89.6	285.9	76.0	0.0	
ASCIDACEA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
BRACHIOPODA (Lingula)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
BRIOZOA (Cylindrocapsa)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CHAETOGNATHA	767.2	558.8	26.9	59.0	99.4	611.4	429.7	353.9	0.0	637.0	950.8	1229.1	158.6	1146.3	1271.2	641.7	742.4	414.2	787.1	1300.3	379.5	225.7	296.7	718.8	881.5	425.1	1409.0	648.8	202.7	0.0	
CEPHALOCORDATA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CEPHALOPODA (Mollusca)	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CIRRIPEDIA (Cypris)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CLADOCERA	4.4	4.1	0.0	0.0	37.7	5.2	470.3	40.8	0.0	0.0	166.4	16.5	0.0	0.0	1491.7	1252.7	173.3	595.4	223.2	791.5	51.3	34.7	66.1	278.6	103.4	1.8	48.3	1335.9	8.4	0.0	
COPEPODA (Nauplio/Adulto)	1739.3	824.9	67.0	123.3	908.1	1590.6	3240.1	1408.6	1027.8	1750.0	6861.4	18068.5	1343.2	3757.2	1232.3	3406.4	3012.3	7399.2	1762.2	2457.6	1907.7	648.6	1248.0	4639.2	3608.6	493.0	2168.8	5281.9	895.2	0.0	
CTENOPHORA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CUMACEA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
DECAPODA (Brazzo)	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
DECAPODA (Zoea)	34.9	0.0	0.0	52.8	132.4	38.3	336.8	272.2	14.2	101.0	15.8	236.9	6.2	31.8	334.3	126.6	528.2	479.9	951.6	294.4	62.1	308.1	545.5	384.5	162.5	21.3	552.6	31.2	0.0	0.0	
DECAPODA (Mysis)	26.2	0.0	6.7	12.4	10.3	88.1	778.1	66.1	7.1	50.5	23.8	0.0	0.0	0.0	51.9	34.4	214.1	155.3	11.7	0.0	0.0	13.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
DECAPODA (Megalopa)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
DECAPODA (Palaemon)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
DECAPODA (Caridea/Palaemonidae)	0.0	0.0	0.0	46.6	27.4	0.0	0.0	1294.7	14.2	313.2	23.8	32.9	31.1	31.8	1673.3	1420.9	1142.1	668.0	246.7	907.7	20.5	0.0	128.1	58.9	0.0	12.4	0.0	5.2	0.0	0.0	
ECHINODERMATA (JEANOH)	4.4	4.1	6.7	28.0	0.0	114.0	22.3	149.7	0.0	10.1	79.2	0.0	6.2	206.6	246.5	286.5	71.4	51.9	34.0	36.8	0.0	21.7	0.0	103.1	187.1	88.6	2092.8	10.4	50.7	0.0	
EUPHUSIACEA	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
FORAMINIFERA (Protozoa)	0.0	55.7	16.7	62.1	20.8	20.7	22.2	61.3	42.5	20.0	134.7	5.5	6.2	594.4	123.7	34.4	0.0	0.0	106.7	110.4	296.7	43	66.1	288.1	4.9	30.4	11.4	270.3	484.5	0.0	
GASTROPODA (Veliger)	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	36.3	89.7	0.0	0.0	10.1	0.0	5.5	87.1	10.6	129.7	34.4	85.7	64.7	70.5	98.1	10.3	35.4	0.0	8.4	29.5	2.5	0.0	10.4	16.9	0.0	
GASTROPODA (Mollusca)	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
HETEROPODA (Mesogastropoda)	797.7	4.1	6.7	0.0	0.0	5.2	0.0	47.6	0.0	161.7	7.9	27.4	6.2	233.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.7	57.8	8.4	54.5	3.5	214.1	10.4	8.4
HYDROZOA (Microsetias)	39.2	0.0	0.0	18.6	383.8	36.3	63.9	42.9	0.0	30.3	31.7	49.4	36.0	254.7	207.5	194.8	371.2	71.7	270.2	65.9	51.3	4.3	0.0	41.8	54.2	0.0	227.9	213.1	0.0	0.0	
INSECTA (Hippidae)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
ISOPODA (Mantia)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JANELLIBRANCHIA (Bivalvia)	30.5	2.1	0.0	0.0	363.3	25.9	89.7	6.8	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	38.9	229.2	199.9	129.4	58.7	36.8	41.0	8.7	4.1	2.8	0.0	3.5	13.8	0.0	0.0	0.0	
MYSIACEA	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	319.4	0.0	0.0	36.3	0.0	11.3	0.0	118.7	0.0	0.0	171.3	129.4	11.7	0.0	0.0	0.0	39.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NEMATODA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NEMERTINI (Ptilinini)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OSTRACODA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.8	42.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PHORONIDA (Actinotrocha)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
POLYCHAETA (Tritrichophora)	8.7	24.7	0.0	46.6	48.0	31.1	296.1	47.6	28.4	131.3	63.4	0.0	31.1	74.3	25.9	22.9	0.0	51.8	34.0	12.3	10.3	17.4	37.2	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PORIFERA (Germules)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PROTOZOA (Ciliate)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PTEROPODA (Thecosomata)	17.4	6.2	0.0	0.0	455.6	134.7	145.2	517.3	7.1	30.3	63.4	0.0	31.1	231.5	596.7	366.7	365.5	77.7	35.2	12.3	82.1	88.8	24.8	2.8	0.0	1.8	13.8	5.2	0.0	0.0	
PTEROSOMIDA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PTYROSOMIDAE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ROTIFERA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SERGESTIDAE	4.4	8.2	0.0	491.8	253.6	41.4	4																								

Grupos del Zooplancton/Estación	Densidad (No.de Org por cada 100m <sup>3</sup> ) del zooplancton en el sur del Golfo de México, Campaña XCAMBC-4 (Sep-Oct, 2009)																											
	82	84	86	86	89	90	93	94	96	97	99	100	101	102	103	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	119	120	121
ACTINIDA (Actinial)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AMPHIOXA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AMPHIOZA	0.0	28.0	0.0	31.1	0.0	5.8	0.0	111.0	518.9	13.9	11.5	216.0	84.7	0.0	862.6	58.0	13.3	0.0	130.5	49.1	11.9	234.8	0.0	6.0	29.6	19.9	76.5	0.0
ANTHOZOA (Planula)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
APPENDICULARIA	11.5	56.1	11.1	156.4	147.0	67.2	12.8	416.4	202.2	159.5	0.0	8.3	30.2	248.3	62.7	0.0	206.8	90.1	65.3	657.9	523.4	7455.5	19.6	596.2	1132.6	934.7	407.9	88.1
ASODIACEA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BRACHIOPODA (Lingual)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BRIOZOA (Cyphozoa)	2.9	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.4	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0	0.0
CHAETOGNATHA	172.6	495.3	777.7	2112.9	1089.1	189.3	102.2	1193.7	1407.8	3371.3	492.5	531.6	2201.0	236.5	784.2	637.5	1608.9	707.9	636.3	7535.6	3016.6	968.6	117.5	447.2	864.5	79.5	447.2	507.6
CEPHALOCORDATA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CEPHALOPODA (Mollusca)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CRIPPEIDA (Cypis)	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CLADOCERA	0.0	56.1	7.4	692.5	99.0	26.3	63.9	6643.9	1594.5	575.7	80.2	49.8	90.7	19.9	815.5	18034.5	823.0	650.0	179.5	180.2	4980.6	9480.8	0.0	11.9	0.0	1949.4	0.0	0.0
COPEPODA (Nauplii/Adult)	284.9	1944.0	758.8	4086.0	2167.2	324.1	478.9	7898.6	1679.0	4453.4	710.1	988.5	2358.2	2368.1	2791.6	3670.7	10008.2	1260.7	4535.7	4947.2	7078.0	20047.6	1161.1	2350.0	4966.4	2390.4	1923.0	955.7
CTEPOPHORA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CUMACEA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DECAPODA (Nauplii)	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DECAPODA (Zoea)	236.1	363.2	562.6	512.7	125.2	32.1	25.5	258.3	466.7	69.4	0.0	149.5	256.1	1.6	156.8	2316.3	172.6	96.5	66.3	147.4	2165.0	792.5	36.9	59.6	345.8	59.7	604.1	13.6
DECAPODA (Mysis)	11.5	794.4	11.1	1538.1	179.7	23.0	0.0	0.0	435.6	90.2	0.0	0.0	12.1	0.0	109.6	540.9	13.5	495.6	0.0	0.0	2153.1	117.4	0.0	6.9	77.5	99.4	70.6	0.0
DECAPODA (Megopa)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	82.2	0.0	0.0	33.2	60.5	0.0	31.4	0.0	6.6	45.1	16.3	49.1	29.7	58.7	0.0	6.0	0.0	59.7	7.8	0.0
DECAPODA (Filosoma)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DECAPODA (Caridea/Palaemon)	0.0	0.0	25.9	2945.9	0.0	0.0	6.4	415.4	452.3	0.0	0.0	681.1	344.7	10.0	1129.2	2917.2	288.4	0.0	32.6	344.0	0.0	399.3	0.0	172.9	357.7	178.0	86.3	6.0
ECHINODERMATA (CIVOH)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	11.5	41.5	12.1	0.0	0.0	58.0	458.0	0.0	32.6	49.1	0.0	66.1	0.0	0.0	11.9	298.3	47.1	27.1
EUPHAUSIACEA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FORAMINIFERA (Protzoa)	5.8	84.1	66.6	419.4	397.5	0.0	67.5	37.0	30.2	41.6	382.2	33.2	175.4	3.3	78.4	15.3	6.0	0.0	65.3	114.7	0.0	117.4	0.0	0.0	161.0	79.5	104.0	3.0
GASTROPODA (Veliger)	0.5	0.0	11.1	0.0	0.0	46.7	0.0	18.5	124.5	13.9	0.0	141.2	30.2	826.1	235.2	58.0	32.7	25.7	571.0	851.9	65.4	0.0	12.4	482.9	55.6	0.0	192.0	3.0
GASTROPODA (Nudibranchia)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HETEROPODA (Mesozooplankton)	25.9	112.2	0.0	77.7	136.1	0.0	6.4	0.0	0.0	1.5	8.3	66.5	3.3	0.0	0.0	19.9	0.0	16.3	48.1	399.3	29.4	0.0	0.0	5.0	29.8	0.0	7.8	0.0
HYDROZOA (Micrometus)	0.0	887.9	0.0	285.2	124.7	0.0	0.0	74.0	86.6	173.4	0.0	33.2	284.2	10.0	0.0	2568.8	758.7	0.0	2512.0	29.7	675.1	0.0	89.4	107.3	39.8	392.0	985.6	0.0
INSECTA (Hydrozoide)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ISOPODA (Nemata)	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	31.4	38.6	119.5	0.0	32.6	96.3	29.7	86.1	0.0	6.0	6.0	0.0	15.7	0.0
LAMELLEBRANCHIA (Brachia)	3.0	0.0	0.0	46.6	5.4	0.0	0.0	64.8	124.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.9	58.0	92.9	90.1	48.9	16.4	5.9	295.5	0.0	71.5	0.0	0.0	0.0	0.0
MYSIDACEA	0.0	0.0	0.0	46.6	0.0	0.0	0.0	116.7	0.0	0.0	0.0	91.4	54.4	0.0	47.6	0.0	0.0	0.0	0.0	505.6	993.9	0.0	441.2	608.1	198.9	94.1	0.0	0.0
NEMATODA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NEMERTINI (Phidium)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OSTRACODA	0.0	0.0	0.0	46.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	6.0	232.6	0.0	0.0	909.6	0.0	623.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	0.0	0.0
PHORONIDA (Actinotrocha)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
POLYCHAETA (Trochophora)	0.0	28.0	7.4	62.1	16.3	0.0	51.1	286.9	124.5	83.2	22.9	116.3	36.3	3.3	125.5	0.0	205.8	0.0	48.9	393.2	17.8	29.4	0.0	23.6	17.9	19.9	0.0	0.0
PORIFERA (Gemmules)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PROTOZOA (Ciliata)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PTEROPODA (Fleussomata)	6.6	64.1	22.2	202.0	119.8	73.0	57.5	148.1	326.7	215.0	137.4	99.7	42.3	3.3	470.5	19.3	126.1	0.0	212.1	196.6	0.0	117.4	0.0	0.0	23.8	0.0	7.8	0.0
PYCNOGONIDA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PYROSOMIDAE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ROTIFERA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SERGESTIDAE	5.6	1018.7	0.0	4225.6	65.3	5.8	0.0	679.2	1555.6	90.2	0.0	614.7	108.8	0.0	1646.7	2299.0	19.0	327.7	0.0	213.0	146.7	29.4	0.0	126.2	11.9	79.5	7.6	0.0
SCYPHOZOA (Macrometusa)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SIPHONOPHORA	60.4	245.9	1243.7	479.5	474.7	894.2	185.2	721.8	674.5	971.1	3030.8	589.6	393.0	560.7	266.6	0.0	1042.1	328.2	12497.7	6563.6	29.7	1065.0	0.0	310.0	26.4	1789.9	243.2	223.7
SIPHONULIDA	0.0																											

## Anexo 4. Variación de los descriptores comunitarios

Estación	Riqueza (S)	Diversidad (H)	Hmax	Hmin	Equidad (J)
2	3.29	4.392	0.022	0.749	
3	14	2.321	3.807	0.047	0.61
4	21	2.973	4.392	0.035	0.677
5	15	2.67	3.907	0.037	0.684
6	21	3.712	4.392	0.045	0.845
7	17	2.484	4.087	0.04	0.608
8	17	1.99	4.087	0.019	0.414
9	17	2.518	4.087	0.051	0.616
11	21	3.116	4.392	0.015	0.709
12	19	3.155	4.248	0.039	0.743
13	12	2.19	3.585	0.026	0.611
14	11	2.596	3.459	0.033	0.75
15	16	2.203	4	0.036	0.576
16	18	2.868	4.17	0.041	0.688
17	17	2.913	4.087	0.093	0.713
18	19	2.923	4.248	0.052	0.688
22	23	2.925	4.524	0.011	0.647
23	20	2.145	4.322	0.014	0.496
24	16	2.151	4	0.026	0.538
25	12	1.443	3.585	0.059	0.403
26	16	2.291	4	0.098	0.573
29	11	1.882	3.459	0.039	0.544
34	17	2.436	4.087	0.071	0.596
37	14	2.875	3.807	0.056	0.755
39	12	2.047	3.585	0.038	0.571
42	22	2.489	4.459	0.009	0.558
43	17	3.351	4.087	0.034	0.82
44	21	3.047	4.392	0.075	0.694
45	20	2.103	4.322	0.019	0.487
46	15	2.169	3.907	0.047	0.555
47	11	2.794	3.459	0.186	0.808
49	17	2.467	4.087	0.056	0.603
50	20	2.432	4.322	0.008	0.563
53	22	1.48	4.459	0.012	0.332
54	24	2.181	4.585	0.008	0.476
55	23	2.991	4.524	0.016	0.632
56	14	1.826	3.807	0.075	0.408
57	23	3.216	4.524	0.027	0.711
59	19	1.696	4.248	0.015	0.399
60	19	1.037	4.248	0.008	0.244
62	20	2.63	4.322	0.046	0.608
63	21	2.991	4.392	0.01	0.674
64	22	3.455	4.459	0.014	0.775
65	24	2.848	4.585	0.005	0.621
66	21	1.943	4.392	0.004	0.442
67	20	1.99	4.322	0.006	0.46
70	23	3.289	4.524	0.018	0.727
71	21	2.569	4.392	0.014	0.585
72	20	2.951	4.322	0.041	0.685
73	23	2.589	4.524	0.022	0.572
74	20	3.245	4.322	0.023	0.751
75	23	2.079	4.524	0.025	0.46
76	16	2.134	4	0.018	0.533
77	19	2.245	4.248	0.048	0.528
78	22	2.996	4.459	0.027	0.672
79	19	2.236	4.248	0.03	0.526
80	14	2.52	3.807	0.042	0.662
82	15	2.81	3.907	0.044	0.719
84	19	3.337	4.248	0.025	0.786
86	16	2.431	4	0.018	0.608
88	24	3.152	4.585	0.014	0.69
89	21	3.036	4.392	0.015	0.692
90	15	2.674	3.907	0.053	0.684
93	14	2.639	3.807	0.053	0.693
94	21	2.91	4.392	0.012	0.682
95	23	3.616	4.524	0.018	0.799
97	20	2.944	4.322	0.018	0.589
99	12	1.941	3.585	0.024	0.541
100	23	3.017	4.524	0.032	0.667
101	26	3.063	4.7	0.03	0.652
102	15	1.711	3.907	0.024	0.438
103	24	3.71	4.585	0.017	0.805
106	19	1.449	4.248	0.001	0.341
107	26	2.611	4.7	0.015	0.555
108	15	3.343	3.907	0.022	0.856
109	22	2.262	4.459	0.009	0.507
110	24	2.911	4.585	0.01	0.635
111	21	2.807	4.352	0.007	0.539
112	24	2.288	4.585	0.005	0.499
113	8	1.456	3	0.018	0.485
114	24	2.101	4.585	0.008	0.458
115	24	2.578	4.585	0.022	0.562
119	19	1.903	4.248	0.006	0.448
120	24	2.29	4.585	0.029	0.499
121	12	2.115	3.585	0.017	0.59