



Estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica y calidad ambiental de la Bahía de Campeche en tres temporadas de nortes.

T E S I S

que para obtener el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

(BIOLOGIA MARINA)

p r e s e n t a

RICARDO ROJAS LÓPEZ

Directora de Tesis: Dra. VIVIANNE SOLÍS WEISS

Comité Tutorial: Dr. Arturo Carranza Edwards

Dr. Luis Arturo Soto González

Dr. David Alberto Salas de León

Dr. Alejandro Granados Barba

México, D.F. 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## *A mi esposa Naye*

*Quiero dedicarte este trabajo pues es una etapa más de mi vida que finaliza, en la cual has sido muy importante ya que con tu amor, amistad, apoyo y confianza has logrado que confíe en lo que hago y en mis decisiones, especialmente porque eres una persona de admirar en todos los aspectos, hasta el momento, tu vida ha sido trabajada con ánimo, esfuerzo y energía, que contagias a toda la gente a tu alrededor. Ahora formamos parte de una misma vida y juntos tenemos muchas más metas que cumplir, sueños que alcanzar y si no se a donde vamos, sí se que quiero ir contigo.*

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, por brindarme una formación profesional y permitirme ser parte de ella, así como al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, en donde he encontrado un área de la ciencia que llena de satisfacciones.

A la Dra. Vivianne Solís Weiss por darme la oportunidad de formar parte del laboratorio, brindarme las facilidades para la realización de este trabajo y más aún por ayudarme y apoyarme en mi formación durante esta etapa, en la cual también hemos podido colaborar en diversas actividades.

Al Dr. Alejandro Granados Barba (Alex) por la confianza, amistad y sobre todo paciencia que ha mostrado a lo largo de todos estos años de conocernos (ya son 7 años) y a pesar de la distancia ha seguido al pendiente de todas las actividades que realizo y en todo momento me brinda enseñanza y apoyo en mi formación tanto profesional como personal.

Al Dr. Arturo Carranza Edwards por todas las sugerencias que realizó y por compartir conmigo sus experiencias acerca de la zona de estudio.

Al Dr. Luís Arturo Soto González por su apoyo durante el desarrollo de este trabajo, así como sus acertadas sugerencias y comentarios.

Al Dr. David Alberto Salas de León por el apoyo, amistad y atenciones que siempre brinda.

Al Dr. Ángel Borja de AZTI (España), por su apoyo y sugerencias en la aplicación del índice AMBI.

A mis papás, gracias por siempre creer en mí y dejarme tomar mis decisiones desde muy chico. A mis hermanos quienes me han dado su apoyo y cariño, aunque ahora no nos vemos tan seguido, espero sepan que siempre haré lo posible porque el tiempo que estemos juntos sea de mayor calidad. También agradezco a mi familia que son muchos, pero a todos ellos gracias.

A la familia Domínguez Castanedo, por aceptarme en su familia y poder convivir con ellos, gracias por el apoyo y los buenos consejos.

A todos los participantes durante las campañas oceanográficas SGM6, SGM7 y SGM8, por su colaboración en la obtención de las muestras y buen compañerismo.

A todos los que colaboraron en la identificación taxonómica de los diferentes grupos: poliquetos (Nayeli Domínguez, Víctor Ochoa, Adriana Barbosa, Beatriz Yáñez, Sarita Frontana, Pablo Hernández y Alejandro Granados), crustáceos (Margarita Hermoso, Karina Arvizu), moluscos (Daniela Castro) y equinodermos (Sarita Frontana), a todos gracias.

A Marco A. Jiménez por su amistad, confianza y apoyo y muy importante por acompañarme (a escalar también) y escucharme en todo momento.

A los integrantes del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad de Invertebrados Marinos, por convivir todo este tiempo: Arturo, Juan, Viridiana, Diana, Rosa, Luis E., Bethy, Karina, Virginia, Ángel, Víctor, Adriana, Pablo, Sarita y Margarita.

A la coordinación del PCML, en donde siempre se encuentra a alguien que te apoye y resuelva las dudas, así como su buena disposición y eficiencia para realizar las cosas.

Al Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez por las facilidades y datos otorgados para este trabajo, del proyecto “Evaluación Prospectiva para el Programa de monitoreo Continuo del Efecto Ambiental de la Actividad Petrolera en el Golfo de México” PEMEX-ICMYL-UNAM N°. PEP-UNAM/001/2001 en sus campañas SGM6, SGM7 y SGM8.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para la realización de la maestría.

A todas las personas que directa o indirectamente colaboraron durante la realización de este trabajo, a todos ellos muchas gracias.

## **INDICE**

### **RESUMEN**

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.- ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
<b>3.- OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
<b>3.1. General</b>	<b>6</b>
<b>3.2. Particulares</b>	<b>6</b>
<b>4.- ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>7</b>
<b>5.- MÉTODO</b>	<b>10</b>
<b>5.1. Procedencia de los Datos</b>	<b>10</b>
<b>5.2. Trabajo de Campo</b>	<b>10</b>
<b>5.3. Trabajo de laboratorio</b>	<b>10</b>
<b>5.4. Selección de las estaciones de muestreo</b>	<b>11</b>
<b>5.5. Análisis de la Información</b>	<b>12</b>
<b>5.5.1. Caracterización del Ambiente</b>	<b>12</b>
<b>5.5.2. Estructura comunitaria</b>	<b>12</b>
<b>5.5.3. Diversidad Ecológica</b>	<b>13</b>
<b>5.5.4. Análisis multivariado</b>	<b>15</b>
<b>5.5.5. Índice Biótico Marino</b>	<b>16</b>
<b>6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>19</b>
<b>6.1. Caracterización Ambiental</b>	<b>19</b>
<b>6.1.1. Clasificación y ordenación</b>	<b>35</b>
<b>6.2. Estructura Comunitaria</b>	<b>40</b>
<b>6.2.1. Densidad</b>	<b>41</b>
<b>6.2.2. Dominancia de especies</b>	<b>42</b>
<b>6.2.3. Riqueza</b>	<b>51</b>
<b>6.2.4. Diversidad</b>	<b>52</b>
<b>6.2.5. Equidad</b>	<b>53</b>
<b>6.3. Análisis Multivariado</b>	<b>55</b>
<b>6.4. AMBI</b>	<b>60</b>
<b>6.5. Regresiones lineales múltiples</b>	<b>69</b>
<b>7.- CONCLUSIONES</b>	<b>73</b>
<b>8.- LITERATURA CITADA</b>	<b>74</b>
<b>9.- ANEXOS</b>	<b>85</b>

## RESUMEN

En este estudio se analizó la macroinfauna bentónica, a nivel específico, de los grupos: poliquetos, moluscos, crustáceos y equinodermos. También se caracterizó el ambiente con base en parámetros como: profundidad, salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, carbono orgánico, además de algunas variables fisicoquímicas del sedimento como lo son: porcentaje de lodos, algunos metales (Al, Fe, Cd, Pb, V, Ba) e hidrocarburos (Hidrocarburos aromáticos policíclicos y totales).

El área de estudio se ubica en el suroeste del Golfo de México en la Bahía de Campeche. Los muestreos se llevaron a cabo en la temporada de nortes de los años 2001, 2002 y 2003.

Se encontró que los parámetros ambientales con mayor diferencia en su concentración, fueron el porcentaje de lodo y la profundidad. Las concentraciones de la mayoría de los otros parámetros (principalmente hidrocarburos aromáticos policíclicos, aluminio, plomo y cobalto) disminuyen con respecto a la distancia de las plataformas petroleras o descargas de aguas fluvio-lagunares, lo cual sugiere su origen antrópico.

Se observaron estaciones con diferentes características, tanto fisicoquímicas, como biológicas lo que denota la existencia de zonas ambientalmente diferentes; asimismo, se diferencia la zona de transición sedimentaria en donde se ubican complejos petroleros.

Se recolectó un total de 3054 organismos, de los cuales los anélidos poliquetos son los más numerosos (67% del total). Se registraron valores elevados de: densidad (221.96 org/dm<sup>-3</sup>), riqueza específica (59 especies) y diversidad (4.61 bits/ind.). La distribución de estos parámetros faunísticos no presentó un patrón claro; no obstante, se distinguen los valores superiores de abundancia y diversidad con una tendencia de menor a mayor de Oeste a Este.

Las especies dominantes fueron: *Paraprionospio pinnata*, *Scoletoma verrilli*, *Cossura delta*, *Nephtys incisa* y *Mediomastus californiensis*; todas ellas son anélidos poliquetos.

Los parámetros biológicos presentaron correlación con: profundidad, tipo de sedimento, contenido de materia orgánica y concentración de hidrocarburos.

Las estaciones con un estado “moderadamente perturbado”, se ubicaron principalmente frente a las desembocaduras del Río Grijalva-Usumacinta y la Laguna de Términos; así como al Este de la zona de complejos petroleros.

## **1. Introducción**

El Golfo de México, definido como Gran Ecosistema Marino por Sherman (1994), es una región marítima del océano Atlántico que se encuentra casi completamente rodeada por el continente americano y por islas. Es una región ecológicamente especial, debido principalmente a la mezcla de características de ambientes templados y tropicales, clasificado como mar marginal con dos aberturas que le permiten interacción con las aguas y la biota del mar Caribe y del Océano Atlántico. Es un sistema altamente dinámico con una gran variedad de ecosistemas como ríos, estuarios, lagunas, islas y arrecifes de coral, así como zonas de manglar y humedales.

Es una región de gran importancia biológica, pesquera (pesca del camarón, ostión y pez de escama) e industrial, debido a su explotación de hidrocarburos, la más importante de México y desde hace 30 años una de las zonas petroleras más desarrolladas en esta actividad en el ámbito mundial (Mendoza Quintero et al., 2004). El desarrollo de estas actividades es necesario ya que representa una importante fuente de divisas y empleo para el país; sin embargo, la interacción humana con ecosistemas y recursos oceánicos, así como su aprovechamiento por parte de los diversos sectores productivos, causa un riesgo de deterioro y contaminación (Mendoza Quintero et al., 2004). Por ello, se debe evaluar el estado actual de las comunidades marinas para comprender los efectos derivados de dichas actividades sobre el ambiente.

Entre las diversas metodologías que existen para evaluar las perturbaciones ambientales, el uso de la macroinfauna ha ido adquiriendo fuerza, debido a que esta fauna está constituida por organismos sedentarios, o de poca movilidad, lo que les impide evadir condiciones de perturbación o estrés (Grall y Glémarec, 1997; Borja *et al.*, 2000), respondiendo con relativa rapidez al estrés (Pearson y Rosenberg, 1978; Dauer, 1993; Frouin, 2000; Domínguez Castanedo *et al.*, 2007).

Uno de los principales problemas que se enfrentan en los estudios de impacto ambiental, es la falta de información que evidencie los cambios inducidos antrópicamente de los producidos por las condiciones naturales que son muy variables y complejas. A pesar de la carencia de datos comparativos en las zonas tropicales, existen características muy particulares, destacando el efecto de las variaciones climáticas que han favorecido condiciones sedimentarias y hábitats únicos, ante lo cual se han propuesto diversos enfoques para evaluar la degradación ambiental producto de la influencia crónica de contaminantes, señalando también las dificultades de separar éstas de la influencia natural (Agard *et al.*, 1993).

La necesidad de establecer el estado ambiental de los sistemas acuáticos ha tenido como consecuencia el desarrollo de nuevos índices, entre ellos, el Índice Biótico Marino de AZTI (AMBI, por sus siglas en inglés: AZTI's Marine Biotic Index) (Borja *et al.*, 2000). Su aplicación permite establecer relaciones entre el grado de sensibilidad/tolerancia de la fauna bentónica de fondos blandos y gradientes ambientales de estrés. Se requiere utilizarlo en diferentes zonas geográficas para verificar su eficacia.

El AMBI está diseñado para establecer la calidad ecológica bentónica, con base en la respuesta de las comunidades de fondos blandos a los cambios naturales y antrópico en la calidad del ambiente, integrando las condiciones que lo componen a largo plazo. En el caso de zonas templadas, la "European Water Framework Directive" (WFD) desarrolló métodos para el análisis de la calidad ambiental mediante el cálculo del "Ecological Quality Status" (EQS) para la evaluación de la calidad de las masas de agua (Borja *et al.*, 2000).



La implementación del AMBI, utilizado con el índice de diversidad de Shannon-Wiener ha probado ser eficaz para la detección de efectos causados por contaminación. Los resultados muestran que, en algunos casos, se cuenta con una medición más acertada de las condiciones ambientales que con otros índices. La razón fundamental es que son influenciados por la dominancia de ciertas especies; por ello, se puede considerar al AMBI como una herramienta prometedora para caracterizar la calidad del ambiente marino (Salas *et al.*, 2004). Los resultados obtenidos con este método son consistentes y se complementan con los que se logran utilizando otros métodos y evaluando parámetros como riqueza de especies, diversidad, haciendo comparaciones abundancia-biomasa, o utilizando métodos estadísticos uni- y multivariados (Borja *et al.*, 2003b).

Para la aplicación del AMBI, así como de cualquiera de los diversos índices que se utilizan comúnmente, existen problemas de índole elemental como son los procesos de separación e identificación de especies, que requieren de experiencia y precisión taxonómica, así como de estar familiarizados con la fauna local (Warwick, 1988a;b). Esto no se consigue fácilmente aún en laboratorios que tengan experiencia y cuenten con literatura especializada (debido al nivel de investigación en el que se encuentre el grupo a estudiar). Por ello, es común que la inexactitud e imprecisión taxonómica en las identificaciones lleven a errores en la evaluación de la estructura comunitaria (Wu, 1982).

Muchas veces en los programas de monitoreo ambiental se requiere de la realización de estudios que resuelvan este tipo de problemas de una manera práctica y eficaz y que brinden resultados taxonómicos y ecológicos comparativos en todas las latitudes, sin tener que llegar a análisis complementarios que elevan los costos de seguimiento y además, demandan mucho tiempo y personal científico capacitado para su realización.

Entre las ventajas que ofrece el trabajar con la macroinfauna es que proporciona una visión global e histórica de las condiciones ambientales del área estudiada (Pearson y Rosenberg, 1978; Henning y Krönke, 2005).

La Bahía de Campeche, Suroeste del Golfo de México, es una zona tropical que reúne las condiciones ideales para estudiar a las comunidades bentónicas y evaluar su utilidad como indicadores de las condiciones ambientales. Presenta una plataforma continental con gradientes ambientales de transición de sedimentos terrígenos a carbonatados que a menudo están sujetos a fenómenos naturales como tormentas, huracanes, descargas de ríos y a un intenso uso local, focalizado en la actividad petrolera y pesquera.

## 2. Antecedentes

En la Bahía de Campeche, sobre macroinfauna, predominan trabajos con el grupo de los anélidos poliquetos, en su mayoría referentes a taxonomía y distribución (Granados Barba, 1991; 1994; Solís Weiss *et al.*, 1991; Granados Barba y Solís Weiss, 1994; 1997a-b; 1998; Solís Weiss *et al.*, 1994; 1995a,b; Hernández Alcántara y Solís Weiss, 1995; Corona Rodríguez, 1997; De León González *et al.*, 1999; Tovar Hernández *et al.*, 2002; Carrera Parra, 2003; Granados Barba *et al.*, 2003).

Ecológicamente se ha analizado la abundancia, biomasa, diversidad y distribución geográfica de la macroinfauna bentónica (Formoso, 1974; Spichak y Formoso, 1974; Cruz Abrego, 1984; Cruz Abrego *et al.*, 1991; Esparza Castillo, 1992; Aguilar Sosa, 1993; López, 1993; Hernández Arana, 1995; Sánchez García, 1995; Vázquez Bader, 1996; Hernández Arana *et al.*, 2003; 2005) principalmente en el grupo de anélidos poliquetos (Granados Barba, 1991; 2001; López Granados, 1993; Miranda Vázquez, 1993; Rodríguez Villanueva, 1993; Granados Barba *et al.*, 2003; Domínguez Castanedo, 2004; Rojas López, 2004). En estos estudios se ha destacado que los factores que más influyen en la distribución de éstos organismos son la profundidad y el tipo de sedimento, registrándose dos provincias sedimentarias y una zona transicional, en donde existe un gradiente en sentido Este-Oeste en los valores de los parámetros ecológicos.

Con respecto a otros grupos, como es el de los crustáceos, se ha encontrado que los cambios ambientales a largo plazo están relacionados con las variaciones estacionales en el reclutamiento, como es el caso del camarón (*Farfantepenaeus duorarum*), así como en la disminución del reclutamiento y la pesca; los valores superiores de reclutamiento se registraron de julio a noviembre, mientras que los valores inferiores se dieron de octubre a febrero. Se ha notado una severa disminución en el reclutamiento desde 1991 hasta 1994 (Ramírez Rodríguez *et al.*, 2003).

En la Bahía de Campeche se ha descrito la relevancia de la dinámica oceanográfica, proponiéndose mecanismos de acoplamiento bentónico-pelágico, resaltando que la biomasa bentónica se relaciona inversamente con la profundidad. Asimismo se han descrito modelos tróficos para la plataforma continental (Soto González y Escobar Briones, 1995).

Hernández Arana (1995), utilizando el concepto de suficiencia taxonómica, empleó algunos análisis trabajando a niveles taxonómicos diferentes del de especie, encontrando que el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) fue la técnica más sensible a al efecto de las variables ambientales en la Sonda y Banco de Campeche; registró que los patrones de diversidad no se explican en términos de las variables ambientales, además de la importancia de la variabilidad natural en el área.

Con respecto al efecto de la actividad petrolera, se han hecho estudios sugiriendo que la zona de explotación podría estar impactada debido a concentraciones importantes de materia orgánica, metales pesados e hidrocarburos (Rosales Hoz *et al.*, 1992; 1999; Carranza Edwards *et al.*, 1993; Méndez Jaime, 1993; Macías Zamora *et al.*, 1999; Villanueva Estrada, 2000; Rojas López, 2004).

También se ha estudiado el efecto de los hidrocarburos en los anélidos poliquetos (Ortiz Hernández, 1990), no pudiéndose determinar con claridad la relación entre la estructura comunitaria y las

concentraciones de hidrocarburos, y encontrándose niveles “ligeros” de impacto ambiental. Por su parte, Sánchez García (1995), registró niveles “moderados” de contaminación por petróleo.

Asimismo, para esta región se han propuesto especies indicadoras de contaminación por hidrocarburos (González Macías, 1989; 1997; Sánchez García, 1995); sin embargo, esto fue cuestionado y discutido por Granados Barba (2001).

En otros estudios, se han registrado poblaciones de invertebrados que son capaces de establecerse en zonas de chapopoterías naturales, como son poliquetos (González Macías, 1989; 1997) y nemátodos (De Jesús Navarrete, 1989; 1993; Herrera Rodríguez, 1992; Gold Bouchot y Herrera Rodríguez, 1996) en los cuales, los hidrocarburos son un factor importante para su distribución y abundancia

En cuanto a geoquímica de los sedimentos, se ha determinado la presencia de metales pesados en sedimentos, y su relación con la actividad petrolera en la Sonda de Campeche sin encontrar resultados contundentes (Rosales Hoz *et al.*, 1992; 1994; 1999; Méndez Jaime, 1993; Cruz Orozco *et al.*, 1994; Macías Zamora *et al.*, 1999; Villanueva Estrada, 2000; Domínguez Castanedo, 2004; Rojas López, 2004). Domínguez Castanedo (2004) sugiere que en algunas áreas al Este del Banco de Campeche, frente a la Laguna de Términos, la composición faunística se ve alterada por las concentraciones de bario, cobalto y níquel.

De Lorenz Santos (2002) estudió la distribución y concentración de metales (Ba, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, V y Z) tanto totales como adsorbidos en dos escalas: una “macro” considerando la Bahía de Campeche y una “micro” considerando la zona de complejos petroleros, encontrando que la zona micro presenta concentraciones superiores que en la macro y que los aportes fluviales y las corrientes que rigen la zona presentan una influencia en el transporte de los metales.

Se han encontrado concentraciones elevadas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  hacia el Oeste de la Bahía de Campeche, mientras que el CaO presentó concentraciones más elevadas al Este; asimismo, la mayoría de los elementos traza presenta una distribución azarosa en la zona. Se han registrado valores de bario y estroncio anormalmente elevados, el primero asociado al uso de la barita en la extracción petrolera y el segundo asociado con su semejanza química con el Ca, por lo que ocupa su lugar en los sedimentos carbonatados.

Respecto a algunos metales en particular, como es el caso del níquel en el sedimento, se atribuye a las actividades relacionadas con el petróleo; los niveles de este metal son superiores a los medidos a nivel mundial (Vázquez *et al.*, 2001), asimismo las concentraciones de plomo se atribuyen a la combustión de la gasolina por embarcaciones (Vázquez Gutiérrez y Sharma, 2004).

Hernández Arana *et al.*, (2003) mediante dos transectos perpendiculares a la costa en la zona de transición entre sedimentos terrígenos y carbonatados en la Sonda y Banco de Campeche, encontraron diferencias en la distribución de la macroinfauna bentónica al nivel taxonómico de familia. Se ha destacado asimismo, la importancia de la variabilidad natural en el área, la cual se rige por el tipo de sedimento prevaleciente: terrígenos (o deltaicos) vertidos principalmente por el Río Grijalva-USUMACINTA (es decir al Oeste de la zona de estudio) y biogénicos (o carbonatados) originados por la productividad bentónica de la plataforma de Campeche y transportados por la

corriente de Yucatán al Este de la misma (Campos, 1981; Ayala Castañares y Gutiérrez Estrada, 1990; Mendoza Cantú, 1994). Algunos autores mencionan que es difícil diferenciar el efecto de contaminantes en la fauna de las variaciones naturales de la zona, ya que éstas últimas son severas y periódicas, como lo es la temporada de nortes (Hernández-Arana *et al.*, 2003).

Asimismo se han hecho trabajos en busca de una relación entre la fauna y las variables fisicoquímicas: Rojas López (2004) registró concentraciones elevadas de bario, cadmio, y níquel hacia la zona de complejos petroleros; asimismo, encontró que la influencia de los nortes origina una distribución discontinua de las variables ambientales medidas. En cuanto a los parámetros estructurales de los anélidos poliquetos, encontró una tendencia de valores más altos de densidad, riqueza de especies y diversidad hacia el Oeste de la zona.

En las regiones templadas es donde se han incrementado los esfuerzos para determinar el estado de perturbación del ambiente (Borja *et al.*, 2003a). Como parte de esto se ha empleado el AMBI (AZTI's Marine Biotic Index), el cual ha sido aplicado exitosamente en diversas áreas geográficas (Borja *et al.*, 2000; 2003a-b; Bazairi *et al.*, 2003; Bonne y Vincx, 2003; Casselli *et al.*, 2003; Forni y Occhipinti-Ambrogi, 2003; Muxika *et al.*, 2003; 2005; Solís Weiss *et al.*, 2004; Salas *et al.*, 2004).

La primera aplicación en una zona tropical y subtropical se logró en Uruguay y Brasil (Muniz *et al.*, 2005). Ahí los resultados diferenciaron localidades en las que la estructura comunitaria estaba determinada por factores naturales de aquellas determinadas por factores antrópicos. Recientemente, Domínguez Castanedo (2007) aplicó el AMBI en la laguna del Arrecife Sacrificios (Veracruz, México), encontrando que las localidades analizadas presentaban un estado de perturbación que variaba de “no perturbado” hasta “ligeramente perturbado”, observando una relación inversa de los valores del AMBI con el tamaño de grano del sedimento.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

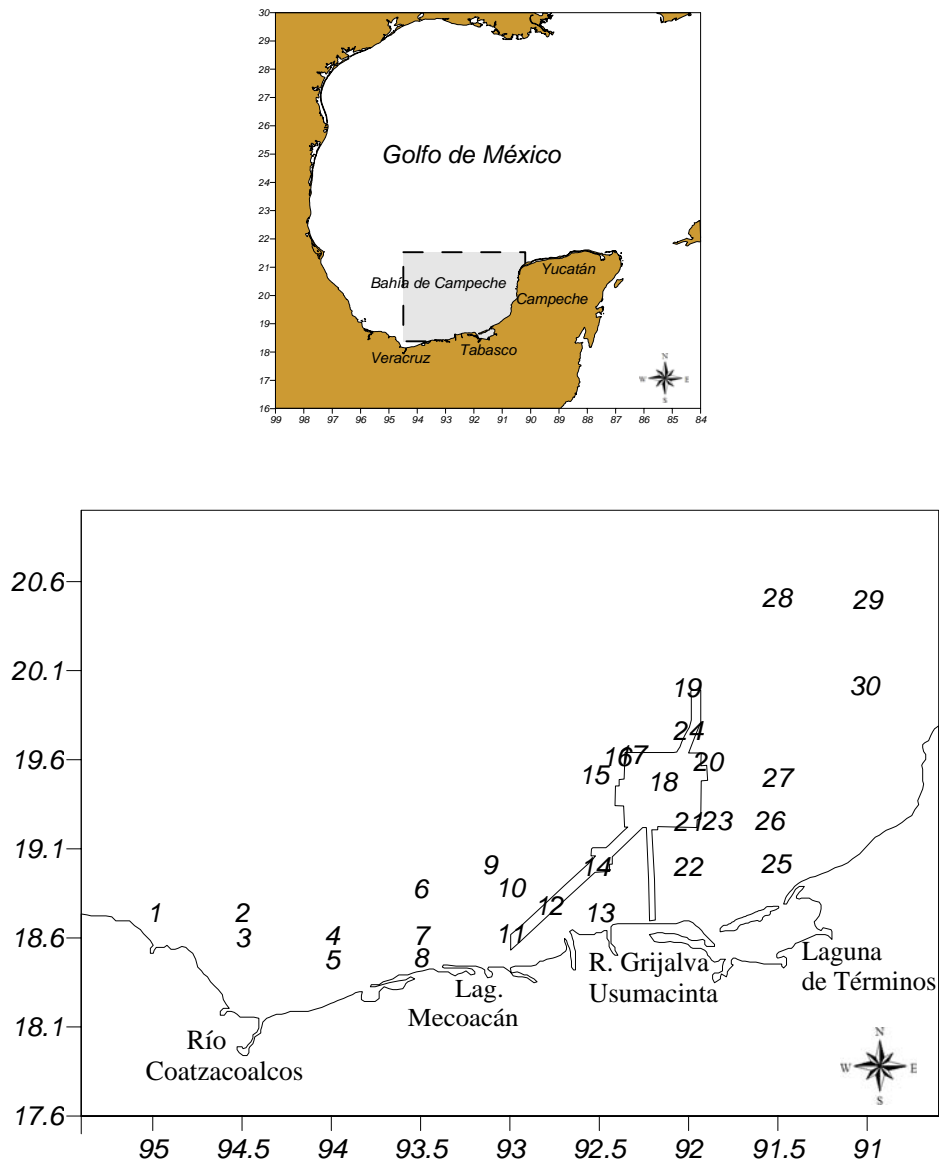
- Determinar la estructura comunitaria y distribución espaciotemporal de la macroinfauna bentónica en la Bahía de Campeche, durante tres temporadas de nortes y evaluar la calidad del ambiente bentónico mediante el AMBI.

#### **3.2. Objetivos Particulares**

1. Caracterizar ambientalmente el área de estudio con base en la profundidad, salinidad, temperatura, tipo de sedimento, contenido de carbono orgánico y la concentración de los metales (aluminio, hierro, cadmio, plomo, vanadio y bario) en el sedimento, para determinar su influencia sobre la estructura comunitaria y distribución espaciotemporal de la macrofauna.
2. Determinar la estructura comunitaria de la macrofauna, en espacio y tiempo, con base en sus patrones de distribución, abundancia y diversidad, mediante la utilización de índices ecológicos y análisis estadísticos uni- y multivariados.
3. Analizar la calidad ecológica de la Bahía de Campeche mediante el índice AMBI.

#### 4. Área de estudio

El área de estudio se ubica entre los 90°00' y 95°15' de longitud Oeste y los 18°24' y 33°6' de latitud Norte en el suroeste del Golfo de México. Cubre la Bahía y el Banco de Campeche, comprendiendo la zona costera enfrente de Punta Zapotitlán en el estado de Veracruz hasta la Ciudad de Campeche. Abarca la zona principal de complejos petroleros de la Sonda de Campeche, ubicados a 80 km al noroeste de Ciudad del Carmen, Campeche. Esta zona cuenta con 166 plataformas petroleras marinas, 2887 km de ductos submarinos y una flota de aproximadamente 300 embarcaciones especializadas para construcción, mantenimiento y transporte. (Mendoza Quintero *et al.*, 2004).



**Figura 1.** Localización de los sitios de muestreo de fauna, resaltando el área de complejos petroleros.

La región suroeste del Golfo de México presenta un tipo de clima Am y Aw, cálido húmedo y subhúmedo respectivamente, con lluvias abundantes en el verano y parte del otoño, con una estación seca corta y una precipitación inferior a los 60 mm en el mes más seco (García, 1987).

Las tormentas en la zona marina ocurren generalmente por las tardes durante los meses de junio a septiembre (García, 1987; Carta de Climas INEGI, 1995). Las condiciones atmosféricas sobre el Golfo de México son tales que el intercambio entre las masas de aire frío y seco que provienen del continente y las masas de aire del golfo de origen marítimo y tropical provocan una fuerte frontogénesis (Nortes); los vientos del Norte y Noreste ocurren en el 36% del tiempo anual (entre los meses de noviembre y marzo), con una velocidad media de 10 m/s, pudiendo alcanzar una velocidad máxima de 21 a 30 m/s, lo cual tiene una influencia importante sobre la capa de mezcla de la Bahía de Campeche (Shirasago Germán, 1991; Salas de León *et al.*, 1992b). Típicamente se presentan de 15 a 27 frentes fríos durante la temporada, con una duración de tres a cinco días (Salas de León *et al.*, 1992b). Durante el verano, ésta región es afectada por tormentas tropicales, de las cuales el 60 % tiene intensidades de huracán (Monreal Gómez y Salas de León, 1997).

De acuerdo con Salas de León *et al.* (1992a), la topografía del Banco de Campeche genera cambios en la dirección de las corrientes formando zonas de circulación ciclónicas y anticiclónicas. Las ciclónicas se presentan generalmente en la periferia de la corriente de Lazo, sobre la plataforma de Texas-Louisiana, en la plataforma Oeste de Florida y en la Bahía de Campeche. Este tipo de circulación es importante debido a que el surgimiento de la termoclina en el centro del giro es el responsable de las bajas temperaturas, por lo que se les conoce como giros fríos. Los anticiclónicos, son giros cálidos porque, contrariamente a los giros ciclónicos, provocan un hundimiento de la termoclina aportando aguas cálidas al núcleo del giro. Los giros anticiclónicos que se desprenden de la corriente de Lazo se trasladan hacia el Oeste y representan un papel importante en el transporte de sal y calor hacia el interior del golfo.

El mecanismo principal de la circulación en el Golfo de México es el transporte asociado a un giro que entra a través del canal de Yucatán y que sale por el estrecho de Florida; por tanto, en la dinámica del golfo el transporte de masas de agua entra y sale por las fronteras abiertas (Monreal Gómez y Salas de León, 1997).

La plataforma continental de la Sonda de Campeche presenta una amplitud aproximada de 45 a 65 km; mientras que en el Banco de Campeche presenta una plataforma casi llana con una anchura promedio de 160 Km adyacente a las costas de Yucatán (Bessonov *et al.*, 1971; Uchupi, 1977; García, 1980). Al Oeste de la plataforma de Yucatán se presenta una surgencia durante la primavera y el verano. Durante el otoño y el invierno, la mayor parte de la plataforma se encuentra cubierta

por agua con temperatura superior a 22°C (Merino, 1997). La variación estacional de la temperatura y la radiación solar que recibe la zona costera en el Banco de Campeche no es muy grande, estableciéndose un gradiente fisicoquímico semipermanente de salinidad, pH, oxígeno disuelto y materia orgánica (Yáñez Aranciabía y Sánchez Gil, 1983).

Entre los sedimentos de la zona terrígena y la carbonatada existe una zona de transición cuya característica principal es que no tiene fronteras definidas, ya que sufre modificaciones producto de la temporalidad por las descargas de aguas continentales y por la presencia del giro ciclónico en la región, lo cual es relevante en la distribución espacial de los organismos. Al respecto, es importante tomar en cuenta la dinámica oceanográfica a lo largo del año para registrar sus límites espaciotemporales, ya que los valores del contenido de carbonatos oscilan en la zona transicional, siguiendo un gradiente de mayor a menor contenido de carbonatos en sentido Este a Oeste y disminuyendo éstos al aumentar la profundidad (Granados-Barba, 2001).

En la Bahía de Campeche, la variabilidad de los parámetros meteorológicos tiene mucha importancia para entender la dinámica de las aguas marinas que la conforman (Monreal Gómez y Salas de León, 1990; Granados Barba, 2001). Es un sistema dinámico en el que confluyen importantes descargas, principalmente de los ríos Grijalva-Usumacinta y lagunas costeras de los estados de Campeche y Tabasco.

Estos sistemas aportan gran cantidad de materia orgánica que, en general, alteran las condiciones ambientales y sedimentológicas en las zonas donde desembocan; su influencia modifica la textura y composición química de los sedimentos, disminuye la salinidad y temperatura de las aguas costeras y ocasiona importantes procesos frontogenéticos costeros (Czitrom Baus *et al.*, 1986; Alatorre Mendieta *et al.*, 1989; Shirasago Germán, 1991; Monreal Gómez *et al.*, 1992). Esto es muy importante para la productividad, distribución e intercambio de biota estuarina y oceánica (Yáñez Aranciabía y Sánchez Gil, 1983; Licea Durán y Santoyo, 1991; Soto González y Escobar Briones, 1995; Salas de León *et al.*, 1998); provocando cambios en las comunidades bentónicas (Granados Barba, 2001), influenciando el reclutamiento (Cervantes Hernández, 1999) y producción de camarón (García Salgado, 2001). Particularmente, se ha establecido que los patrones de biomasa y densidad de larvas de peces en las zonas costeras de la bahía están gobernados por el frente costero (Salas de León *et al.*, 1998; Flores Coto *et al.*, 2000).



## **5. Método**

### **5.1. Procedencia de los Datos**

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Ecología y biodiversidad de invertebrados marinos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL, UNAM). Los muestreos se llevaron a cabo en el marco del proyecto multidisciplinario “Evaluación prospectiva para el programa de monitoreo continuo de la actividad petrolera en el Golfo de México” (SGM), durante sus campañas oceanográficas SGM-6, SGM-7 y SGM-8, las cuales tuvieron lugar en la temporada de nortes de los años 2001, 2002 y 2003 a bordo del buque oceanográfico “Justo Sierra” de la UNAM. El área de trabajo comprendió la zona costera desde Punta Zapotitlán en el estado de Veracruz hasta la Ciudad de Campeche, considerando toda la Plataforma de Campeche y una pequeña porción de la Plataforma de Yucatán. Las muestras se recolectaron en 30 estaciones sobre un gradiente batimétrico entre 27 y 237 m.

### **5.2. Trabajo de Campo**

Las muestras de bentos se recolectaron utilizando un nucleador de caja tipo Reineck. Una vez tomada la muestra de sedimento (5 L) para el análisis biológico de la macroinfauna se lavó haciéndola pasar a través de un tamiz con 0.5 mm de abertura de luz de malla. El material retenido se colocó en una bolsa previamente etiquetada conteniendo formol al 10 % para fijarla.

En todas las estaciones se registraron datos de temperatura, salinidad, pH y profundidad con una sonda C.T.D. Niels Brown. El oxígeno disuelto se valoró a bordo del buque con el método de Winkler (Strickland y Parsons, 1972). El tipo de sedimento, metales, materia orgánica e hidrocarburos se realizaron con las muestras de sedimento obtenidas del nucleador de caja. La posición geográfica se registró mediante un navegador por satélite (GPS).

### **5.3. Trabajo de laboratorio**

Las muestras fueron lavadas con agua corriente para eliminar el exceso de formol y los organismos fueron separados del sedimento utilizando pinzas de relojero, charolas de disección y lámparas con lupa, colocándolos en tubos viales debidamente etiquetados, conteniendo alcohol al 70 % para su preservación.

La identificación taxonómica de los organismos es un proceso cuidadoso que generalmente demanda mucho tiempo, pero que se considera muy importante ya que es un elemento clave en cualquier estudio de índole ecológico. La identificación taxonómica se realizó al microscopio mediante el uso de claves especializadas contándose, para ello, con revisiones taxonómicas actuales de los diferentes taxones. Los especímenes se agruparon en los niveles taxonómicos de familia y especie correspondientes para estructurar matrices numéricas independientes.

Los análisis de carbono orgánico, sedimento, hidrocarburos y metales se obtuvieron y realizaron a través del Laboratorio de Fisicoquímica del ICMYL, UNAM. El análisis del tipo de sedimento se llevó a cabo según lo propuesto en Folk (1969), obteniendo el porcentaje de lodo, arena y grava para cada muestra. El contenido de carbón orgánico en el sedimento se realizó de acuerdo a lo propuesto en Walkley y Black (1934).

La concentración de metales pesados (aluminio, fierro, cadmio, cobalto, plomo, níquel, vanadio y bario) se determinó por absorción atómica con la técnica propuesta por Tessier *et al.* (1979), los metales empleados en este estudio se eligieron de entre todos los analizados con base en la selección de las estaciones de muestreo, empleando aquellos que tuvieran el mayor número de datos en cada una de las campañas, así como su importancia para los fines establecidos. Éstos se midieron en su forma biodisponible (Loring, 1979) ya que esta fracción representa la porción que fue inicialmente intemperizada en las descargas inducidas por el hombre; otra parte puede derivarse de los iones que pueden liberarse cuando se perturban las condiciones diagenéticas, por consiguiente, es lo que está disponible para la acumulación en la biota acuática (Luoma y Jenne, 1976; Loring, 1979; Brian y Langston, 1992; Páez-Osuna, 2005). Los hidrocarburos totales se obtuvieron con base en la técnica propuesta por Caridol (1980).

#### **5.4. Selección de las estaciones de muestreo**

Se realizó una selección de las estaciones de muestreo a emplear en el estudio ya que cada una de las campañas cuenta con diferente número de ellas y algunas con posiciones geográficas diferentes (SGM6-81, SGM7-81 y SGM8-120). Para los fines de este estudio, se escogieron las estaciones con la misma posición geográfica en las tres campañas en un gradiente batimétrico preestablecido (de los 27 a los 237 m) y por su cercanía a la zona de complejos petroleros. Asimismo, se asignó una clave propia a cada estación para el manejo más fácil de la información; de esta manera, se tiene una numeración consecutiva para las 30 estaciones elegidas, de Oeste a Este.

## **5.5. Análisis de la Información**

### **5.5.1. Caracterización del Ambiente**

La existencia y persistencia de los organismos en un hábitat depende del conjunto de condiciones ambientales del medio, así como de la tolerancia, adecuación y adaptación que éstos hayan desarrollado para habitarlo. La presencia, o no, de una especie en un determinado hábitat puede deberse a la variación en la concentración de un parámetro ambiental con respecto a otro cualquiera, o al conjunto de los diversos factores que se acercan a los límites de tolerancia de dicha especie (Granados-Barba, 2001).

El contar con una descripción de los parámetros ambientales del lugar donde se desarrollan los organismos a estudiar, ayuda a comprender sus patrones de distribución y permite un mejor entendimiento de su estructura comunitaria. Debido a esto, se realizó un análisis exploratorio general de las variables obtenidas con gráficas de la variación de los parámetros ambientales en cada una de las campañas.

Se consideró importante establecer una caracterización de los parámetros ambientales registrados en este estudio, señalados en mapas de la zona de estudio, para visualizar su distribución sobre el gradiente batimétrico y a lo largo de la plataforma continental. Para ello, se utilizó el método de interpolación suavizado “kriging”, el cual minimiza la varianza del error (Quintero Cuevas y Jaime Enríquez, 1992). Asimismo, se realizaron análisis de clasificación mediante dendrogramas de similitud, evaluándola por medio de distancias euclidianas y haciendo una clasificación mediante unión completa lo que permite hacer comparaciones entre parámetros con unidades diferentes. Dichos dendrogramas representan la asociación de estaciones con base en la similitud de lo registrado en las variables ambientales. Con esto se puede hacer evidente el papel de cada una de las variables permitiendo establecer grupos de localidades para determinar los gradientes ambientales y establecer zonas de comparación en el área de estudio que facilitaran los análisis posteriores.

### **5.5.2. Estructura comunitaria**

Se determinó la importancia relativa de las especies (en términos de abundancia y frecuencia), mediante la Prueba de Asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1979), graficando la frecuencia de aparición (%) de cada especie contra la densidad; se obtiene la media en ambos ejes, resultando cuatro cuadrantes que caracterizan a las especies en: *Raras*, que son especies poco abundantes y poco frecuentes que en el análisis se ubican en el cuadrante inferior izquierdo; *Comunes*, que son especies poco abundantes, pero frecuentes que en el análisis se ubican en el cuadrante inferior derecho; *Estacionales*, que son especies abundantes, pero poco frecuentes que en

el análisis se ubicaron en el cuadrante superior izquierdo; y *Dominantes*, que representan especies abundantes y frecuentes que en el análisis se ubican en el cuadrante superior derecho.

### **5.5.3. Diversidad Ecológica**

Las comunidades presentan una serie de características propias que no son evidentes al analizar sus componentes individuales, es decir las especies por sí solas pueden no indicar nada excepto su propia presencia. Sin embargo, el cambio estructural en comunidades bentónicas muestreadas cuantitativamente es la clave para encontrar su diversidad, especies dominantes, abundancia relativa y estructura trófica (Krebs, 1994; Hutchings, 1998). La diversidad es la combinación de la riqueza y la abundancia relativa de las especies; puede ser medida registrando el número de especies en una comunidad y describiendo sus abundancias relativas, y ha sido la medida o parámetro de mayor utilización para ayudar a conocer la estructura comunitaria y describir su organización.

Para ello, existen varios índices que en general se definen como la función del número de especies presentes (riqueza o abundancia de especies) y la equidad con la que los individuos están distribuidos entre las especies (Margalef, 1958; Magurran, 1988). Los índices de diversidad son buenos indicadores de las tendencias de patrones ecológicos; sin embargo, su utilización en aspectos de impacto ambiental es limitada, ya que en ocasiones, ha llegado a confundir a los observadores puesto que generalmente se considera que una diversidad elevada representa una comunidad “sana”. Sin embargo, estos valores pueden estar dados por especies oportunistas que no necesariamente caracterizan una comunidad sin impacto ambiental (Pearson y Rosenberg, 1978; Gray y Pearson, 1982; Washington, 1984; Gray, 2000). Por ello, sólo se considera como una medida de la estructura comunitaria.

En el presente estudio, se analizó la diversidad, para evaluar la variedad de especies que colonizan este ecosistema bentónico y determinar sus cambios espaciales. El índice de Shannon-Wiener (Margalef, 1988), es uno de los más utilizados desde hace más de 40 años y fue utilizado aquí porque permite establecer comparaciones directas con otros estudios.

Este índice ha sido clasificado dentro de los que se basan en la abundancia proporcional de las especies (Magurran 1988), que miden la “heterogeneidad de la diversidad” (Gray, 2000), al tomar en cuenta no sólo el número de especies, sino también la distribución de los individuos en las especies. A partir del índice de Shannon-Wiener, se calculó la Equidad ( $J'$ ) de Pielou (1969), que es una medida de la regularidad de la abundancia entre las poblaciones que integran la comunidad. Con este se analizó la forma en que la abundancia está repartida entre las especies, midiendo la proporción entre la diversidad máxima esperada y la observada en la comunidad: un valor de 1

indica que la diversidad de un área determinada ha alcanzado su máxima diversidad, entonces los individuos se encuentran repartidos en forma equitativa en las especies presentes; en cambio un valor de cero señala una uniformidad baja, en la cual la mayor parte de los individuos pertenecen a una misma especie (Pielou, 1975); este índice se utiliza también para complementar y fortalecer el estudio de los cambios geográficos de la diversidad.

Diversidad de Shannon-Wiener (en los análisis se representó como H'):

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

Donde:

H' = Diversidad de Shannon-Wiener.

S = Número de especies.

p<sub>i</sub> = proporción de la abundancia de la especie i (n<sub>i</sub>/N)

n<sub>i</sub> = abundancia de la especie i

$$N = \text{abundancia total} = \sum_{i=1}^S n_i$$

A partir del índice de Shannon-Wiener se obtuvo la Diversidad Máxima (en los análisis se representó como H' max), que es la medida de la diversidad en condiciones de máxima equidad, y se calcula con la ecuación siguiente:

$$H' \text{ max} = \log_2 S$$

Donde:

H' max = Diversidad bajo condiciones de máxima equidad.

S = Número de especies.

Y la Equidad (J') de Pielou (1969) que se calcula con la ecuación siguiente

$$J' = \frac{H'}{H_{\text{máx}}}$$

#### **5.5.4. Análisis multivariado para Integración de Resultados**

Los análisis multivariados toman en cuenta diversas variables simultáneamente, incrementando la información que puede ser analizada en una sola matriz. Para ello, de acuerdo con Sundberg (1983), se consideró el uso de análisis de *clasificación* con la construcción de dendrogramas para conformar grupos de localidades e identificar patrones de concurrencias en datos de especies-estaciones. Se utilizó el índice de similitud de Bray y Curtis (1957), el cual es un índice que representa la similitud absoluta entre las especies presentes en dos muestras (Clarke y Green, 1988). Asimismo, se realizó un análisis SIMPER (análisis de porcentajes de similitud), con el que se obtienen las especies que contribuyen a la formación de cada grupo, esto mediante el porcentaje de contribución de cada especie con respecto al promedio de similitud obtenido en cada grupo y el promedio de disimilitud entre los grupos. El que una especie caracterice a un grupo significa que se encuentra en abundancia consistente dentro del mismo (Clarke y Gorley, 2001).

Así también, se realizó una ordenación mediante el Análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) (Kruskal y Wish, 1991), con el cual se construye un mapa de  $n$  estaciones con las dimensiones requeridas a partir de una configuración aleatoria. Se hace una regresión de las correspondientes disimilitudes de las distancias interpuntuales. Debido a que en los análisis biológicos las relaciones no son usualmente lineales, el NMDS hace un ajuste por medio de una regresión general monotónica dejando el orden jerárquico de las similitudes como única información usada.

La bondad de ajuste de la regresión se mide mediante un criterio de estrés que valora la distancia estimada para la regresión correspondiente en cada disimilitud. Si el valor de estrés es alto (tiende a uno) el ajuste de las disimilitudes es pobre, pero si es bajo ( $\leq 0.2$ ), indica que las relaciones entre las muestras pueden representarse bien mediante un mapa de estaciones en la dimensión especificada (Clarke y Gorley, 2001). Este método ha sido utilizado en el área de estudio para datos de macrofauna bentónica (Hernández Arana, 1995; Sánchez García, 1995; Granados Barba, 2001; Hernández Arana *et al.*, 2003; 2005; Domínguez Castanedo, 2004; Rojas López, 2004).

El NMDS es interesante porque depende de las jerarquías más que de los valores cuantitativos de la matriz de similitud entre muestras. Se ha podido utilizar también para evaluar el efecto del impacto ambiental en comunidades ecológicas a partir de las semejanzas que comparten las estaciones de muestreo por tener valores similares en los parámetros ambientales medidos (Field *et al.*, 1982).

### **5.5.5. Índice Biótico Marino de AZTI**

El índice Biótico Marino de AZTI (AMBI por sus siglas en inglés “Azti’s Marine Biotic Index, Borja et al., 2000) explora la respuesta de las comunidades de sustratos blandos ante los cambios en la calidad del agua tanto natural como inducidos por el hombre. Se basa en el paradigma de Pearson y Rosenberg (1978), el cual se basa en la influencia del enriquecimiento por materia orgánica en las comunidades bentónicas. De acuerdo con estos autores, la abundancia, riqueza de especies y diversidad se modifican en un gradiente de perturbación; en éste se da una sucesión de especies. Al aumentar el estrés aumentan significativamente los taxa oportunistas de pequeño tamaño y disminuyen la riqueza y diversidad.

Los organismos presentan tres tipos de estrategias adaptativas como respuesta al estrés ambiental: estrategia *r*: ciclos de vida cortos, crecimiento rápido, maduración sexual temprana y descendencia abundante; estrategia *k*: ciclos de vida relativamente largos, crecimiento lento, biomasa alta y descendencia poco numerosa; y estrategia *T*: tolerantes al estrés, no son afectados por las alteraciones (Gray, 1974).

Existen cuatro pasos progresivos en los ambientes estresados:

1. Estado inicial: no contaminado, biocenosis rica en individuos y especies con alta diversidad.
2. Ligeramente desbalanceado: disminución de las especies raras, proliferación de especies tolerantes, aparición de especies pioneras, disminución de la diversidad.
3. Pronunciadamente desbalanceado: población dominada por indicadores de contaminación, muy baja diversidad.
4. Sustrato azóico.

A pesar de que el AMBI se basa en un paradigma que enfatiza la respuesta de los organismos ante un gradiente de enriquecimiento de materia orgánica, se ha visto que el índice es útil para la evaluación de otros impactos antrópico, como alteraciones físicas en el hábitat, y aportes de metales pesados (Muxika *et al.*, 2005), entre otros.

El AMBI utiliza una fórmula que produce valores continuos, con lo cual es posible llevar a cabo análisis estadísticos.

Con este índice se representa la calidad de las condiciones del bentos en un rango de 0 (no perturbado) hasta 7 (Extremadamente perturbado).

$$AMBI = \{(0\% \text{ GI}) + (1.5\% \text{ GII}) + (3\% \text{ GIII}) + (4.5\% \text{ GIV}) + (6\% \text{ GV})\} / 100$$

Donde:

AMBI=Índice Biótico Marino de AZTI

GI, GII, GIII, GIV y GV= Grupos Ecológicos I a V.

Para la aplicación del índice se asigna a cada especie de la macroinfauna un grupo ecológico de acuerdo con su sensibilidad ante un gradiente de estrés. La macroinfauna puede ordenarse en 5 grupos ecológicos (Glémarec y Hily, 1981; Hily, 1984):

GRUPO I: Especies muy sensibles al enriquecimiento por materia orgánica y presentes bajo condiciones no contaminadas (estado inicial).

GRUPO II: Especies indiferentes al enriquecimiento, siempre presentes en bajas densidades con variaciones no significativas en el tiempo (estado inicial a un estado de ligero desbalance).

GRUPO III: Especies tolerantes al exceso de materia orgánica. Pueden ocurrir bajo condiciones normales, pero sus poblaciones se estimulan por el enriquecimiento orgánico (condiciones moderadamente desbalanceadas).

GRUPO IV: Especies oportunistas de segundo orden (condiciones de desbalance ecológico).

GRUPO V: Especies oportunistas de primer orden (condiciones pronunciadamente desbalanceadas).

Al ser el AMBI un índice diseñado para zonas templadas, algunas de las especies no se encontraron en la base de datos empleada por el programa ([www.azti.es](http://www.azti.es)) así que se tuvo que realizar una asignación de las especies a los grupos ecológicos. Para ello se realizó una búsqueda en las listas de las siguientes referencias: Myers y Southgate (1980), Dauer (1993), Gallagher y Grassle (1997), Rakocinski *et al.* (1997; 2000) y Weisberg *et al.* (1997), para las especies que no se encontraban en la lista del paquete. Estos autores proveen información sobre la sensibilidad de las especies, oportunismo o sus hábitos alimenticios. En algunas especies no se encontró ninguna referencia de las mismas, pero el género estaba presente en la lista, por lo que se asignó a ese grupo ecológico (Anexo I).

Hubo casos en donde no fue posible asignar a las especies a ningún grupo, éstas se encontrarán como “no asignadas” en la base de datos utilizada aquí.



Las especies asignadas en este estudio de manera formal en un grupo ecológico se incorporaron, desde julio de 2006, al nuevo listado de especies que utiliza el programa “AMBI” (versiones 3.0 y 4.0). Con este procedimiento se consiguió obtener un porcentaje de especies no asignadas inferior al 20% de especies, lo cual es indispensable para poder utilizar el índice con resultados significativos (Borja y Muxika, 2005).

Los valores son categorizados como sigue (Modificado de Grall y Glémarec, 1997):

- ✦ Valor del Índice entre 0.00 y 1.20 = Grupo I = “Sin perturbación”
- ✦ Valor del Índice entre 1.21 y 3.30 = Grupo II = “Perturbación ligera”
- ✦ Valor del Índice entre 3.31 y 4.50 = Grupo III = “Perturbación moderada”
- ✦ Valor del Índice entre 4.51 y 5.00 = Grupo IV = “Perturbada”
- ✦ Valor del Índice entre 5.10 y 6.00 = Grupo V = “Muy perturbada”
- ✦ Valor del Índice entre 6.01 y 7.00 = Azóico

La representación de los resultados se realizó respetando los derechos de autor y de software respectivos, por lo que dichos gráficos se encuentran en idioma inglés.

Finalmente, la evaluación del efecto de los factores ambientales sobre la densidad, riqueza, diversidad y AMBI se basó en el análisis de regresión múltiple que comprueba si los cambios de las variables independientes son la causa de los cambios de la variable dependiente. Debido a la heterogeneidad ambiental de la Bahía de Campeche, se podía suponer efectos muy diferentes de cada factor sobre los parámetros ecológicos, dependiendo de su ubicación geográfica. Por ello se empleó una técnica particular de este análisis llamado “forward”. Además se incluyó un análisis de varianza para probar la significancia estadística del modelo.

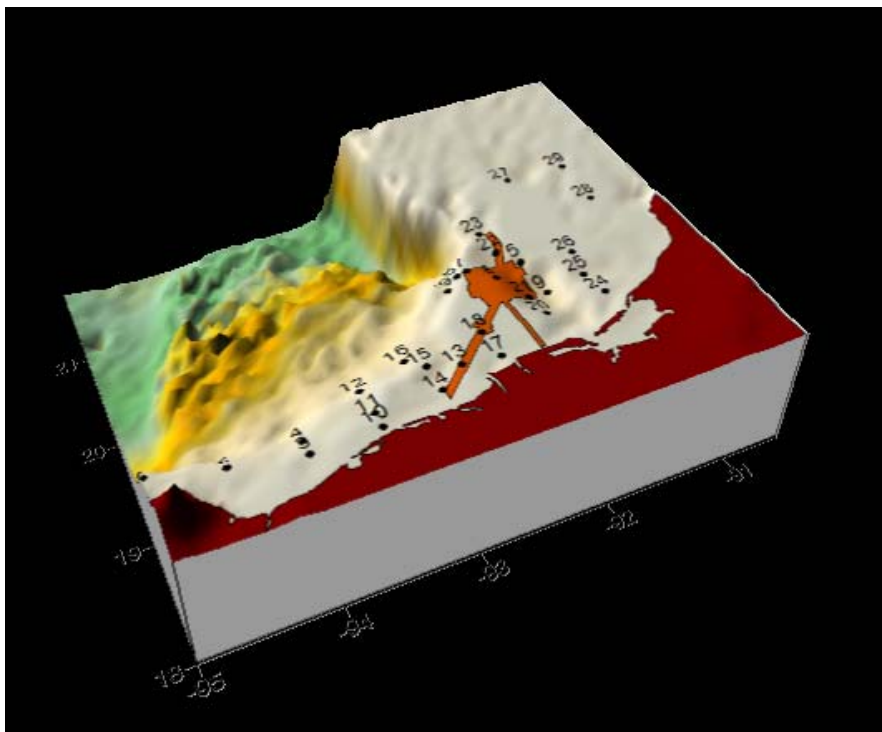
Los programas computacionales empleados para realizar los cálculos y análisis estadísticos fueron: Excel (Microsoft, 2000), Statistica para Windows (Statsoft, 1998); Surfer 8.02 (Golden Software, 2002), PRIMER v. 5 (Clarke y Gorley, 2001) y AMBI versiones 3.0 y 4.0 (Borja *et al.*, 2000).

## 6. Resultados y discusión

### 6.1. Caracterización Ambiental

#### Profundidad

La profundidad registrada se encuentra en el intervalo entre 15m en las estaciones 13 y 25 a 235m en la estación 2, se presentó una variación de 220m, la variación se debe a la amplitud de la plataforma continental ya que en el lado Oeste sobre el Banco de Campeche es más amplia (llegando a 160Km) que frente al río Coatzacoalcos (hasta 45km) en donde la pendiente es más pronunciada (Figura 2). Este parámetro ha resultado ser uno de los factores determinantes en la distribución de la estructura de la fauna en las comunidades bentónicas ya que involucra parte del establecimiento y su desarrollo en la plataforma continental del sur del Golfo de México (Cruz Abrego, 1984; Granados Barba, 1991; 1994; 2001; Esparza Castillo, 1992; Aguilar Sosa, 1993; López Granados, 1993; Solís Weiss *et al.*, 1994; 1995a-b; Hernández Arana, 1995; Vázquez Bader, 1996; Hernández Arana *et al.*, 2003; Granados Barba *et al.*, 2003).

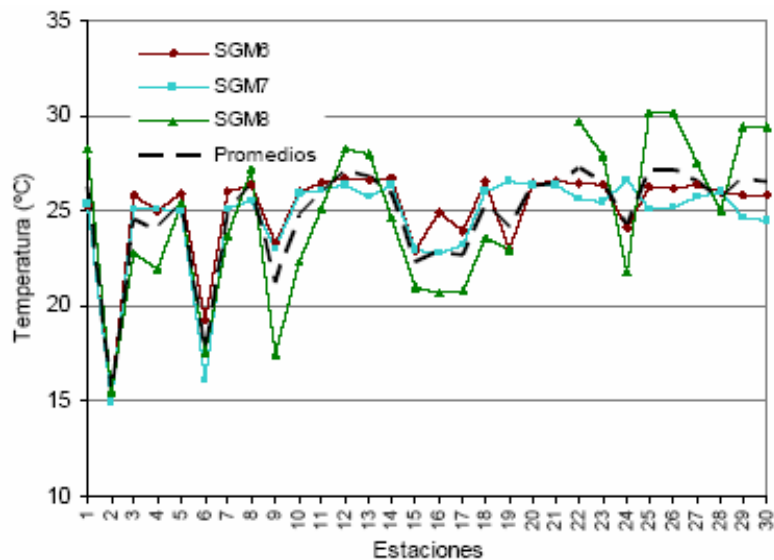


**Figura 2.** Distribución de las localidades de muestreo sobre el gradiente batimétrico.

## Temperatura

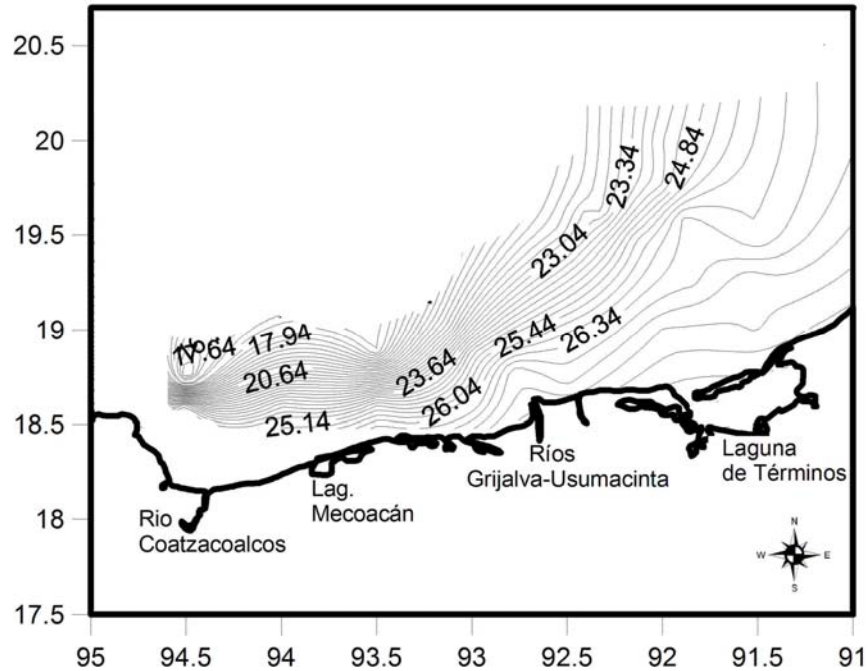
Los valores registrados de temperatura de fondo fluctuaron de 14.94°C (campaña SGM7 estación 2) a 30.15°C (SGM8 estación 25) (Figura 3), lo que representa una diferencia de 15.21°C en un intervalo de 220 m. Los valores más bajos se registraron por debajo de los 150 m de profundidad, esto es en las estaciones 2 y 6, mientras que los más altos se registraron en las estaciones 25 y 26 de la campaña SGM8 ubicadas frente a Laguna de Términos entre los 15 y 22 m de profundidad.

El comportamiento de este parámetro es similar en las tres campañas, sin embargo en la campaña SGM7 no se obtuvieron valores en las estaciones 20 y 21. La tendencia que registra este parámetro es a disminuir a medida que la profundidad se incrementa, lo cual es una tendencia comúnmente observada en la columna de agua.



**Figura 3. Valores de temperatura (°C) del agua de fondo por campaña.**

Esta tendencia puede notarse en la distribución de la temperatura en la zona (Figura 4), donde ésta disminuye al alejarse de la costa, principalmente frente al Río Coatzacoalcos, encontrándose ahí la mayor profundidad (235 m).



**Figura 4. Distribución de la temperatura de agua de fondo.**

#### Salinidad

Los valores de salinidad se encuentran en el intervalo comprendido entre 35.82 y 36.68 con un promedio de 36.33. En la figura 5 se observa que en la campaña SGM7, del lado Oeste, se encuentran valores más bajos en las estaciones 1 a la 22, con excepción de las estaciones 9, 15, 16 y 17 que se acercan más a los valores promedio. La campaña SGM6 es en donde se registran los valores más altos de este parámetro.

En términos generales, este parámetro registra sus valores más altos en el lado Este. También se pueden distinguir algunos puntos en donde, frente a la Laguna de Mecoacán y el Río Grijalva existen valores más bajos, lo que indica la influencia de las aguas continentales. En este mismo sentido se observa un decremento en los valores frente a Laguna de Términos formando líneas con valores similares perpendiculares a la costa (Figura 6).

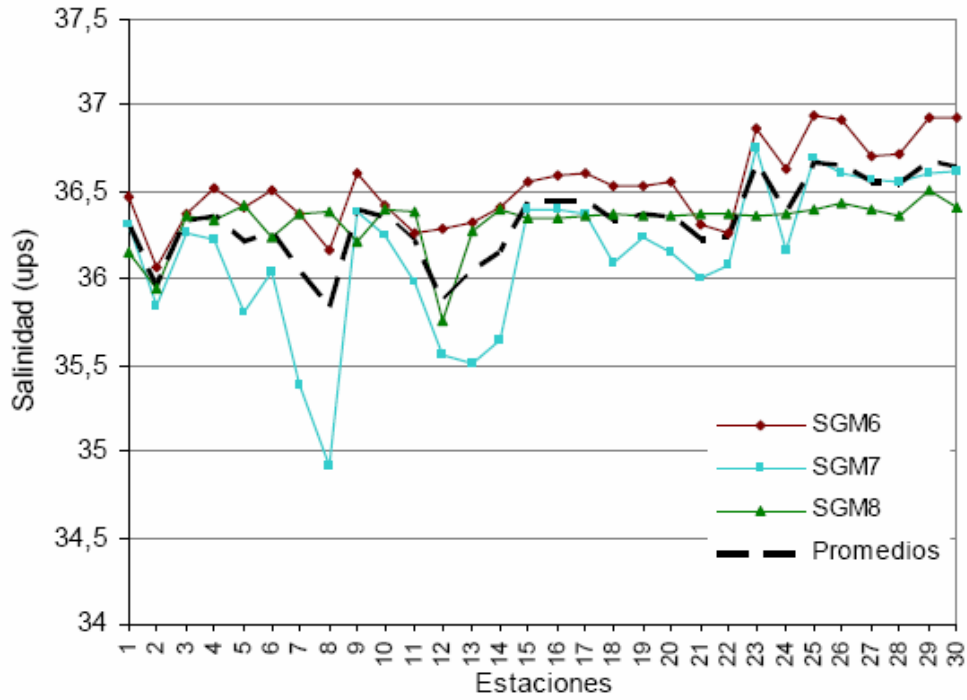


Figura 5. Valores de salinidad (ups) en el agua de fondo por campañas.

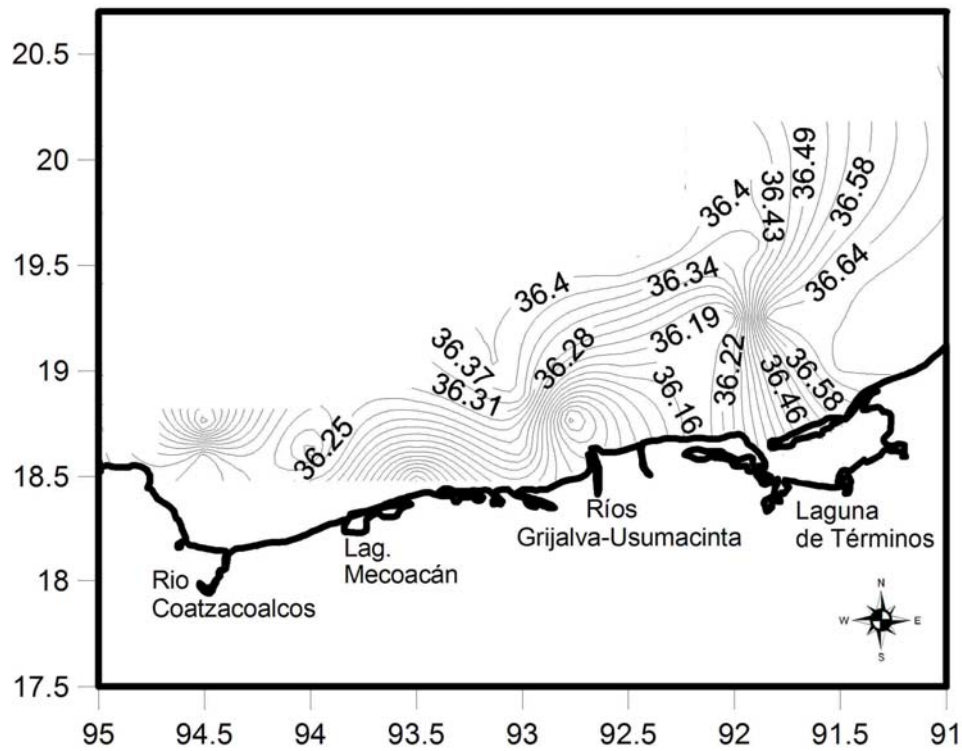
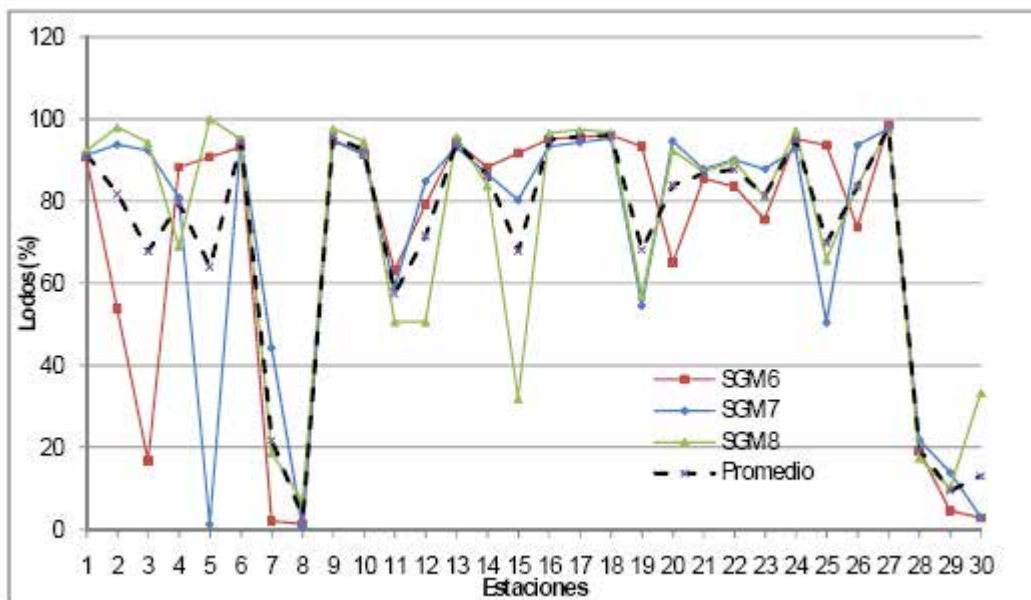


Figura 6. Distribución de la salinidad de agua de fondo.

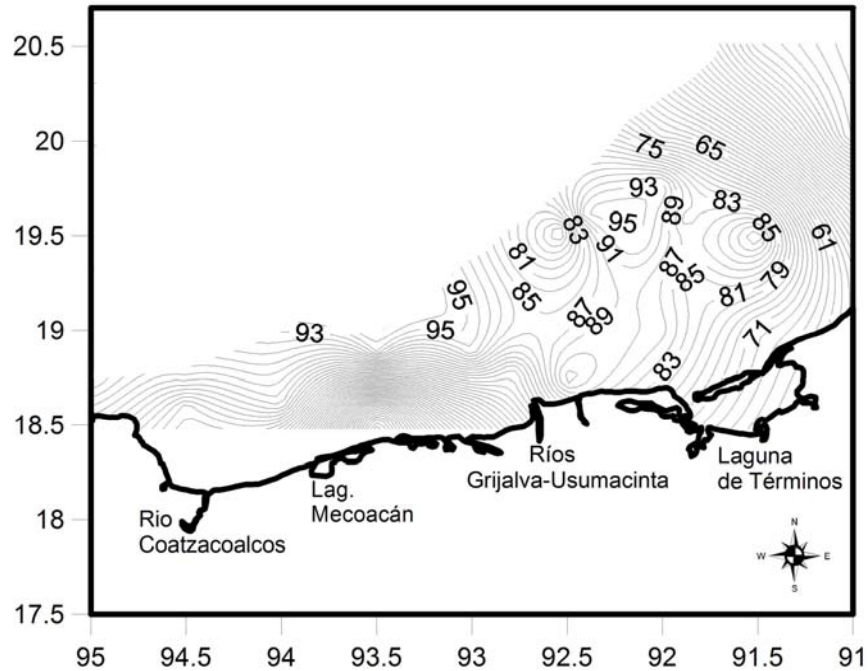
## Tipo de sedimento

El sedimento en el área de estudio muestra la heterogeneidad ambiental que puede existir en esta zona, ya que las concentraciones de lodos van de 0.6% (Campaña SGM7 estación 8) a 100% (Campaña SGM8 estación 5) (Figura 7). En la figura 8, se pueden observar las características sedimentarias de la zona transicional entre los sedimentos terrígenos y biogénicos de la plataforma carbonatada del Banco de Campeche, como lo han registrado diferentes autores (Carranza Edwards *et al.*, 1993; Mendoza Cantú, 1994; Rosales Hoz *et al.*, 1999; Granados Barba, 2001). Además, se considera que esta zona transicional sedimentaria presenta límites diferentes de acuerdo con la temporada del año y propicia cambios en otras variables ambientales como salinidad, materia orgánica o carbonatos (Yañez Arancibia y Sánchez Gil, 2000; Granados-Barba, 2001).

En la temporada de Nortes la distribución de los sedimentos es característica: los predominantes en la zona Oeste son lodos y en la zona Este arenas, existiendo algunos núcleos de menor porcentaje de lodos y más contenido de arenas, principalmente en las zonas alledañas a la costa frente a la Laguna de Mecoacán y el Río Coatzacoalcos (Figura 8). Esto es por la profundidad y al transporte de partículas de sedimento. También es posible la influencia del patrón general de circulación característico de la temporada que, por presentar más energía, puede transportar partículas grandes más lejos de la costa. Debido a esto la zona de estudio presenta características intermedias entre ambas provincias sedimentarias.



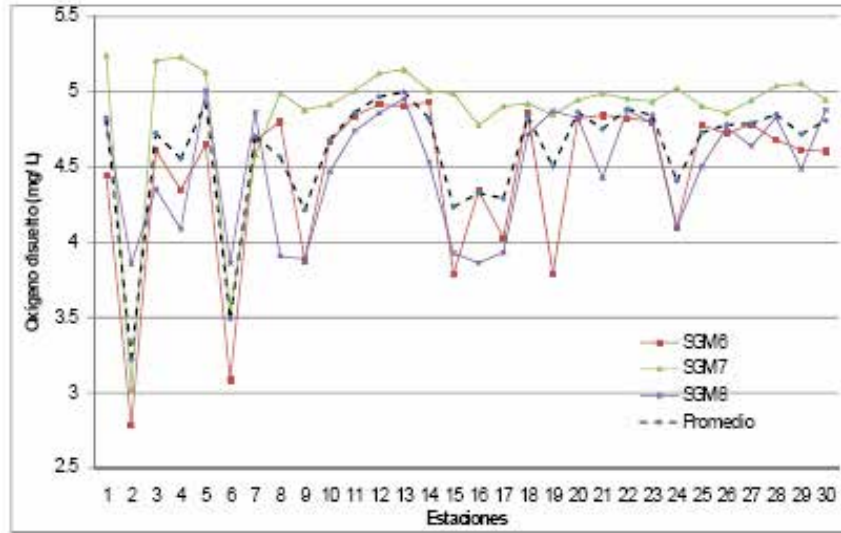
**Figura 7.** Valores de porcentaje de lodos en las estaciones de muestreo en las tres campañas.



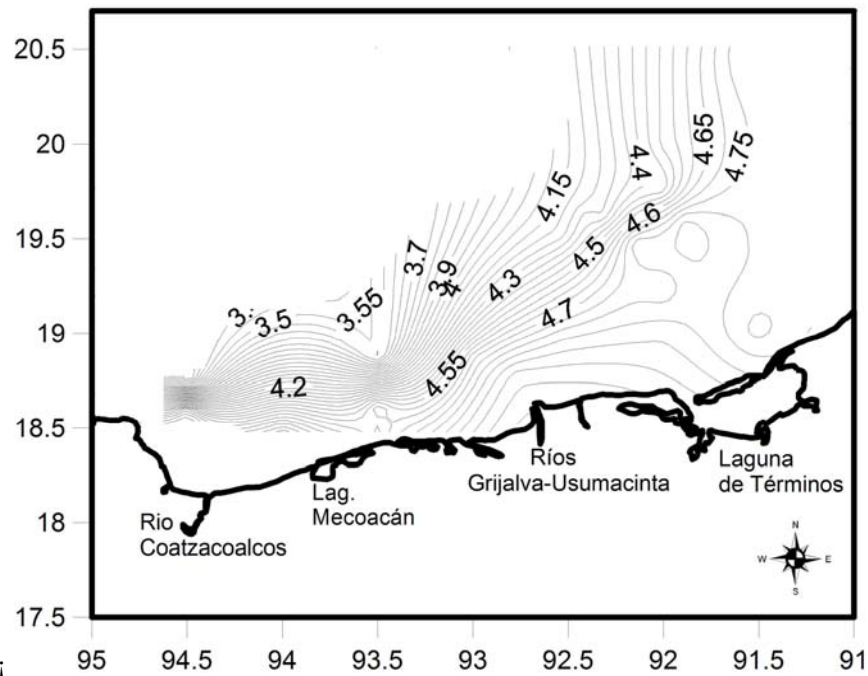
**Figura 8. Distribución del porcentaje de lodos en los sedimentos.**

### Oxígeno disuelto

Los valores de éste parámetro fluctuaron dentro del intervalo de 3.22mg/L y 5.00 mg/L (estación 2 Campaña SGM6 y estación 5 campaña SGM7). El comportamiento de este parámetro es similar en las tres campañas con valores bajos en las estaciones 2, 6 y 9; la campaña que presenta los valores más elevados es SGM7 (Figura 9). En general se observan valores más elevados en las zonas someras con lo que se distingue una distribución con respecto a la profundidad. Esto tiene que ver con la oxigenación por acción del viento, misma que tiende a disminuir con la profundidad (Figura 10) y muy probablemente relacionado con que fue la campaña que registró más eventos de “Nortes” (observación en campo y bitácora de buque) lo que tiene que ver con la mezcla de la columna de agua. Las concentraciones medidas se consideran elevadas principalmente por las características de la dinámica en la columna de agua en temporada de nortes y en segundo término porque las condiciones hipóxicas se definen para los valores inferiores a 2 mg/l (Fitzhugh, 1984).



*Figura 9. Valores de oxígeno disuelto (mg/L) del agua de fondo por campaña.*



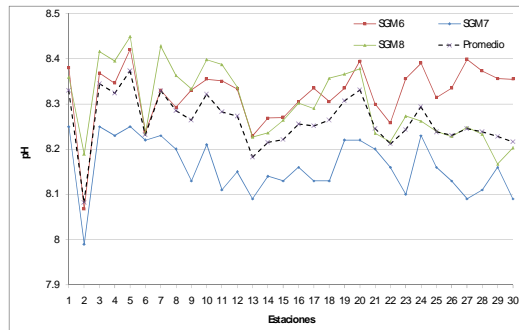
*Figura 10. Distribución de la concentración de oxígeno disuelto en agua de fondo.*



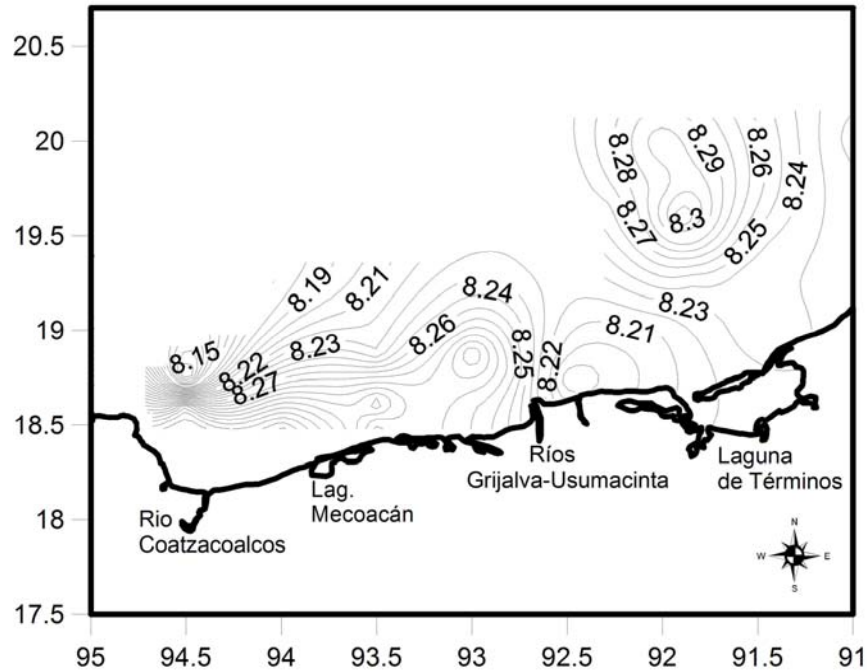
## pH

El pH presenta una variación de 8.08 a 8.37, lo cual se encuentra entre los valores normales para el agua de mar (7.5 a 8.5). El valor mínimo se obtuvo en la campaña SGM7 en la estación 2 (Figura 11).

Este parámetro presenta una distribución diferencial en el área de estudio, lo cual, se considera que es debido a la mezcla de la columna de agua y a que se ubica en una zona en donde convergen sedimentos tanto carbonatados como terrígenos; por ello se observan valores elevados en el lado Este, que es parte de la zona carbonatada (Figura 12). Algunos autores atribuyen este comportamiento al incremento en la concentración de carbonatos, llegando éstos a más del 75% (Campos, 1981; Sánchez García, 1995; Granados Barba, 2001; Domínguez Castanedo, 2004).



**Figura 11. Valores de pH del agua de fondo por campaña.**

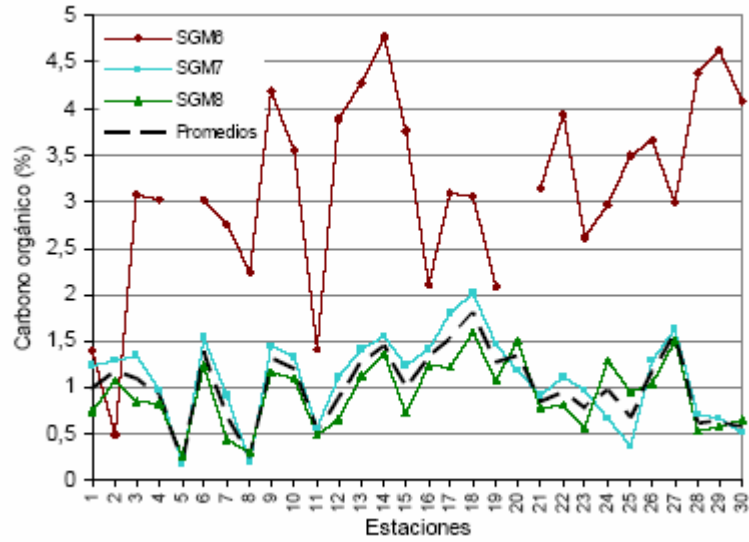


**Figura 12. Distribución del pH del agua de fondo.**

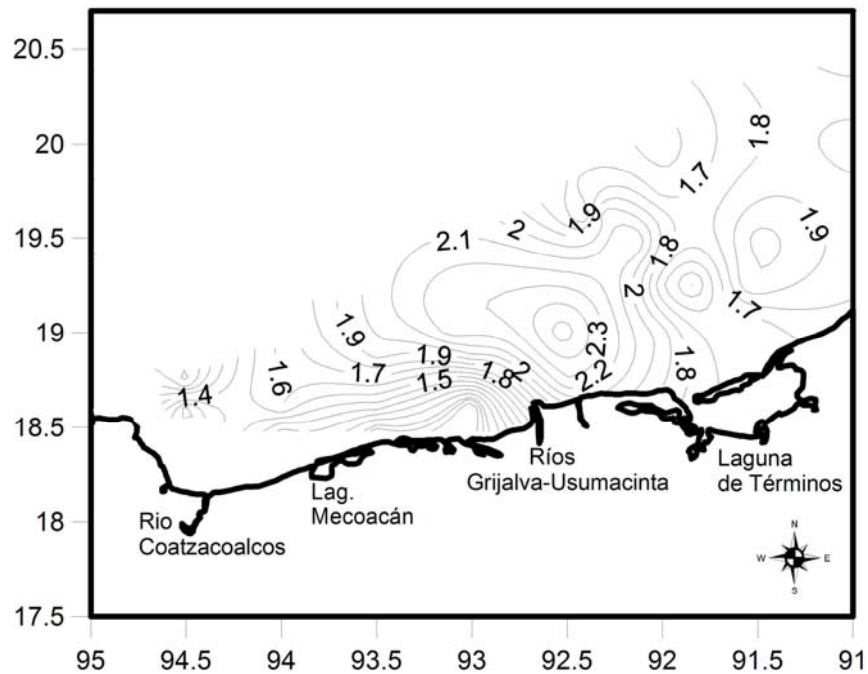
### Carbono orgánico

Los valores del contenido de carbono orgánico en el sedimento fluctuaron dentro del intervalo de 0.83% y 2.02% (Figura 13). Para la Sonda de Campeche se han registrado valores de 0.2% y 1.66% observándose los más elevados en la zona de plataformas petroleras (Rosales Hoz *et al.*, 1992; 1999; Méndez Jaime, 1993; Cruz Orozco *et al.*, 1994; Villanueva Estrada, 2000; Granados Barba, 2001). Los valores de la campaña SGM6 se midieron como materia orgánica, por ello son más elevados; sin embargo, se puede observar la misma tendencia que en las otras campañas.

La distribución de éste parámetro parece estar afectada por la influencia al Este del Canal de Yucatán concentrando valores al noreste de la plataforma y disminuyendo al suroeste (Figura 14), así como al transporte de la misma desde los ríos, principalmente el Grijalva-Usumacinta debido al sentido Oeste-Este de la circulación prevaleciente en esta temporada (Domínguez-Castanedo, 2004).

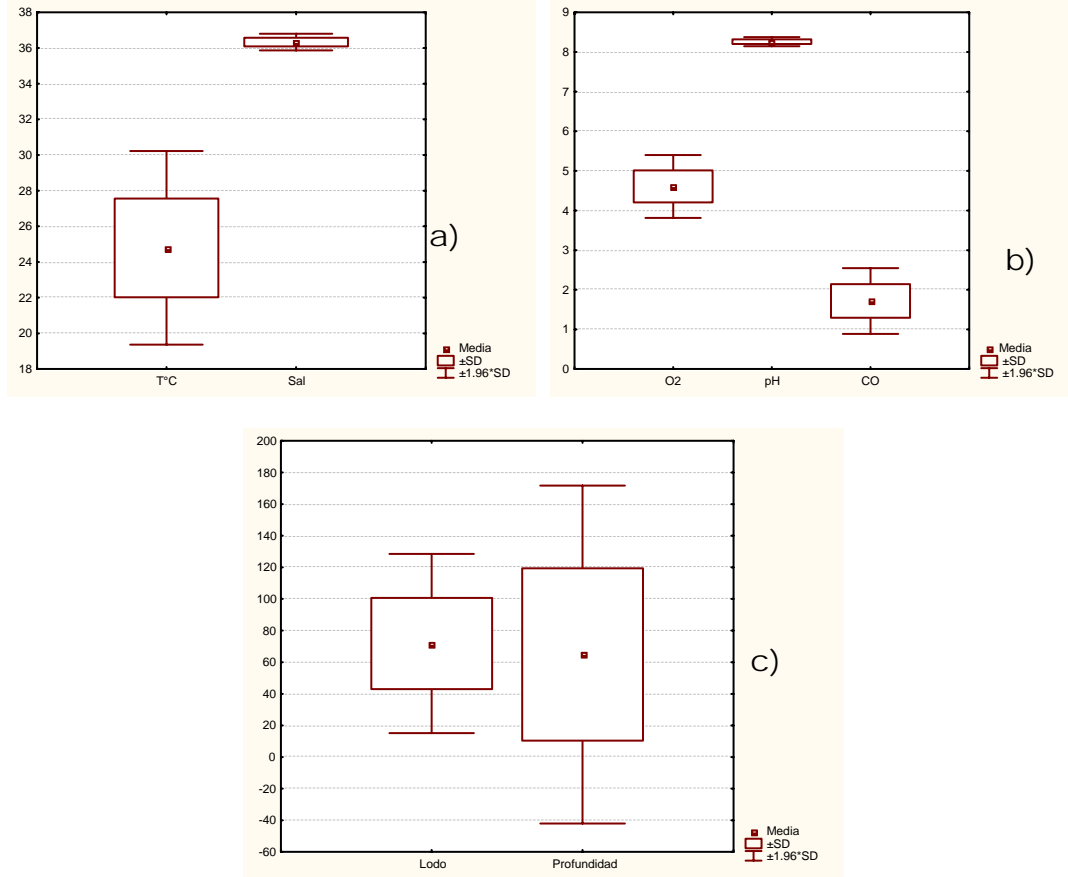


**Figura13. Valores de carbono orgánico (%) del sedimento en las estaciones de muestreo en las tres campañas.**



**Figura 14. Distribución del Carbono Orgánico (%) del agua de fondo.**

Con respecto a las variaciones que presentan los parámetros medidos se realizó un diagrama en donde se pueden observar la media, desviación estándar y error estándar (Figura 15a, b y c). Los parámetros que presentan más variación son la profundidad y el porcentaje de lodos. La temperatura también presentó variación, lo cual puede asociarse con los cambios en la profundidad en la zona.



**Figura 15(a, b y c).** Diagramas de caja de los parámetros ambientales con: valor medio, desviación estándar y error estándar.

Considerando el patrón general de comportamiento de los parámetros ambientales en esta región de estudio, en particular en la zona de transición sedimentaria, se observa que en esta existen una serie de características en las cuales se ven involucrados dos ambientes diferentes: por un lado en la zona Oeste se presentan sedimentos de origen terrígeno, una pendiente pronunciada y mayores profundidades características que influyen directamente a la temperatura del agua de fondo, salinidad por su cercanía de la costa y descargas continentales (Czitrom Bauz *et al.*, 1986; Alatorre Mendieta *et al.*, 1989; Monreal Gómez *et al.*, 1992) y en el Este, hacia la zona carbonatada, la plataforma es extensa y las profundidades no rebasan los 49 m, por lo que esta heterogeneidad ambiental se ve reflejada en los parámetros medidos. Las variables con mayor diferencia en la zona de estudio fueron el porcentaje de lodo y la profundidad debido a las características de la región.

## Metales

Debido a que son muy numerosos los mapas de distribución empleados para analizar la distribución de éstas variables ambientales, en esta sección sólo se incluyen las descripciones y los detalles de dichos mapas se encuentran en el Anexo II. Cabe destacar que todas las concentraciones analizadas son en su porción de biodisponible, ya que son los que fácilmente se pueden reincorporar y afectar a los seres vivos.

### Aluminio

Los valores de este metal fluctuaron dentro del intervalo de 0.0008 a 0.718 mg/kg con un promedio de 0.1192 mg/kg (Figura 1, Anexo II). El valor más elevado se registró en la estación 21 frente al lado Oeste de la Laguna de Términos. Se observó que los valores más altos registrados se encuentran al centro de la zona de estudio entre las lagunas de Mecoacán y Términos (estaciones 10, 16, 20 y 21). El aluminio es un componente de las arcillas minerales, que generalmente se depositan en las zonas más profundas (Rosales Hoz *et al.*, 1994). Sin embargo, también se ha encontrado que está relacionado con los aportes del Grijalva-Usumacinta, toda vez que existe una relación del hierro con el aluminio ya que indica que es de origen de la matriz de los sedimentos (Gold Bouchot, 2004), en ocasiones se ha encontrado que siguen la pluma del río (Méndez-Jaime, 1993; Rosales-Hoz *et al.*, 1999) y de la laguna de Términos.

### Bario

Los valores de éste parámetro fluctuaron dentro del intervalo de 0.00050 mg/kg a 0.16609 mg/kg con un promedio de 0.0370 mg/kg (Figura 2, Anexo II). Los valores más elevados se registraron en la campaña SGM6. La distribución de los valores de este metal se distingue en presentar núcleos de alta concentración frente a la desembocadura del Río Grijalva-Usumacinta (9, 11, 13, 14 19 y 26) con excepción de la campaña SGM7 en donde su valor más elevado se encuentra del lado Oeste de la zona de los complejos petroleros. Este metal es comúnmente asociado con la extracción petrolera, ya que se empleaba en forma de barita en los fluidos de perforación. Este material se depositaba alrededor de los pozos y posteriormente se distribuía por toda la zona por las corrientes y el oleaje. Cabe destacar que en la actualidad la barita ya no se usa en la perforación de pozos petroleros en México (Botello *et al.*, 2005).

### Cadmio

Las concentraciones registradas para este metal se encontraron en el intervalo de 0.00009 a 0.40100 mg/kg con un promedio de 0.6271 mg/kg (Figura 3, Anexo II). En su distribución espacial (Anexo II) se puede observar que se encuentra limitado a la zona de complejos petroleros, principalmente para la campaña SGM6, con tres núcleos de alta concentración (Est. 9,14 y 21). Este metal es

empleado principalmente en el galvanizado de objetos metálicos hechos de acero, hierro y cobre con el objeto de prevenir la oxidación. También se emplea como estabilizador térmico (Páez Osuna, 2005), por lo que es comúnmente usado en las construcciones como lo son las plataformas petroleras en mar abierto.

#### Cobalto

Se encontró en el intervalo comprendido entre 0.00020 y 2.6738 mg/kg con un promedio de 0.2538 mg/kg (Figura 4, Anexo II). En su distribución se observó que sus concentraciones más altas están cerca de la costa frente a la desembocadura del Río Coatzacoalcos (campaña SGM7, estación 3) y frente a Laguna de Mecoacán y Ríos Grijalva-Usumacinta (campaña SGM8) (estaciones 5, 8, 11 y 12). Este metal es asociado con actividades petroleras. Aunado a esto se ha encontrado en el Banco de Campeche (Domínguez Castanedo, 2004), donde se encontró una correlación directa de este metal con la densidad de organismos pertenecientes a los anélidos poliquetos.

#### Hierro

Este metal solo se obtuvo en las campañas SGM6 y SGM7, sus valores de concentración fluctúan en el intervalo de 0.00200 mg/kg a 0.5737 mg/kg con un promedio de 0.8020 mg/kg. En la figura correspondiente (Figura 5, Anexo II) se pueden distinguir dos zonas de valores más elevados: una ubicada del lado Este de los complejos petroleros y la otra del lado Oeste del área de estudio; en ambas campañas coinciden las estaciones 16 y 23 con una concentración superior. Este metal puede tener su origen por factores naturales o antrópicos, lo cual lo indica la velocidad de acumulación en la columna sedimentaria (Stumm, 1985), en el presente estudio se infiere que su origen puede ser continental pues en las dos campañas (SGM6 y SGM7) su distribución es claramente restringida a la zona costera frente a la Laguna de Mecoacán y la Laguna de Términos.

#### Níquel

Las concentraciones fluctuaron entre 0.0 mg/kg y 0.088 mg/kg con un valor promedio de 0.0199 mg/kg (Figura 6, Anexo II). En términos generales su distribución se encuentra en tres puntos: uno ubicado del lado Oeste, otro al centro frente a la desembocadura de los Ríos Grijalva-Usumacinta y el tercero en diferentes puntos sobre la zona de complejos petroleros. Las estaciones cercanas a la costa con una mayor concentración son 1, 11, 13 y 22. Las de los complejos petroleros son 15, 16, 20, 21 y 22 todas ellas ubicadas en los alrededores de ésta zona. Este metal, junto con el vanadio forma parte de la composición de los petróleos crudos, empleándose también como agente catalizador en el proceso de refinación del petróleo (Botello *et al.*, 2004). En cuanto a su distribución espacial en la zona, se ha encontrado que este metal incrementa sus concentraciones dentro del área de plataformas petroleras, por lo que se ha atribuido a la perforación y extracción de hidrocarburos (Gold Bouchot, 2004).

## Plomo

Los valores registrados para éste metal se encontraron en el intervalo comprendido entre 0.0mg/kg y 0.4647mg/kg con un promedio 0.0186mg/kg (Figura 7, Anexo II). Presentó una distribución similar a la del Níquel con tres puntos de valores superiores, aunque con menor concentración. Es una distribución sin un patrón consistente; en la campaña SGM6 hay un núcleo de elevada concentración en la estación 10 de la campaña SGM7, la concentración más alta se encuentra principalmente frente a la Laguna de Términos (estaciones 21, 22 y 25) y la campaña SGM8 en las estaciones 1, 11 y 16. Esto posiblemente se debe a que las variaciones de las concentraciones de plomo en los sedimentos dependen del comportamiento de la descarga industrial, la tendencia del plomo a acumularse, y a las características propias del sedimento (Hartung y Sinman, 1972). Algunos autores han propuesto que las altas concentraciones de plomo biodisponible se pueden atribuir a hechos como: la asociación del metal con la materia orgánica y su precipitación como carbonatos de Pb, (Ochoa *et al.*, 1973; Páez Osuna *et al.*, 1986).

## Vanadio

Los valores registrados se encuentran en el intervalo de 0.00100 mg/kg a 0.3349 mg/kg; con un promedio de 0.0073 mg/kg (Figura 8, Anexo II). Su distribución presenta los valores más altos ubicados frente a los ríos Grijalva-Usumacinta (campañas SGM6 y SGM7) (estaciones 11 y 12), y del lado Este del área de estudio (campaña SGM8) en las estaciones 29 y 30. Dado que el vanadio y el níquel son los elementos metálicos más abundantes en el petróleo (Clark y Brown, 1977) se ha inferido que se relacionan directamente con las actividades petroleras propias de la zona (Villanueva y Botello, 1992). En el presente estudio su distribución fue diferencial, lo cual se puede atribuir a un transporte hacia el Este de la zona debido a la circulación oceánica. Se ha documentado que su presencia puede deberse a actividades industriales y de extracción de hidrocarburos (Páez Osuna, 2005).

## Hidrocarburos totales

El Intervalo en el que se encuentran va de 0.10mg/kg a 735mg/kg (Figura 1, Anexo III). El valor más alto, al ser tan extremo se quitó de la representación espacial de su distribución ya que no permitió observar claramente el comportamiento de los datos. Se observa que los valores más elevados se encuentran ubicados frente a la desembocadura del Río Grijalva-Usumacinta y en la zona norte de los complejos petroleros. Sin embargo, se puede ver que en la campaña SGM6 el valor máximo se encuentra al Este, hacia la zona carbonatada. A este respecto, Domínguez Castanedo (2004) atribuye dicha distribución a las corrientes predominantes en la zona. Asimismo,

Sánchez-García (1995), infiere acerca de que el giro ciclónico puede ser un factor determinante en la dispersión y distribución, tanto de las características sedimentológicas como de los hidrocarburos en la región.

#### Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) se encuentran en el intervalo comprendido entre 0.06 mg/kg y 5.7 mg/kg con un promedio de 1.22 mg/kg (Figura 2, Anexo III). En la distribución de los HAP's se encuentra que los valores más altos se ubican en la zona de complejos petroleros; asimismo, frente al Grijalva-Usumacinta y al igual que los hidrocarburos totales en la campaña SGM6 se registra una elevada concentración hacia la zona Este de área de estudio.

Dada la dinámica del medio marino, los sedimentos son empleados a nivel internacional como registro para el análisis de contaminantes y la determinación de la calidad ambiental (Quintero Mármol *et al.*, 2004). La importancia de los sedimentos se ha visto reflejada en los resultados obtenidos en el presente estudio.

De manera general, se puede observar que la distribución de algunos de los parámetros del sedimento, como el contenido de carbono orgánico, se encuentran hacia el Este de la zona de estudio, es decir sobre la zona carbonatada, lo que puede estar dado por la circulación oceánica que se desplaza predominantemente de Oeste a Este en temporada de nortes, avanza por la Plataforma de Campeche hacia Puerto Progreso. Por ello, pueden existir núcleos de acumulación de algunos de los metales en esta zona (Macías Zamora *et al.*, 1999) que probablemente son acarreados desde la zona petrolera o de los Ríos Grijalva-Usumacinta y al encontrarse con la pendiente del Banco de Campeche quedan atrapados en el sedimento y se acumulan (Domínguez Castanedo, 2004). Sin embargo, también se registraron valores anormalmente altos en metales como: Ba, Cd, Ni y V en lugares cercanos o sobre la zona de complejos petroleros (Anexo II), lo que sugiere que podrían estar asociados a las actividades de extracción de hidrocarburos.

El mayor porcentaje de los metales utilizados en actividades industriales se presenta en las regiones costeras, sobre todo en las cercanías de las refinerías de petróleo, producción de fertilizantes, minería y metalurgia, y más aún enfrente de ciudades costeras. Las descargas domésticas, son fuentes que proveen metales como Pb, Zn, Cd y Cr, que se descargan en los ríos o directamente en el mar. Existen diversas formas en que los metales son introducidos en los ambientes marinos y costeros. Algunas de ellas pueden ser: intemperismo de rocas; erupciones volcánicas; empleo de fertilizantes y plaguicidas (Gold Bouchot, 2004).

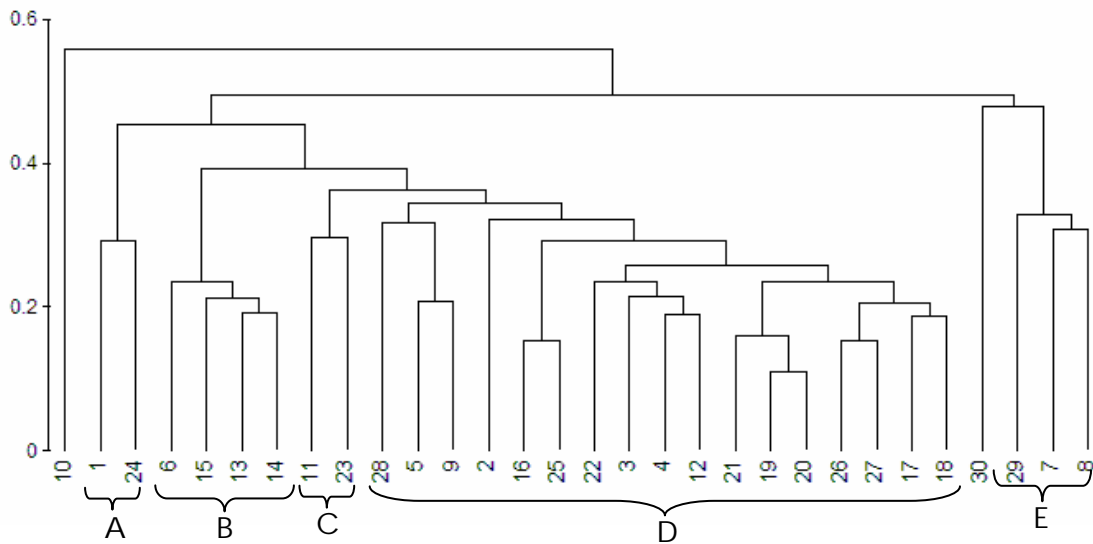
En el presente estudio, se puede ver que existe una tendencia en la distribución de la concentración de las diferentes variables medidas que se encuentra realcionada, en algunos casos con las descargas de aguas continentales. En el caso de HAP's, bario, cadmio, níquel y vanadio, disminuyen con la distancia de las plataformas petroleras; o en el caso del aluminio, cobalto y en menor medida el



hierro con respecto a descargas de aguas; esto podría sugerir su origen antrópico; sin embargo, con la información disponible solo se puede inferir sobre su fuente más no determinar con precisión la parte correspondiente a las descargas continentales o de origen por actividad petrolera.

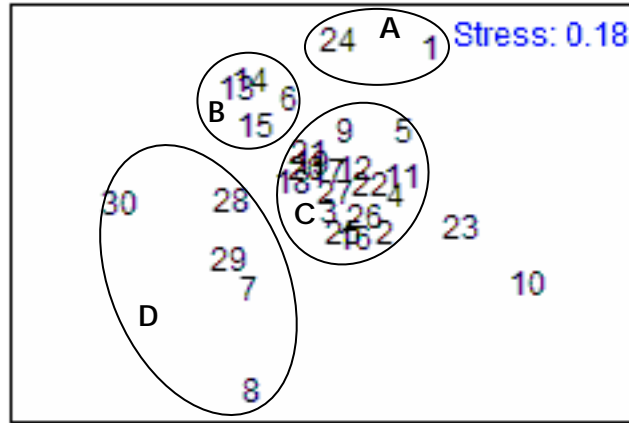
### 6.1.1. Clasificación y ordenación de las estaciones de muestreo por campaña oceanográfica.

Para la campaña SGM6 (Figura 16), se observa que el dendrograma muestra una asociación de las estaciones en función de los parámetros ambientales analizados en este estudio. Se pueden identificar cinco grupos: el grupo "A", conformado por las estaciones 1 y 24; el grupo "B" por la 6, 15, 13 y 14 (ordenadas según la figura); el grupo "C" que conjunta solo dos estaciones: 11 y 23; el grupo "D" que une a 17 estaciones (28, 5, 9, 2, 16, 25, 22, 3, 4, 12, 19, 20, 26, 27, 17 y 18), el cual es un grupo muy heterogéneo; y el "E" que agrupa a las estaciones 29, 7 y 8. Además se puede ver que las estaciones 10 y 30 quedan fuera de ellos.



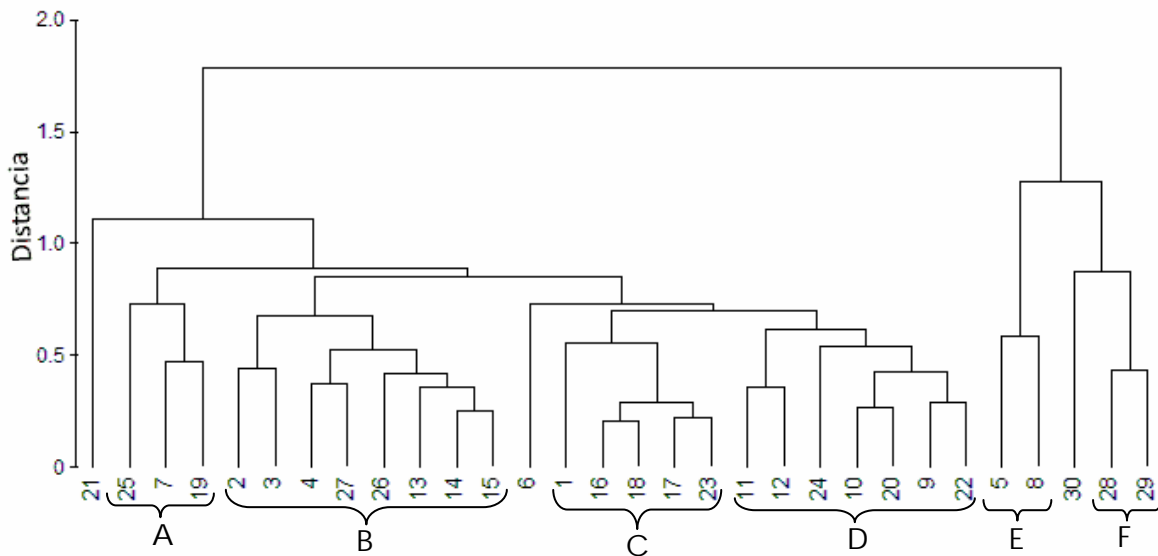
**Figura 16. Dendrograma con base en los parámetros ambientales para la campaña SGM6.**

El análisis NMDS también se relacionó con los valores de los parámetros ambientales obtenidos. Se observa una conformación de grupos similar en donde el grupo "A" se encuentra arriba al centro y las estaciones quedan asociadas por sus valores similares de pH, temperatura, salinidad y % de lodos; el grupo "B" queda debajo del primero, el "C" en la figura es el conglomerado central. Finalmente, queda el grupo "D" que es el más disperso del lado izquierdo de abajo. También destaca la estación 10 aislada del lado derecho y la estación 23 (Fig 17).



**Figura 17.** NMDS con base en los parámetros ambientales para la campaña SGM6.

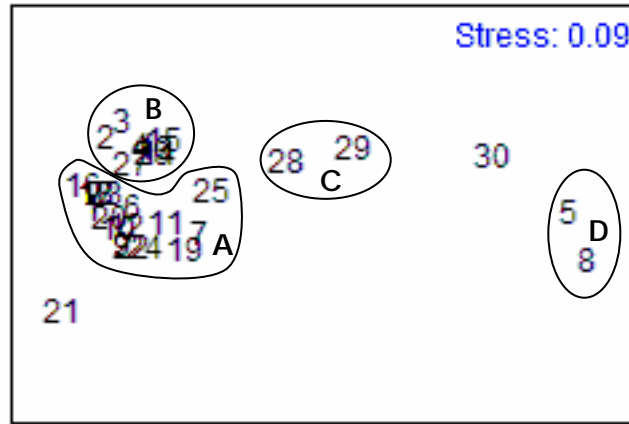
El análisis de clasificación para la campaña SGM7 muestra cuatro grupos conformados de la siguiente manera: “A” por las estaciones 25, 7 y 19; el “B” con ocho estaciones (2, 3, 4, 27, 26, 13, 14, 15); el grupo “C” con cinco estaciones (1, 16, 18, 17, 23); el grupo D agrupa las estaciones 11, 12, 24, 10, 20, 9 y 22; el grupo “E” contiene solo dos estaciones: 5 y 8; y finalmente, el grupo “F” (28 y 29). Las estaciones 21, 6 y 30 se encuentran fuera de cualquier grupo (Figura 18).



**Figura 18.** Dendrograma con base en los parámetros ambientales para la campaña SGM7

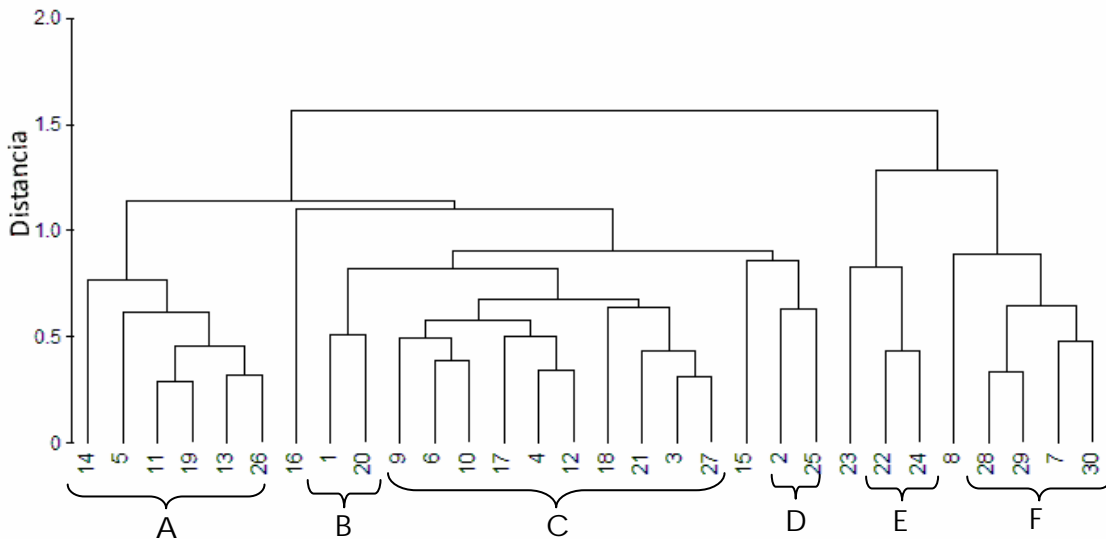
El NMDS (Figura 19) presenta una configuración en donde la estación 21 se encuentra aislada (izquierda-abajo) al igual que la 30 (derecha arriba), el grupo “A” se encuentra al centro-izquierda; el grupo “B” es un conglomerado del lado superior-izquierdo; el “C” se encuentra del lado derecho

en la figura, el cual coincide con el grupo “E” en el dendrograma; y al centro de la figura se encuentra el grupo “D”, el cual es coincidente con el grupo “F” de la figura anterior.



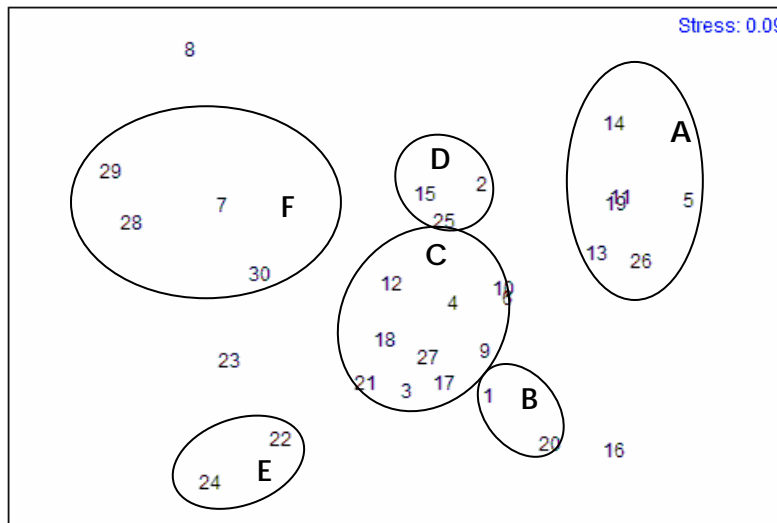
**Figura 19.** NMDS con base en los parámetros ambientales para la campaña SGM7.

Para la campaña SGM8 se obtuvieron seis grupos (de izquierda a derecha en la figura 20): el grupo “A” lo conforman las estaciones 14, 5, 11, 19, 13, y 26; la estación 16 se encuentra excluida de los grupos; el grupo “B” con las estaciones 1 y 20; el grupo “C” conglomerara a diez de las estaciones (9, 6, 10, 17, 4, 12, 18, 21, 3, y 27) que son las que registran los valores promedio en las variables medidas; el grupo “D” conformado por sólo dos estaciones (2 y 25), al igual que el “E” con las estaciones 22 y 24; finalmente, el grupo “F” con las estaciones 28, 29, 7 y 30. Cabe destacar que las estaciones que no fueron incluidas en alguno de los grupos son 8,15 y 16.



**Figura 20.** Dendrograma con base en los parámetros ambientales para la campaña SGM8.

En el análisis NMDS correspondiente a la campaña SGM8 (Figura 21), a diferencia de las otras dos campañas, se eliminó el parámetro plomo pues faltaban muchos de los valores correspondientes a ese metal en las estaciones. La conformación del escalamiento muestra una distribución en la cual los grupos de la figura anterior se pueden distinguir claramente teniendo así el orden de derecha a izquierda de “A” a “E”, esto es “A” a la derecha, “B” y “C” al centro, “D” sobre éstas, “E” y “F” del lado izquierdo.



**Figura 21. NMDS con base en los parámetros ambientales para la campaña SGM8.**

En las tres campañas se observa que las estaciones 28, 29 y 30 se agrupan, en el caso de la estación 30, que comparte características similares, queda aislada de los grupos, excepto en la campaña SGM6. Esto se debe a que las tres estaciones se ubican del lado Este en la zona carbonatada por lo que presentan sedimento de tipo arenoso; y en general, en todas las campañas se nota que son ambientalmente diferentes del resto; asimismo, las estaciones 7 y 8 (principalmente la 7) aunque se encuentran del lado Oeste de la zona de estudio, frente a Laguna Mecoacán, también presentan arena y su profundidad es inferior a 50 m, por lo que también son ambientalmente diferentes al resto de las estaciones, y semejantes a las estaciones costeras de la zona carbonatada.

Estos resultados denotan la homogeneidad presente en la zona carbonatada, parte del Banco de Campeche (Domínguez-Castanedo, 2004), que a pesar de la intensa actividad de vientos y tormentas en esta temporada se mantiene un gradiente horizontal fisicoquímico semipermanente (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986) En contraste, en la Sonda de Campeche y zona transicional, no se observa un patrón ambiental consistente en las diferentes campañas, debido a la heterogeneidad e inestabilidad presente (Rojas-López, 2004) que causa la sedimentación, la

cantidad y calidad de alimento y la mayor fijación de los contaminantes a estos fondos blandos por el tamaño de partícula, dado tanto por la temporada del año, como por el tipo de sedimento (Flint, 1981; Gray, 1981; Fitzhugh, 1984). Por lo tanto, para la temporada de nortes, existe una remoción de sedimento, principalmente en el Banco de Campeche por presentar menores intervalos de profundidad y mezcla en la columna de agua, que es diferencial a lo largo del año, presenta una heterogeneidad de hábitat, calidad de alimento e hidrodinámica (Hernández Arana, 1995). También sucede así sobre las descargas de agua continental influenciando la descarga de los ríos sobre la plataforma terrígena lo que permite distinguir las regiones sedimentarias que son una de las variables más importantes en la distribución de los organismos del fondo marino.

## 6.2. Estructura Comunitaria

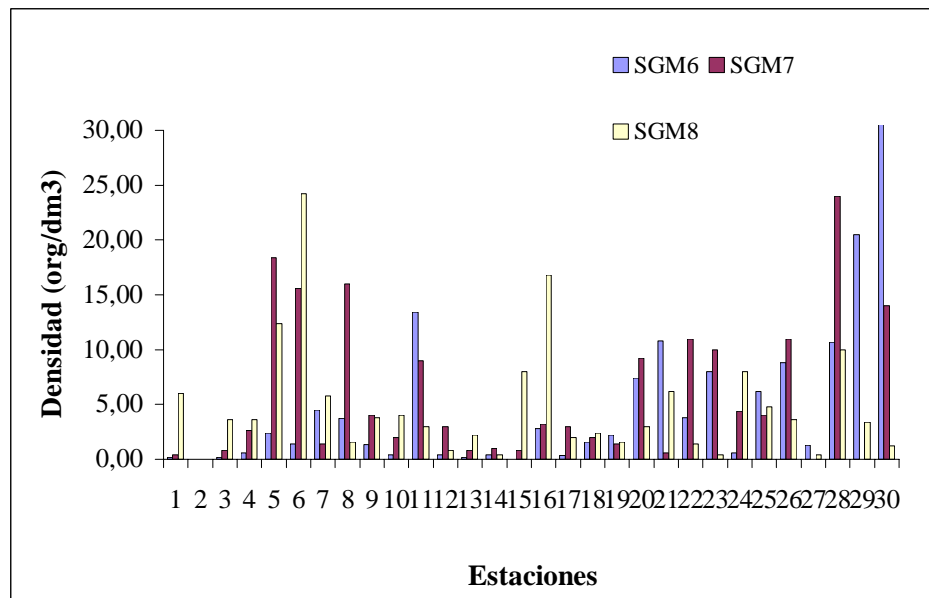
Se identificaron 3054 organismos que se agruparon en 81 familias 164 géneros y 310 especies (campana SGM6-171 sp; campana SGM7-154 sp; campana SGM8-138 sp.).

### 6.2.1. Densidad

Se recolectó un total de 1659, 672 y 723 organismos (Ver lista faunística Anexo IV) para las campañas SGM6, SGM7 y SGM8 respectivamente, de los cuales los anélidos poliquetos son los más numerosos teniendo densidades de 221.96, 97.571 y 535.4 ind/dm<sup>-3</sup> respectivamente (Tabla 1 y Figura 22).

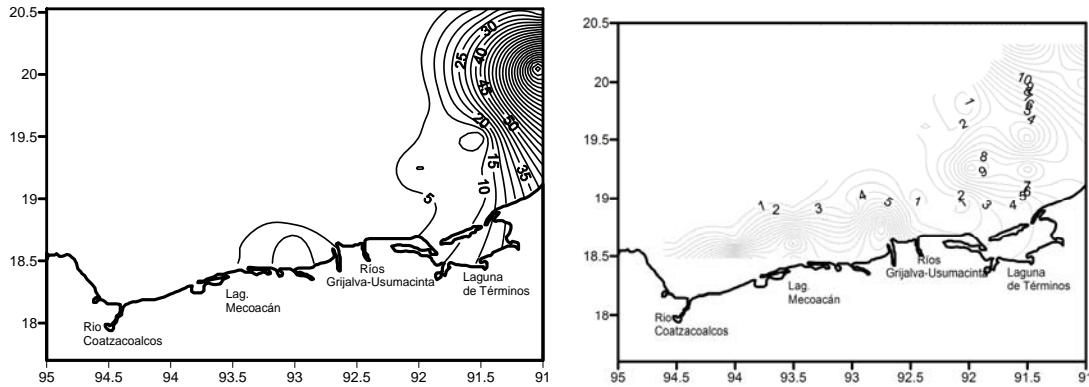
*Tabla 1. Densidades de organismos recolectados en cada una de las campañas*

	<b>SGM6</b>	<b>SGM7</b>	<b>SGM8</b>	<b>Total</b>
<b>Poliquetos</b>	221.96	97.57	535.4	854.93
<b>Moluscos</b>	24.415	30.314	247.2	301.92
<b>Crustáceos</b>	6.25	24.66	81.6	112.53
<b>Equinodermos</b>	1.20	4.62	0	5.83
<b>Total</b>	253.83 ind/dm <sup>-3</sup>	157.19 ind/dm <sup>-3</sup>	864.2 ind/dm <sup>-3</sup>	1275.23 ind/dm <sup>-3</sup>



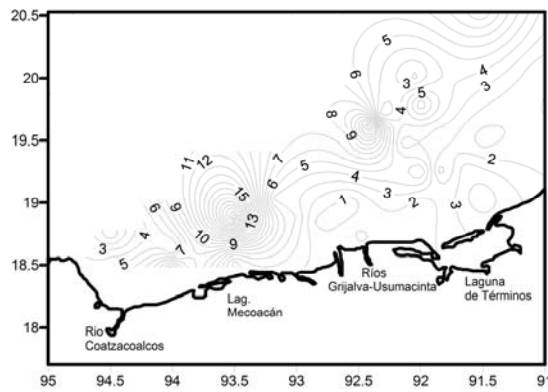
*Figura 22. Densidad de organismos por estación de muestreo.*

La distribución de los valores de densidad muestra una tendencia similar en las campañas SGM7 y SGM8 observándose dos núcleos con de alta densidad, en la zona Oeste, en donde la diferencia entre los valores es más notoria. Sin embargo, para la campaña SGM6 (Figura 23), claramente se observa una tendencia de incremento hacia el Este, relacionado con la profundidad de la zona y el tipo de sedimento, en donde predominan los sedimentos de tipo arenoso. En las campañas SGM6 y SGM7, los núcleos de altas densidades se encuentran frente a la Laguna de Mecoacán, también presentan un tipo de sedimento arenoso y menor profundidad lo que está relacionado con su cercanía a la costa. Esto puede ocasionar un cambio en el suplemento alimenticio y su calidad (Hyland *et al.*, 1991), relacionado con el gradiente batimétrico, el cual disminuye hacia el Este. Se puede observar que a la escala trabajada, se ven núcleos de altas densidades en diferentes localidades. Sin embargo, en general los valores más elevados se localizan en el lado Este, lo cual concuerda con trabajos previos en la zona, donde se ha registrado que el gradiente sedimentario presente de terrígeno a carbonatado provee más heterogeneidad (Rodríguez Villanueva, 1993; Miranda Vázquez, 1993; Granados Barba, 2001; Domínguez Castanedo, 2004; Rojas López, 2004).



A) Campaña SGM6

B) Campaña SGM7



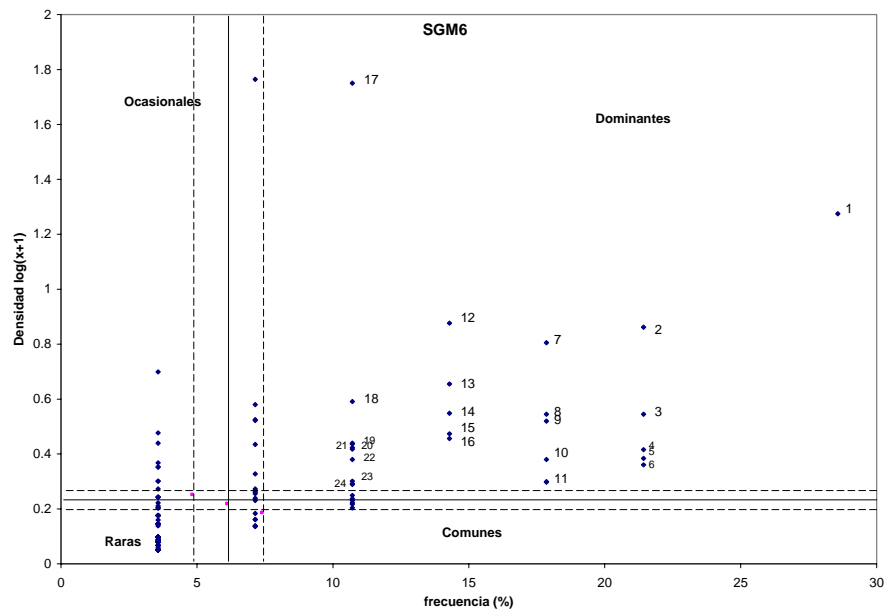
C) Campaña SGM8

**Figura 23. Distribución de la densidad de organismos en el área de estudio (ind/dm<sup>-3</sup>).**



### 6.2.2. Dominancia de especies

Al realizar la prueba de Asociación de Olmstead y Tukey, se obtuvieron los cuatro cuadrantes en donde se ubicaron 24, 17 y 16 especies dominantes para las campañas SGM6, SGM7 y SGM8 respectivamente (Figuras 24, 25 y 26 y Tabla 2). Entre las especies dominantes se encuentran cinco que son comunes a las tres campañas: *Paraprionospio pinnata*, *Scoletoma verrilli*, *Cossura delta*, *Nephtys incisa* y *Mediomastus californiensis*. Todos ellos corresponden al grupo de anélidos poliquetos (Tabla 2).



**Figura 24.** Diagrama resultante de la Prueba de Asociación de Olmstead y Tukey para la campaña SGM6 (el número corresponde al Id de la Tabla 2).

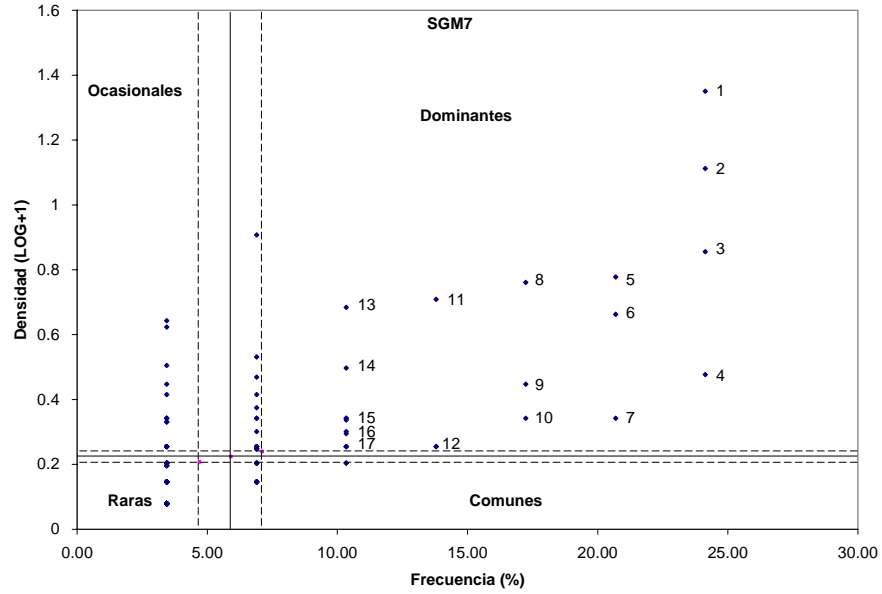


Figura 25 Diagrama resultante de la Prueba de Asociación de Olmstead y Tukey para la campaña SGM7 (el número corresponde al Id de la Tabla 2).

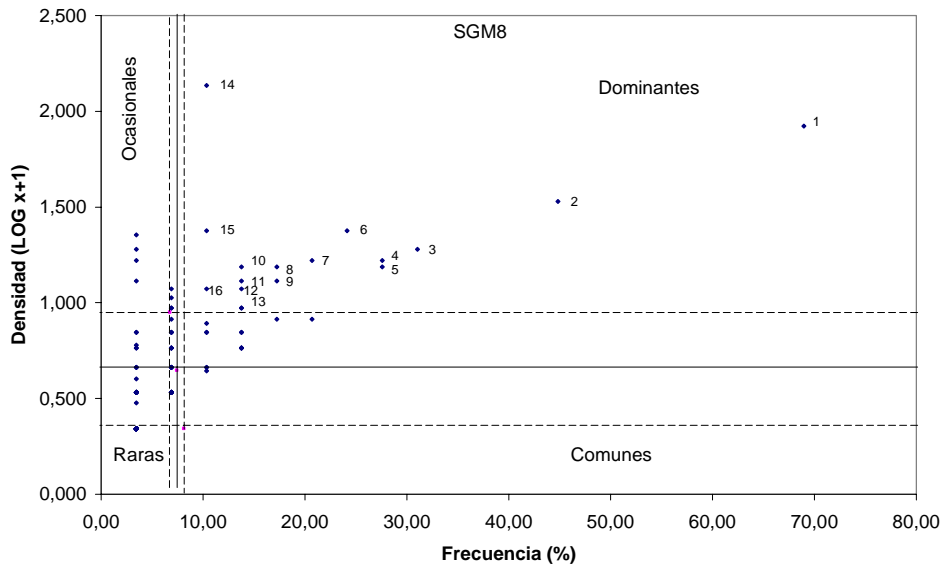


Figura 26. Diagrama resultante de la Prueba de Asociación de Olmstead y Tukey para la campaña SGM8 (el número corresponde al Id de la Tabla 2).

**Tabla 2. Especies dominantes en cada una de las campañas (las especies en común resaltadas en negritas).**

Especies Dominantes SGM6		Especies Dominantes SGM7		Especies Dominantes SGM8	
Id	Especie	Id	Especie	Id	Especie
1	<i>Paraprionospio pinnata</i>	1	<i>Tanaidacea</i>	1	<i>Ceratonereis irritabilis</i>
2	<i>Scoletoma verrilli</i>	2	<i>Paraprionospio pinnata</i>	2	<i>Terebra dislocata</i>
3	<i>Neanthes micromma</i>	3	<i>Scoletoma verrilli</i>	3	<i>Olivella sp.</i>
4	<i>Cossura delta</i>	4	<i>Cossura delta</i>	4	<i>Chaetozone sp.A</i>
5	<i>Ninoë leptognatha</i>	5	<i>Splendrilla janetae</i>	4	<i>Scoletoma verrilli</i>
6	<i>Automate evermanni</i>	6	<i>Phos gauden</i>	5	<i>Aglaophamus cf. verrilli</i>
7	<i>Ampelisca agassizi</i>	7	<i>Caprella sp.</i>	6	<i>Splendrillia janetae</i>
8	<i>Magelona polydentata</i>	8	<i>Nephtys incisa</i>	7	<i>Prionospio (P.) cristata</i>
9	<i>Nephtys incisa</i>	9	<i>Terebra dislocata</i>	8	<i>Ninoe leptognatha</i>
10	<i>Magelona sp. L</i>	10	<i>Callianassa sp. 1</i>	9	<i>Ampelisca agassizi</i>
11	<i>Caprella equilibra</i>	11	<i>Neanthes micromma</i>	10	<i>Phos gaudens</i>
			<i>Mediomastus</i>		
12	<i>Ophiuridae sp.</i>	12	<i>californiensis</i>	11	<i>Armandia maculata</i>
13	<i>Armandia maculata</i>	13	<i>Notomastus daueri</i>	12	<i>Mediomastus californiensis</i>
14	<i>Ampelisca sp. 2</i>	14	Amphiuridae	13	<i>Prionospio (M.) delta</i>
15	<i>Automate rectifrons</i>	15	<i>Scoletoma sp. 1</i>	14	<i>Cossura delta</i>
16	<i>Ampelisca sp.1</i>	16	<i>Notomastus hemipodus</i>	15	<i>Nephtys incisa</i>
17	<i>Monticellina baptisteanae</i>	17	<i>Aphelochaeta sp. 1</i>	16	<i>Paraprionospio pinnata</i>
18	<i>Bispira melanostigma</i>				
19	<i>Goniadides carolinae</i>				
	<i>Mediomastus</i>				
20	<i>californiensis</i>				

Se puede inferir que las especies encontradas como dominantes en las tres campañas tienen estilos de vida, tipos de alimentación y estrategias reproductivas, entre otras, que les permiten compartir

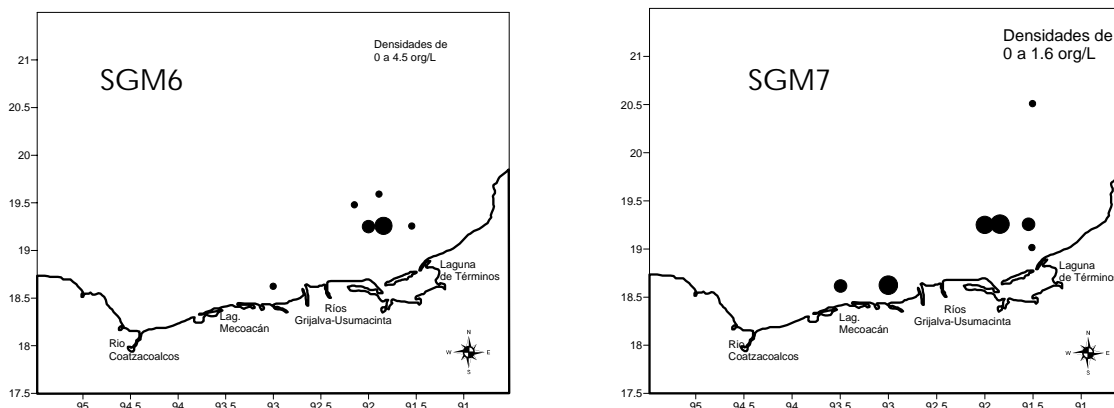
con éxito un mismo espacio en forma simultánea; éstas reflejan las características fisicoquímicas y texturales del área de estudio. Esto aunque, seguramente, pueden jugar un papel de importancia factores bióticos como la competencia y depredación, entre otros.

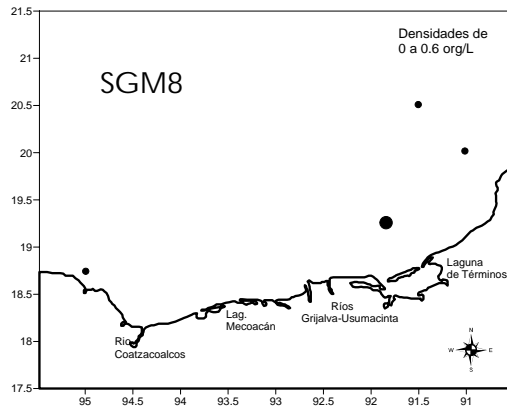
La especie dominante en frecuencia y densidad en las tres campañas fue *Paraprionospio pinnata*. Las demás especies presentan densidades relativamente bajas en comparación con *P. pinnata*. Por ello, son dominantes en términos de frecuencia, en especial *Nephtys incisa* que está presente en el 44.8 de las estaciones en la campaña SGM8. Se puede observar que hay un incremento tanto en la densidad como en la frecuencia de las especies dominantes en la campaña SGM8 con respecto a las demás campañas (Tabla 3).

**Tabla 3. Densidad y frecuencia de las especies dominantes en cada una de las campañas.**

Especie	Densidad (org/dm <sup>3</sup> ) SGM6	Densidad (org/dm <sup>3</sup> ) SGM7	Densidad (org/dm <sup>3</sup> ) SGM8	Frecuencia % SGM6	Frecuencia % SGM7	Frecuencia % SGM8
<i>Paraprionospio pinnata</i>	17,83	11,94	82,8	28,57	24,1	69
<i>Scoletoma verrilli</i>	6,27	6,17	8,4	21,42	24,1	13,8
<i>Cossura delta</i>	1,61	2	18	21,43	24,1	31
<i>Nephtys incisa</i>	2,31	4,77	32,8	17,86	17,2	44,8
<i>Mediomastus californiensis</i>	1,75	0,8	14,4	10,71	13,8	27,6

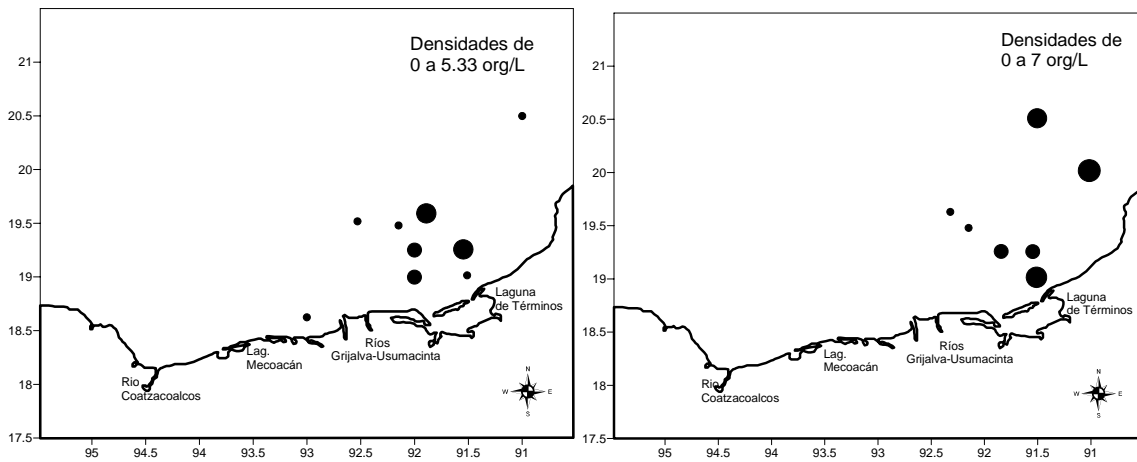
Una de las especies dominantes es *Scoletoma verrilli*, especie que ha resultado ser ecológicamente importante en el sur del Golfo de México, principalmente en sedimentos lodo-arenosos y lodosos (Granados Barba, 1991; 1994; 2001; Miranda Vázquez, 1993; Rodríguez Villanueva, 1993; Domínguez Castanedo, 2004; Rojas López, 2004). Los valores mas altos de densidad de esta especie se registraron frente a la laguna de Términos en todas las campañas (Figura 27) y, además, al norte de Mecoacán en la campaña SGM7, *Scoletoma verrilli* se encuentra entre las tres primeras dominantes para las campañas SGM6 y SGM7.

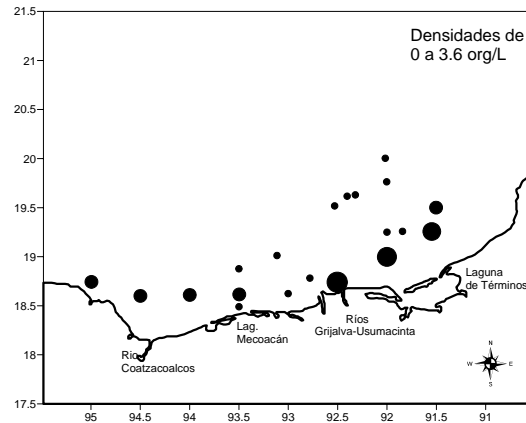




**Figura27. Distribución espacial de la especie *Scoletoma verrilli*.**

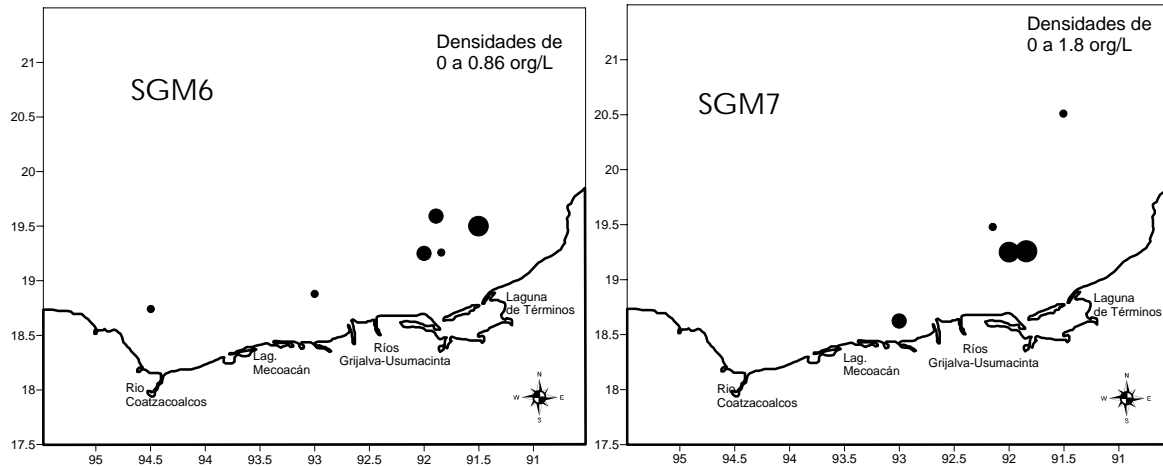
*Paraprionospio pinnata* es la especie numéricamente más importante para la Sonda y Banco de Campeche; ha sido registrada en sedimentos lodosos a lodoarenosos principalmente, en la Bahía de Campeche (Granados Barba, 2001; Domínguez Castanedo, 2004; Rojas López, 2004) y se ha registrado como especie muy abundante en el país en general (Hernández Alcántara *et al.*, 1994). Es una especie sedimentívora de superficie y subsuperficie (Fauchald y Jumars, 1979). En este estudio se distribuyó principalmente frente a la Laguna de Términos desde la costa hacia el norte (Figura 28). En la campaña SGM8, *P. pinnata* se distribuyó en toda la zona. Sin embargo, se observa que las densidades más elevadas se ubican en las estaciones más cercanas a la costa. Se encuentra entre las dos primeras especies dominantes para las campañas SGM 6 y SGM 7.

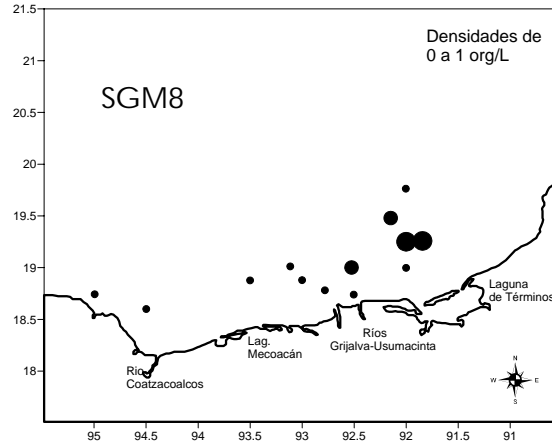




**Figura 28. Distribución espacial de la especie *Paraprionospio pinnata*.**

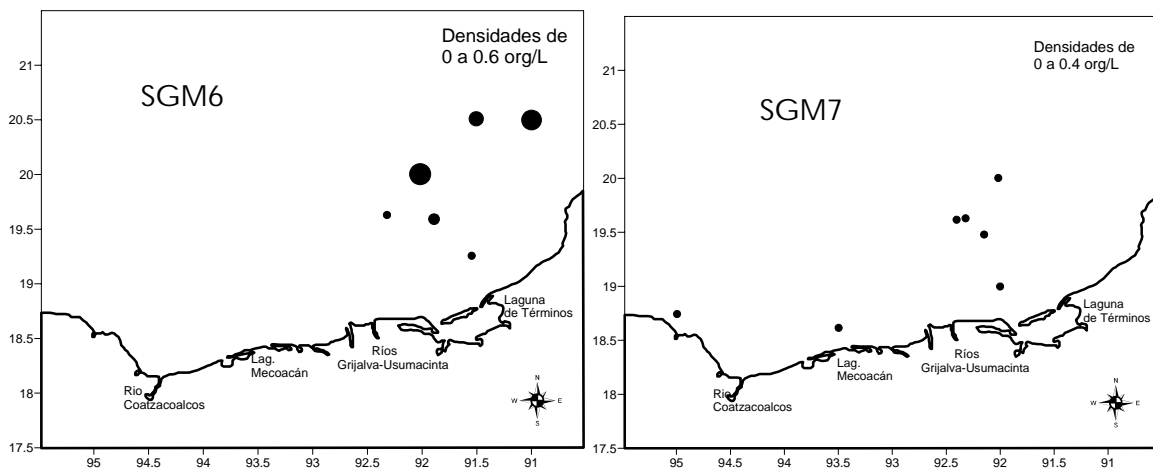
*Nephtys incisa* (Figura 29) ha sido categorizada como la especie más importante en términos de abundancia y biomasa para la Sonda de Campeche (Granados Barba, 2001); fue registrada como especie dominante de esta región (Rojas López, 2004). González Macías (1989) la registró como especie tolerante a concentraciones elevadas de hidrocarburos. Sin embargo, no se puede afirmar esto pues Granados Barba (2001) menciona que es una especie abundante que habita en amplios intervalos de profundidad temperatura, salinidad y materia orgánica por lo que es necesario estudiar con mayor detalle su patrón de vida. En esta investigación, *N. incisa* se distribuyó con mayor densidad frente a la laguna de Términos en la zona de complejos petroleros.

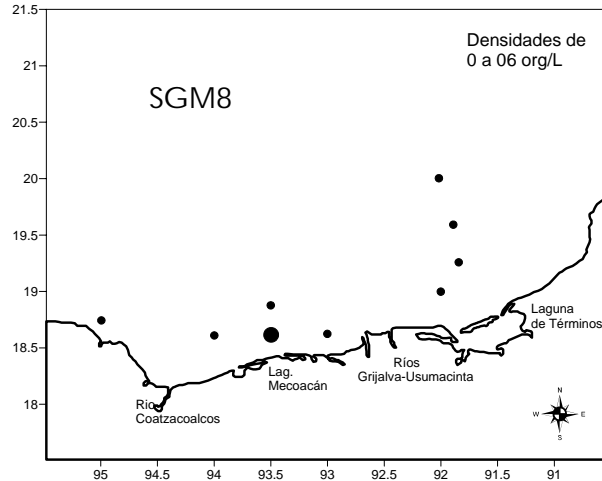




**Figura29. Distribución espacial de la especie *Nephtys incisa*.**

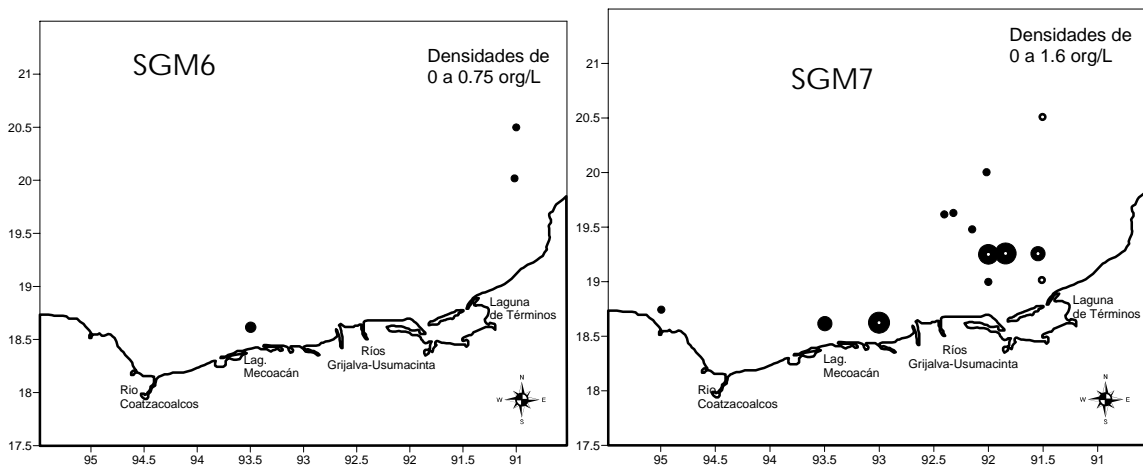
*Cossura delta* es una especie cuya distribución tiene relación con las descargas de aguas fluviolagunares hacia la plataforma continental; se ha registrado en un tipo de sedimento lodoarenoso (Granados Barba, 1994; 2001; Granados Barba y Solís Weiss, 1997b). Estos autores, además la registraron como especie importante de amplia distribución para la Sonda de Campeche en las temporadas de secas y lluvias. En el presente estudio, en temporada de nortes, se distribuyó, principalmente hacia la zona carbonatada (Figura 30) y en menor medida al norte de la Laguna de Términos y de Mecoacán, lo cual confirma lo registrado por Granados Barba (2001), quien encontró que es una especie que disminuye su densidad considerablemente en la época de lluvias, afectándose con la presencia de sedimentos lodoarenosos. Tiende a ser numéricamente dominante en las zonas con poca profundidad, como es el caso de las estaciones en que se distribuyó en este estudio.



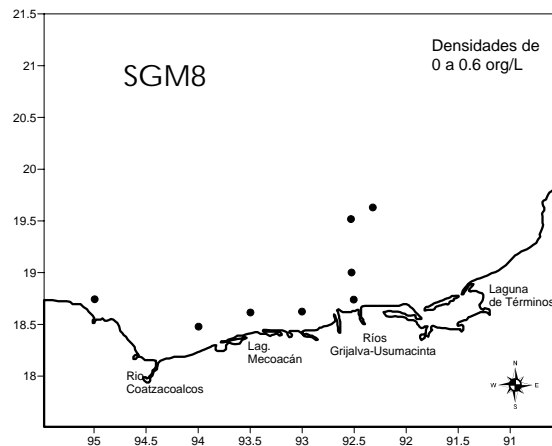


**Figura30. Distribución espacial de la especie *Cossura delta*.**

La última de las especies dominantes que se encuentran en las tres campañas, *Mediomastus californiensis*, se encontró en sedimentos de tipo arenoso, frente a Mecoacán y al noreste de la zona de estudio y sedimentos lodoarenosos frente a la Laguna de Términos (campaña SGM7). En la campaña SGM8 se observa su distribución al frente del Grijalva-Usumacinta (Figura 31). Esta especie ha sido recolectada para la zona por Rodríguez Villanueva (1993); Granados Barba (2001) y Domínguez-Castanedo (2004), quienes la registraron en sedimentos lodosos y lodoarenosos. Para las temporadas de lluvias y secas Granados Barba (2001) encontró que se distribuye en las zonas someras, patrón que también se puede distinguir en esta temporada; en la campaña SGM6, se distribuye en las estaciones someras de la zona carbonatada y frente a Laguna de Mecoacán y en la campaña SGM8 en el lado Oeste hasta el Río Grijalva-Usumacinta.







**Figura 31. Distribución espacial de la especie *Mediomastus californiensis*.**

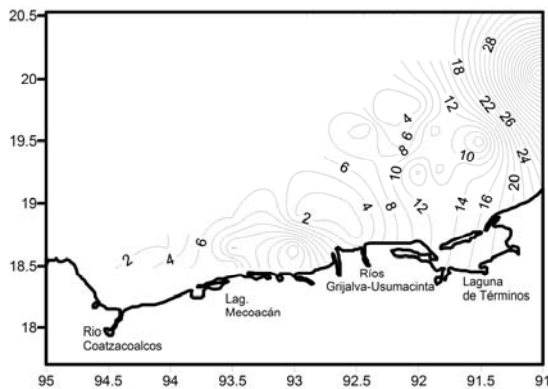
Al parecer, la distribución de estas especies es de tipo puntual; así que se encuentran distribuidas según como se distribuya el sedimento en la zona; por ello, siendo que la campaña SGM7 presenta características tanto fisicoquímicas como faunísticas diferentes, principalmente en salinidad, oxígeno disuelto y presenta picos en los valores inferiores en cuanto al porcentaje de lodos y casi todos sus valores de pH, se infiere que en ese año (2002) las condiciones climáticas fueron diferentes con mayor dinámica, ya que eso lo indican los valores altos de oxígeno y baja salinidad por la cantidad de precipitación. En particular se observa que sube la concentración de carbono orgánico el cual tiene que ver con la descarga fluvio-lagunar, que aunque no es intensa como en temporada de lluvias, aumenta con las tormentas invernales.

Los resultados observados en este estudio permiten ver tendencias generales respecto a la distribución de algunos de los parámetros medidos tanto bióticos (riqueza, densidad y diversidad) como abióticos (temperatura, salinidad, % de lodos). Sin embargo, especialmente se pueden observar lugares que se pueden interpretar como “huecos” en la información. Se considera que los valores medidos en la zona presentan intervalos muy amplios debido a que es una zona muy amplia y abarca tres regiones sedimentarias con características diferentes. Asimismo, es prudente hacer una diferencia entre ellas y analizarlas tanto por separado como en conjunto para así poder hacer interpretaciones más precisas con áreas más pequeñas que sean comparables entre sí.

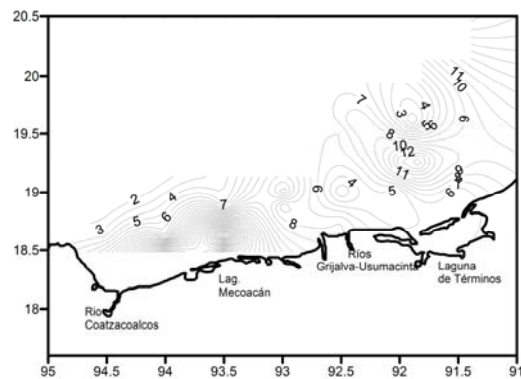
### 6.2.3. Riqueza específica

Los valores de riqueza específica van de 1 a 59 especies. Ambos valores registrados en la campaña SGM6. En las campañas SGM7 y SGM8, los valores más altos son de 38 especies y 28 especies respectivamente. En cuanto a su distribución espacial en la zona de estudio, se observan núcleos de valores elevados, ubicados principalmente frente a Laguna de Mecoacán y al Este en la zona carbonatada sin un patrón claro. Sin embargo, los valores más altos se registran principalmente en localidades con características importantes similares, por ejemplo el tipo de sedimento (arenoso), como se observa para la campaña SGM6 que presenta un incremento en los valores hacia el Este

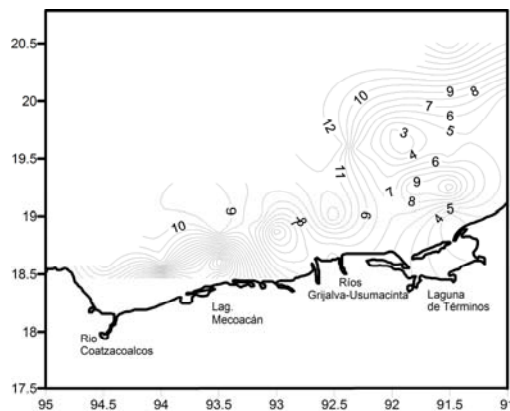
(Figura 32). Se observa una tendencia inversa en el lado Oeste, en donde se nota una disminución en los valores de riqueza específica al incrementar la profundidad.



A) Campaña SGM6



B) Campaña SGM7

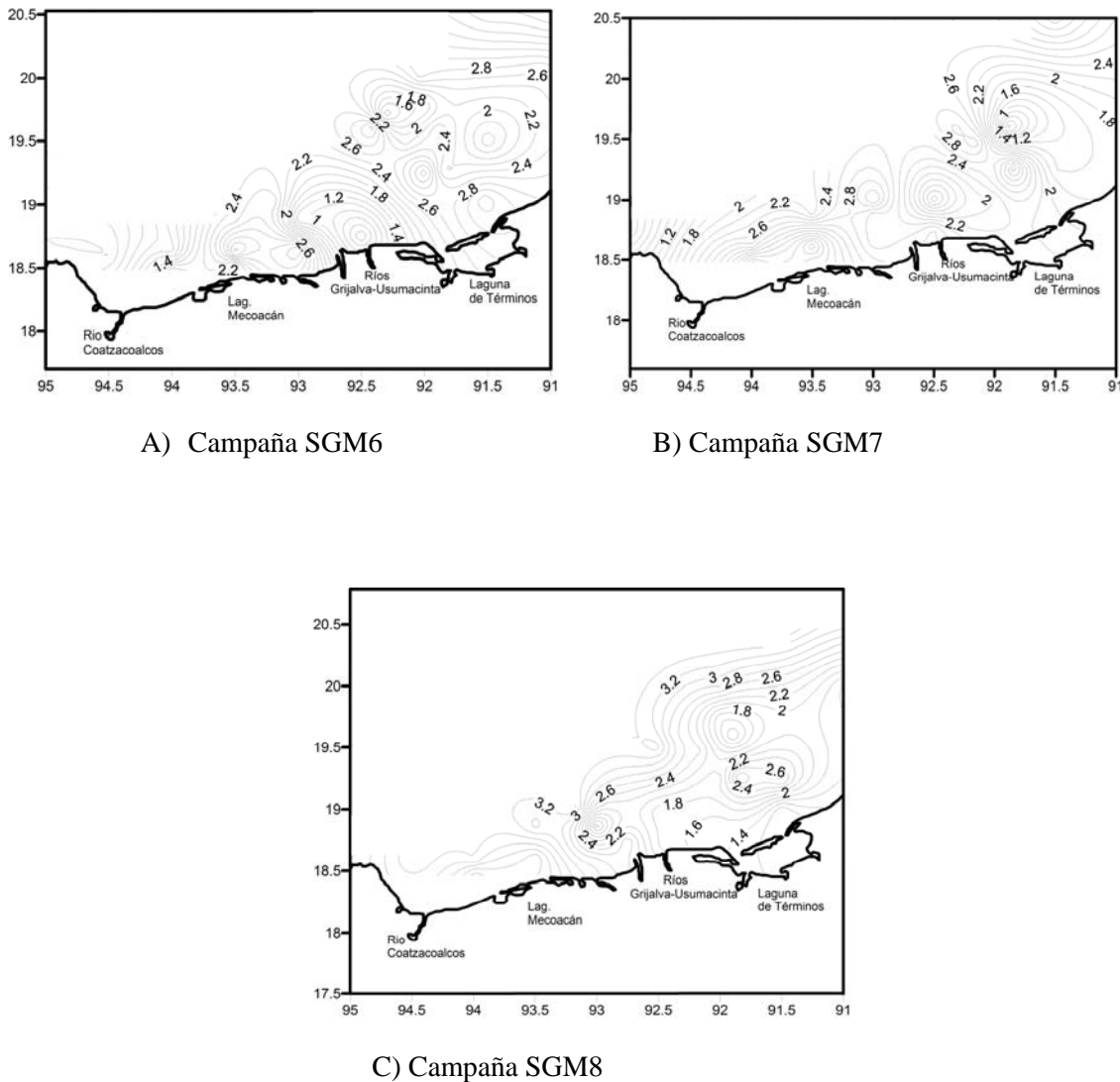


C) Campaña SGM8

**Figura 32. Distribución de la riqueza específica en la zona de estudio (número de especies).**

#### 6.2.4. Diversidad

Los valores del índice de diversidad se presentan de 0 (estaciones 1 y 3 en la campaña SGM6, 1 y 20 en la campaña SGM7) a 4.61 en la estación 7 en la campaña SGM7 con 38 especies. En general se presentan núcleos en los que se observan valores bajos frente a la Laguna de Términos; ahí, si bien existen algunos valores elevados, éstos se ubican a mayor profundidad (principalmente en la campaña SGM8). En la campaña SGM6 y SGM7, los valores obtenidos se pueden atribuir al tipo de sedimento que, al igual que la riqueza específica, se encuentra más elevada hacia el Este (zonas arenosas carbonatadas) y al Oeste (en zonas arenosas). Estos patrones se han registrado previamente en la zona por algunos autores (Domínguez-Castanedo, 2004; Rojas-López, 2004) (Figura 33).

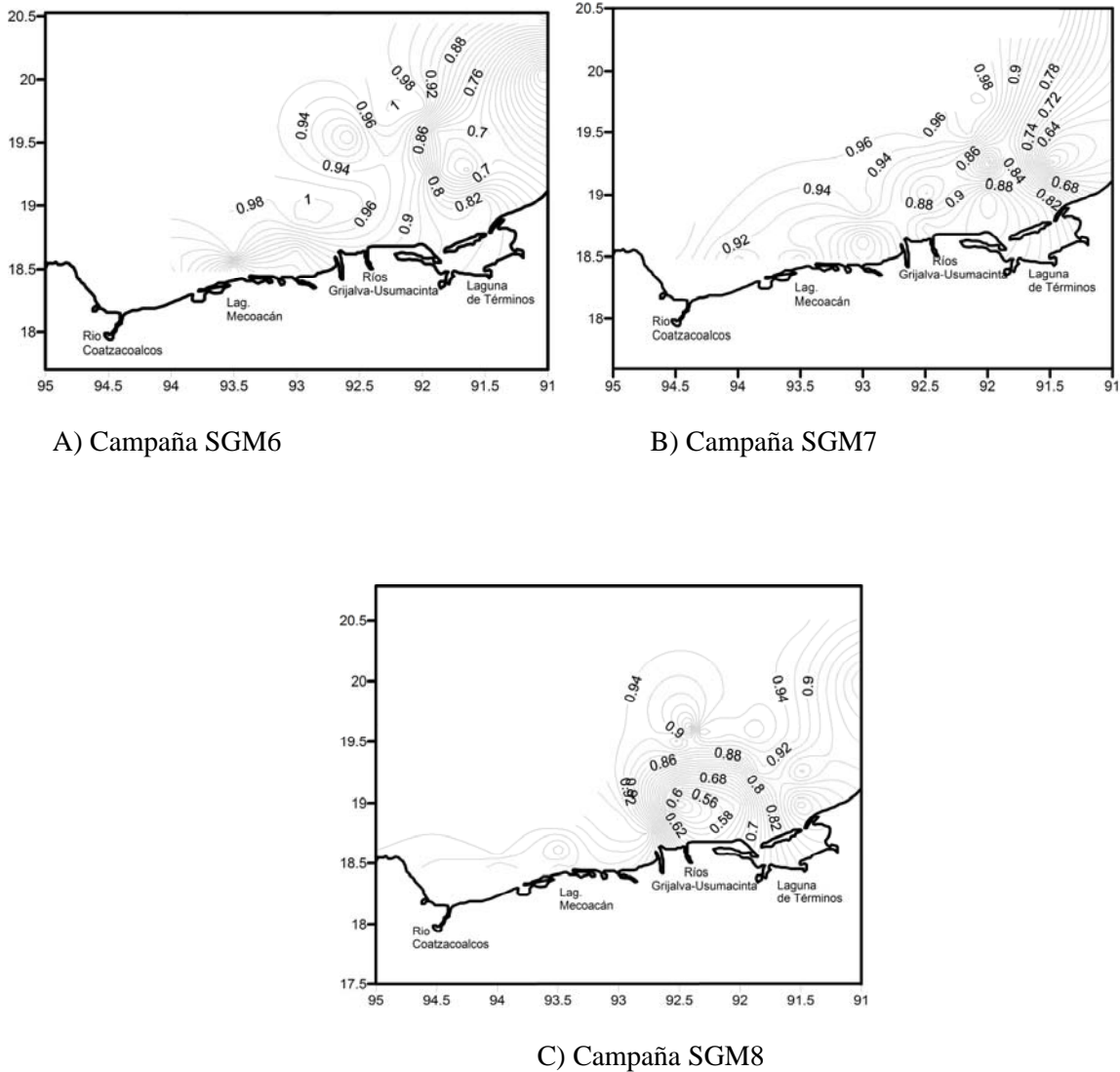


**Figura 33. Distribución de la diversidad en la zona de estudio (bits/ind).**

### 6.2.5. Equidad

Los valores de equidad van de 0.43 a 1 con un promedio de 0.88. A pesar de que los valores de diversidad son más elevados en la zona Este, los valores de equidad son elevados tanto al Oeste como al Este (Figura 34). Al Oeste se presentan los valores más cercanos a 1, por lo que podemos inferir que la mayoría de las especies tienen un número equitativo de individuos.

Esto denota las características diferentes de la zona de estudio; al Oeste, el tipo de sedimento lodoso es ambientalmente más inestable, las densidades y diversidades son inferiores, pero las especies coexisten con un número semejante de individuos, mientras que al Este, la zona es más estable y homogénea, por lo que aumenta la cantidad de especies dominantes.



**Figura 34. Distribución de la equidad en la zona de estudio.**

Los resultados indican que la densidad, riqueza específica y diversidad encontradas en la zona presentan una tendencia de menor a mayor en dirección Oeste-Este, patrón previamente observado en el área (Granados-Barba, 2001; Domínguez-Castanedo, 2004; Rojas-López, 2004). Sin embargo, las diferencias observadas en los valores indican una relación directa con el sedimento en cada una de las estaciones. Al parecer, las variables más importantes para la distribución de las comunidades son la profundidad y el tipo de sedimento. Al respecto Warwick (1988b) menciona que estos factores ejercen su mayor influencia en el reemplazo de especies, ya que cada grupo de organismos ha desarrollado especies que se adecuan a intervalos estrechos de condiciones ambientales.

Con los resultados obtenidos en este estudio se pueden observar núcleos de valores elevados de los diversos parámetros medidos, por lo que, aunque los factores físico-químicos presentan variaciones en la zona de estudio, la fauna sí tiene una tendencia en sus valores de distribución espacial, como ha sido registrado para otras temporadas, que aunque no son claras, se pueden diferenciar.

### 6.3. Análisis Multivariados

El resultado del análisis de clasificación (Figura 35), muestra asociaciones entre las estaciones en función de la densidad de organismos. Con este método, se encontró que durante la campaña SGM6 se formaron cinco grupos principales (A, B, C, D, E). El grupo "A" se conforma por las estaciones 5 y 8, el "B" por las estaciones 17, 24 y 19, el "C" por 4, 14, 6, 9, 16 y 28. El grupo "D" está conformado por 27, 2, 10, 12, 7 y 23; finalmente el grupo "E" fue el grupo en donde se quedaron las estaciones restantes a excepción de las 3, 1 y 13 que no quedaron en ningún grupo.

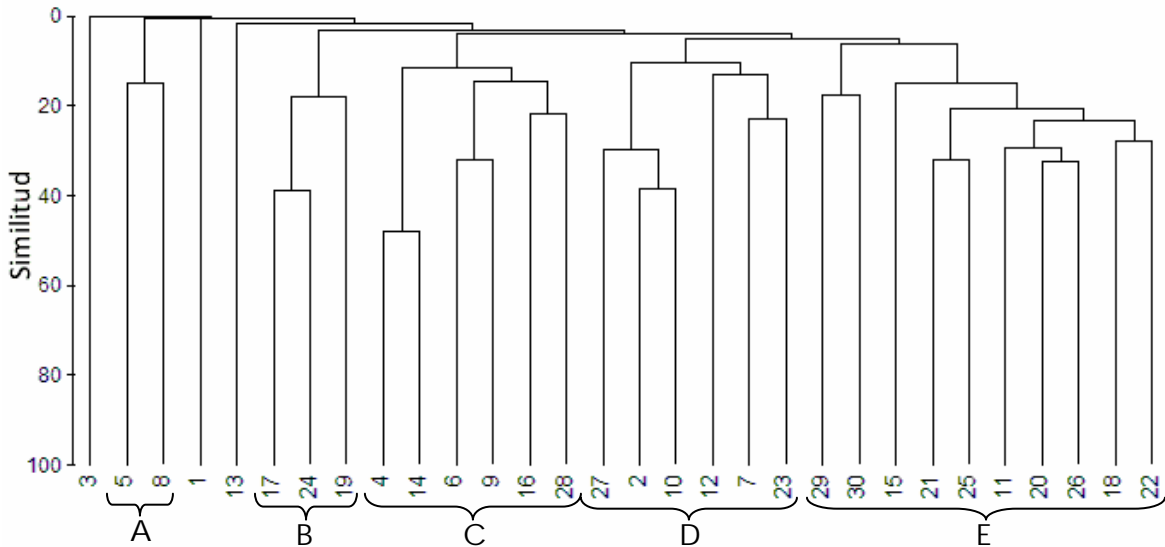


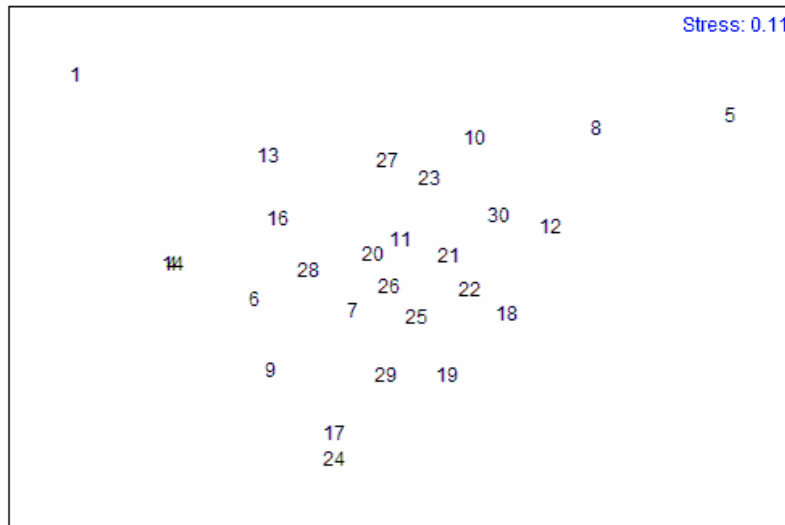
Figura 35. Dendrograma obtenido para la campaña SGM6 con base en densidades de organismos (org/dm<sup>3</sup>).

Mediante el análisis de porcentajes de similitud (SIMPER), se obtuvieron las especies que contribuyen a la formación de los grupos encontrados en los dendrogramas.

De este modo, el grupo "A" presenta a la especie *Syllis ortizi*, la cual contribuye en un 100% a la formación del grupo. El grupo "B" presenta tres especies en común: *Kinbergonuphis cedroensis*, *Cossura delta*, y *Ophiuroidea* las cuales contribuyen en un 100% acumulado a la conformación de este grupo. En el grupo "C" las especies que contribuyen en un 93% a su formación son: *Ninoleptognatha*, *Caprella equilibra* y *Paralacydonia paradoxa*.

El grupo "D" se agrupa por las especies *Nephtys incisa* y *Automate evermanni* con un porcentaje del 93.64%. En el grupo "E" se encuentran dieciséis especies, de entre las cuales destacan: *Paraprionospio pinnata*, *Automate rectrifrons*, *Scoletoma verrilli*, *Magelona sp. L* y *Terebra dislocata*. Éstas, contribuyen con el 71.31% para la formación del grupo, el resto de las especies solo contribuyen en el 29.69%.

En el análisis NMDS (Figura 36), se puede observar que las estaciones en las que se registraron los valores más altos de densidad (20, 30, 27, 11, 21, 22, 18, 26) se ubican al centro de la figura. En estas estaciones se presenta una elevada densidad de *Paraprionospio pinnata*, la especie dominante en esta campaña.



**Figura 36. NMDS obtenido para la campaña SGM6 con base en densidad**

La Figura 37 muestra el resultado del análisis de clasificación para la campaña SGM7. Ahí existen principalmente tres grupos, además de cinco estaciones aisladas (24, 15, 14, 9 y 8), las demás presentan la siguiente conformación: El grupo “A” (6, 19, 1 y 22) se encuentra asociado por las especies *Cossura delta* y *Kinbergonuphis cedroensis* en un 100% , el grupo “B” es el que presenta un mayor número de especies y estaciones con 11 de éstas últimas (5, 7, 28, 30, 18, 23, 13, 20, 21, 25 y 26) y 16 especies, las que contribuyen con un mayor porcentaje para la formación del grupo y son: *Tanaidacea*, *Paraprionospio pinnata*, *Scoletoma verrilli*, *Nephtys incisa*, *Mediomastus californiensis*, *Prionospio (M.) delta* y su porcentaje de contribución es del 71.43%.

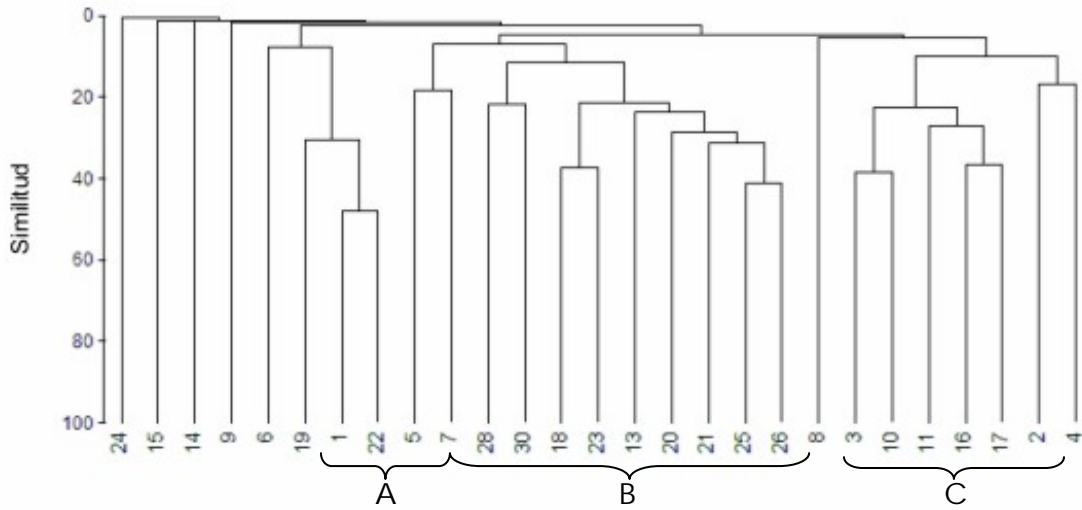


Figura 37. Dendrograma obtenido para la campaña SGM7 con base en densidades.

En el NMDS de la campaña SGM7 (Figura 38), se observa que las estaciones se acomodan de acuerdo con la densidad, sin encontrarse un gradiente definido. Únicamente las estaciones en la parte superior derecha presentan mayor densidad que las de la parte inferior izquierda. Las estaciones ubicadas en el centro presentan altas densidades de *Tanaidacea*, *Paraprionospio pinnata* y *Scoletoma verrilli*.

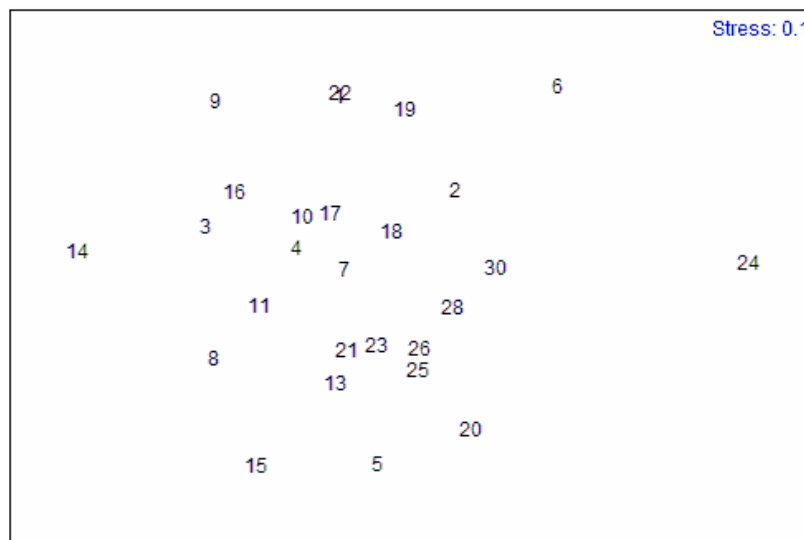
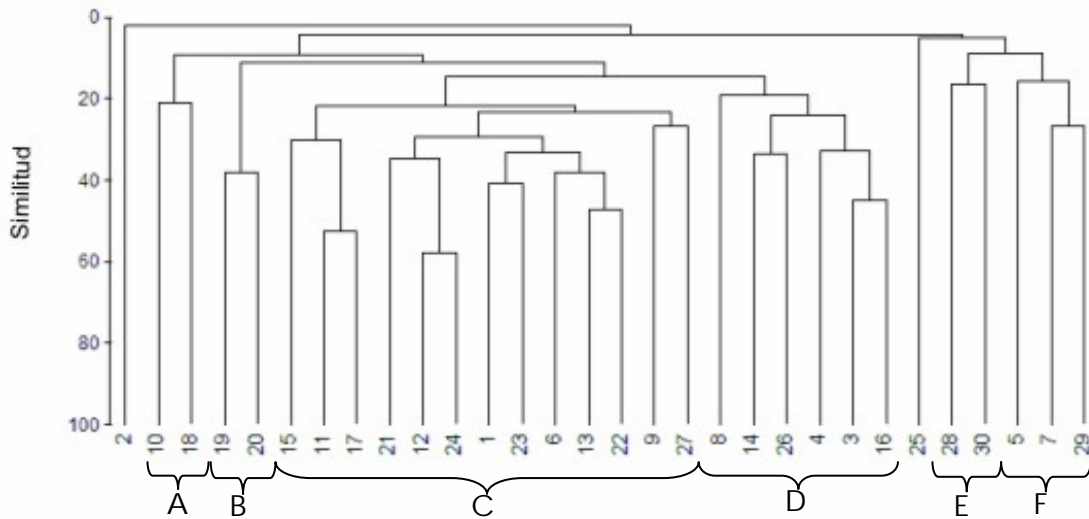


Figura 38. NMDS obtenido para la campaña SGM7 con base en densidades.



Para la campaña SGM8, el análisis de clasificación (Figura 39) arroja como resultado la formación de seis grupos, de entre los cuales se distinguen las estaciones 2 y 25 que no se agrupan en ninguno de ellos ya que presentan las densidades más bajas. El grupo “A” está conformado por las estaciones 10 y 18 que se agrupan por la especie *Nephtys incisa* (100%), el grupo “B” por *Cossura delta* y *Chloeia viridis* (100%), el grupo “C” lo conforman siete especies: *Paraprionospio pinnata*, *Nephtys incisa*, *Prionospio (M.) delta*, *Costura delta*, *Mediomastus californiensis*, *Sthenolepis sp. A* y *Lepidasthenia varius* con un porcentaje de contribución del 92.58%. El grupo “D” se encuentra conformado por quince especies, entre las cuales las más representativas son: *Phos gaudens*, *Paraprionospio pinnata*, *Aglaophamus cf. verrilli*, *Splendrillia janetae*, *Terebra dislocata* y *Ampelisca agassizi* con un porcentaje de contribución del 70.70%.

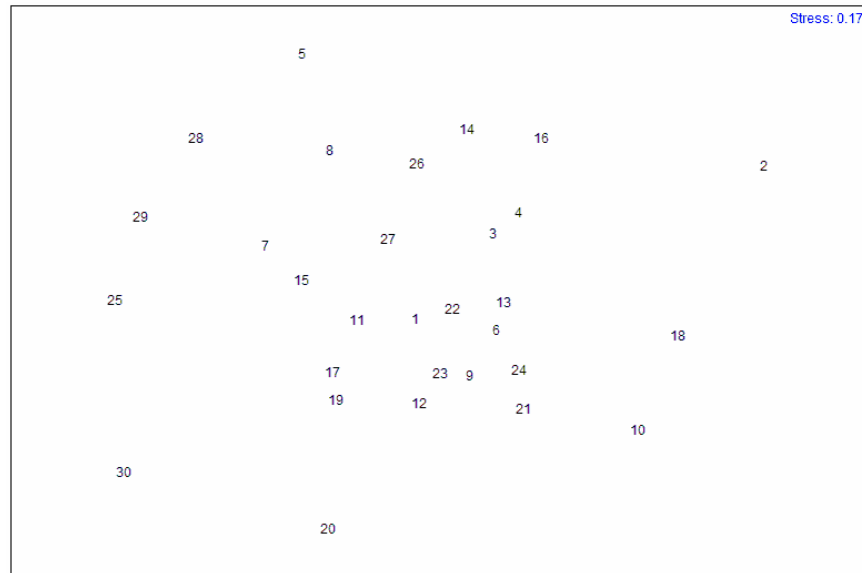
El grupo “E” está conformado por dos especies: *Scoletoma verrilli* y *Ampelisca verrilli* en un 100%. Diez especies contribuyen (71.83%) a la formación del grupo “F”, entre ellas destacan *Prionospio (P.) dubia*, *Chone americana*, *Lumbrineris cingulata*, *Scolelepis (S.) squamata*, *Prionospio (P.) cristata* y *Decamastus gracilis*.



**Figura 39. Dendrograma obtenido para la campaña SGM8 con base en densidades.**

En el NMDS de la campaña SGM8, se observa un arreglo semejante al anterior en que las estaciones con mayor densidad de organismos se ubican en la parte superior izquierda, mientras que las de densidad más baja se ubican en la región inferior de la figura (Figura 40). Las densidades más elevadas se ubican en la parte central superior (estaciones 5, 8, 27, 16 y 14). Ahí, *Ceratonereis irritabilis*, *Terebra dislocata* y *Olivella sp.* se encuentran en mayor número.

Cabe destacar que las estaciones que conforman los grupos “E” y “F” no se agrupan como en el dendrograma, las estaciones se encuentran dispersas del lado izquierdo de la figura; esto se debe a que presentan especies en común aunque con diferentes densidades.



**Figura 40. NMS obtenido para la campaña SGM8 con base en densidades**

También se puede observar que existen localidades en donde se infiere que el ambiente puede ser inestable. Se trata principalmente de las que se encuentran cerca de descargas fluvio-lagunares ya que se ha registrado influencia de éstas últimas sobre las características del ambiente, principalmente por la temporalidad. Dentro de estos efectos, se encuentra la depositación de material terrígeno fino con alto contenido de materia orgánica causando condiciones diferentes a lo largo del año. Algunos de éstos cambios tienen mayor importancia en las especies, que por estar estrechamente relacionadas con el fondo marino, por ejemplo con hábitos alimenticios sedimentívoros, en donde se ven beneficiados con el incremento de alimento y en otras como las que forman tubos y son filtradoras se ven perjudicadas pues con tanto sedimento en suspensión pueden llegar a ser enterradas o saturar las mucosidades con las que se alimentan y no puedan resistir dichas condiciones adversas predominando así las especies consideradas oportunistas (Ward, 1975).

#### 6.4. AMBI

Los resultados de la aplicación del AMBI indicaron que en la campaña SGM6 (Figura 41) se observa que predomina el grupo ecológico II, principalmente en las estaciones 2 a 14. Las estaciones 13 y 15 poseen más especies del grupo I, mientras que la estación 1 sólo presentó especies del grupo IV. En las estaciones 16 a 23 y 26 se presentan más especies del grupo IV.

Los valores del AMBI para la campaña SGM6 se encuentran en el intervalo de 0 a 4.5 con un promedio de 1.97.

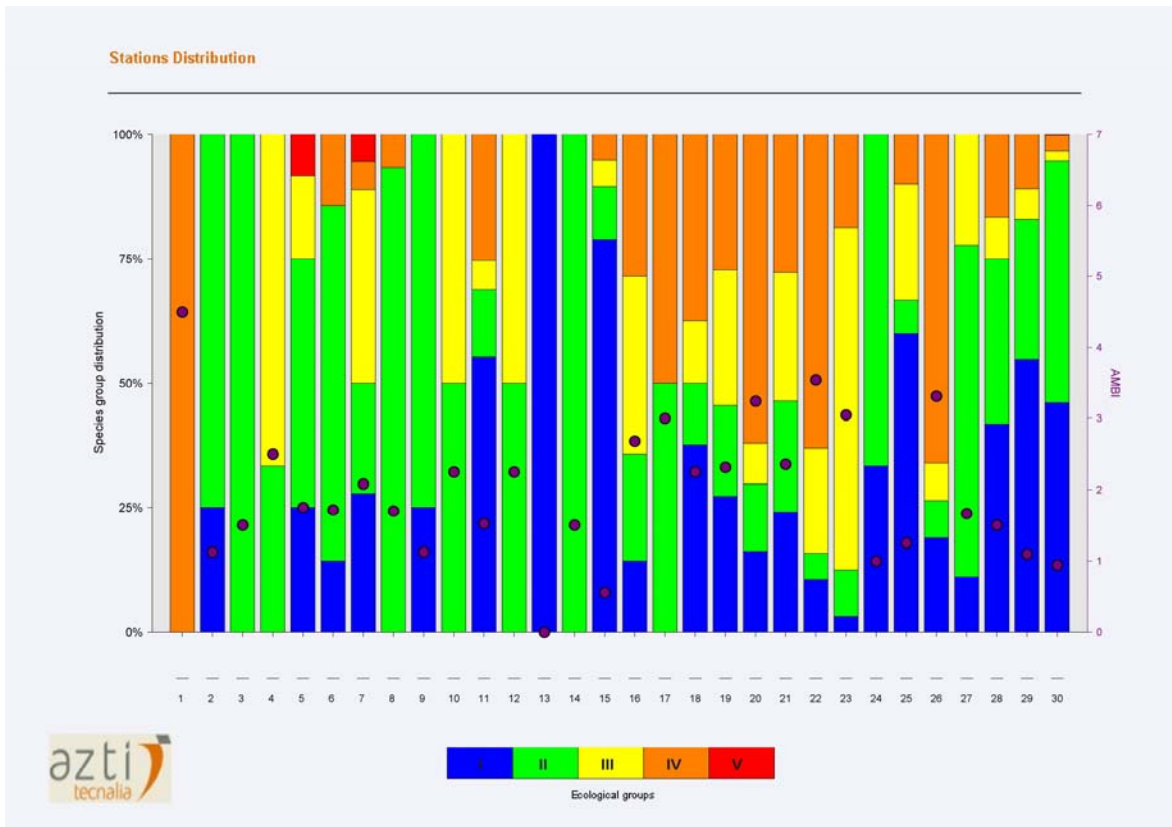


Figura 41. Distribución de los porcentajes de especies en cada grupo ecológico y valor de AMBI para la campaña SGM6.

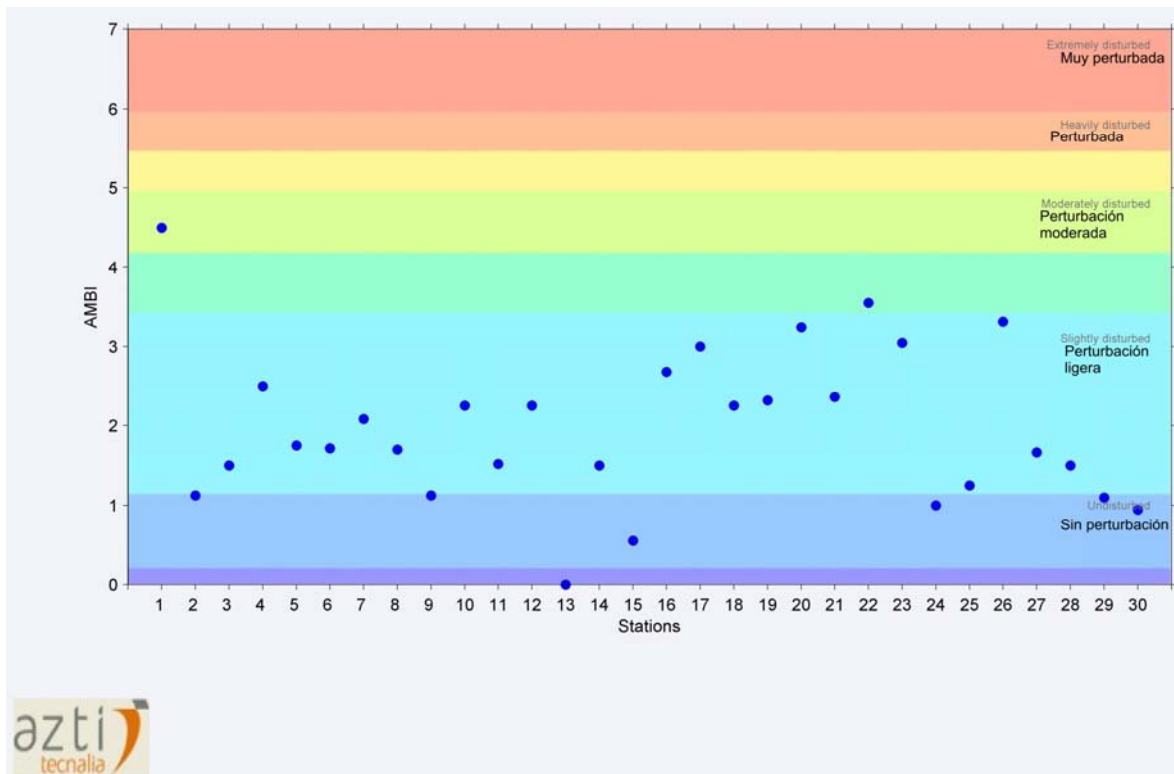
En la aplicación de este índice y para el análisis de las especies encontradas en la zona, se logró obtener un porcentaje de especies “no asignadas” muy bajo. Esto le da validez al análisis, ya que de acuerdo con Borja *et al.* (2000), es necesario que el número de especies “no asignadas” sea inferior al 20%. Esto fue posible gracias al conocimiento de los hábitos de las especies que se encontraron en el presente estudio (Myers y Southgate, 1980; Uebelacker y Johnson, 1984; Dauer, 1993; Gallagher y Grassle, 1997; Rakocinski *et al.*, 1997; 2000; Weisberg *et al.*, 1997; Granados Barba, 2001).

Se observan tres grupos de estaciones con valores semejantes de AMBI (Figura 42). Las estaciones 3 a 14 presentan valores entre 1 y 3 (Anexo V), es decir que se encuentran en un estado ligeramente perturbado; en cambio, las estaciones 9 y 13 las cuales se encuentran no perturbadas. La estación 1 se encuentra moderadamente perturbada; fue la que presentó el valor de AMBI más elevado (4.5) de la campaña, debido a que la especie presente (*Aphelochaeta* sp.1) es del grupo IV, el cual incluye a las especies oportunistas de segundo orden, que representan condiciones con un grado de desbalance ecológico (Figura 41).

El segundo grupo presenta valores entre 2 y 4; ahí las estaciones 16 a 23 están en un estado ligeramente perturbado. La estación 22 se encuentra moderadamente perturbada. Esta estación tiene 63.2% de especies del grupo ecológico IV, con una riqueza de especies de 10.

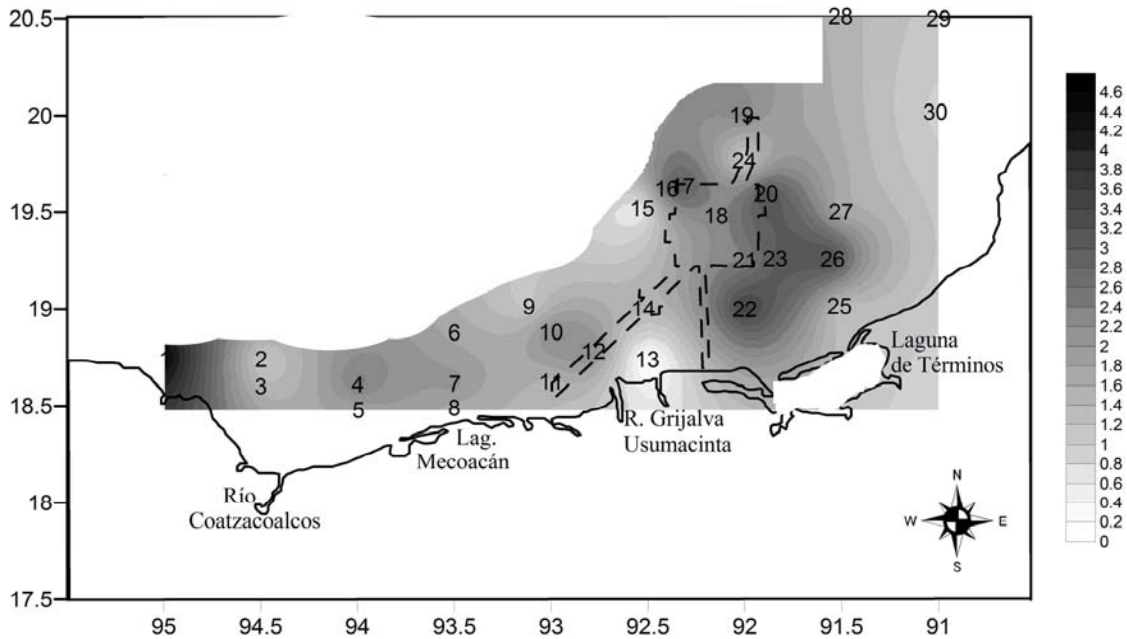
El tercer grupo de estaciones, de acuerdo con el índice, se encuentra con calidad de no perturbado en las estaciones 24, 29 y 30, y ligeramente perturbado en las estaciones 25, 27 y 28. La estación 26 presenta un valor más semejante al grupo 2 (Fig. 42), por lo cual parece estar más relacionada con éste; sus condiciones son moderadamente perturbadas con 66% de especies del grupo IV y una riqueza de especies de 14. Además se localiza cerca de las estaciones de los complejos petroleros que presentaron un estado de calidad semejante.

En el caso de la estación 1, es necesario comparar sus valores de AMBI en las otras campañas debido a que presenta un valor elevado del índice; sin embargo, esto es debido a la presencia de *Aphelochaeta* sp.1 la cual pertenece al grupo IV. Se sabe que el AMBI puede sesgarse por valores bajos de riqueza de especies (Muniz *et al.*, 2005), por ello se requiere tomar con cautela este resultado; comparándolo por ejemplo con las estaciones 22 y 26, las cuales tuvieron valores superiores de riqueza de especies.



**Figura 42. Valores de AMBI en cada estación y categoría de perturbación encontrada para la campaña SGM6.**

En la distribución de los valores de AMBI en la zona de estudio se puede observar una clara tendencia de los valores superiores al Este de la zona de complejos petroleros, además de un par de núcleos de valores elevados que se encuentran al Oeste; cabe destacar algunos puntos en donde las estaciones presentan los valores inferiores, principalmente la estación 13 (Figura 43).



**Figura 43. Distribución de los valores de AMBI para la campaña SGM6.**

En la campaña SGM7 también predomina el grupo ecológico II, el cual incluye a especies que siempre se encuentran presentes en bajas densidades y variaciones no significativas en el tiempo y representa un estado inicial a un ligero desbalance ecológico (Anexo V). Sin embargo, se observa un aumento en las especies del grupo III, caracterizado por las especies tolerantes a ciertas condiciones de desbalance, principalmente al exceso de enriquecimiento orgánico, lo cual se califica como “moderadamente desbalanceada”. Nuevamente la estación 1 presentó solo especies del grupo IV (Figura 44).

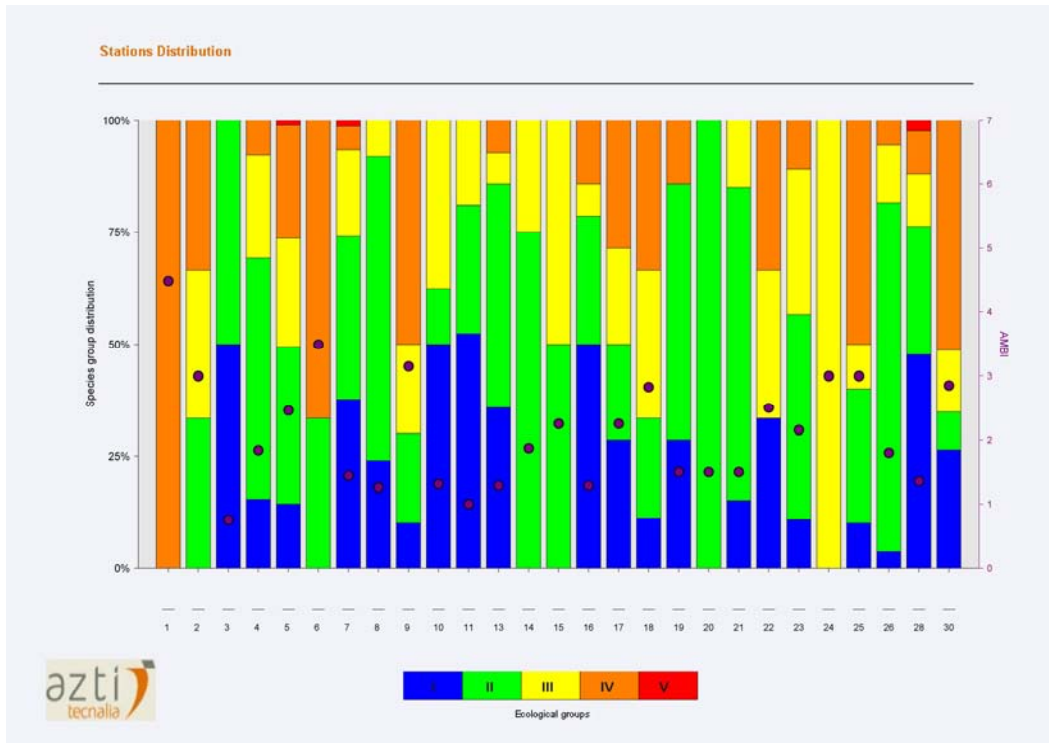


Figura 44. Distribución de los porcentajes de especies en cada grupo ecológico y valor de AMBI para la campaña SGM7.

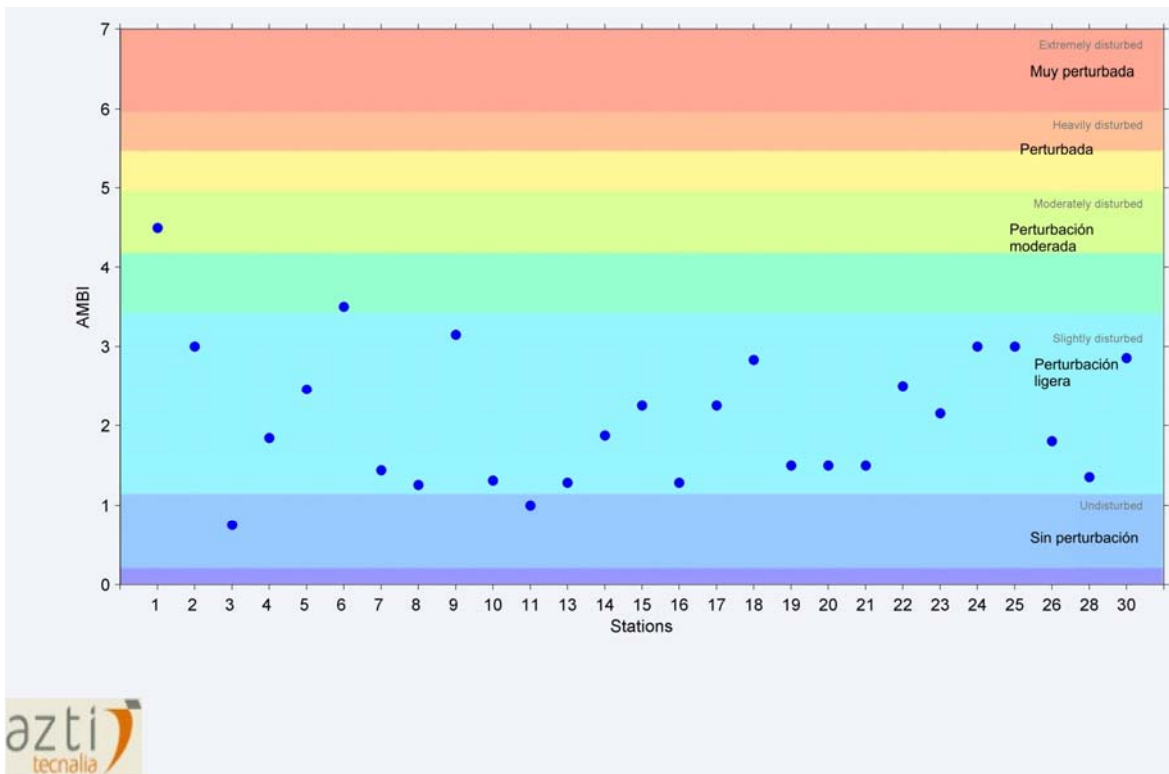
En la campaña SGM7 no se observaron grupos de estaciones como en la campaña SGM6; sin embargo, la estación 1 se mantuvo moderadamente perturbada con un valor de AMBI de 4.5 (Figura 45). Este valor se debió nuevamente a una sola especie del grupo IV (*Cossura delta*). Sin embargo, la especie es diferente a la campaña anterior, lo que sugiere que la estación presenta esas condiciones de forma natural y no es un sesgo dado por la baja riqueza específica.

La estación 6 pasó de un estado de ligera perturbación a estar moderadamente perturbada, ya que el 66.7% de sus especies son del grupo IV, mientras que en la campaña anterior el 71.4% pertenecía al grupo ecológico II.

La estación 13 se mantuvo como no perturbada y la estación 3 pasó de ligeramente perturbada a no perturbada con un AMBI de 0.75 con 4 especies (50% del grupo ecológico I y 50% del II); al igual que la estación 11 con un AMBI de 1 y 9 especies de las cuales el 52.4% son del grupo I.

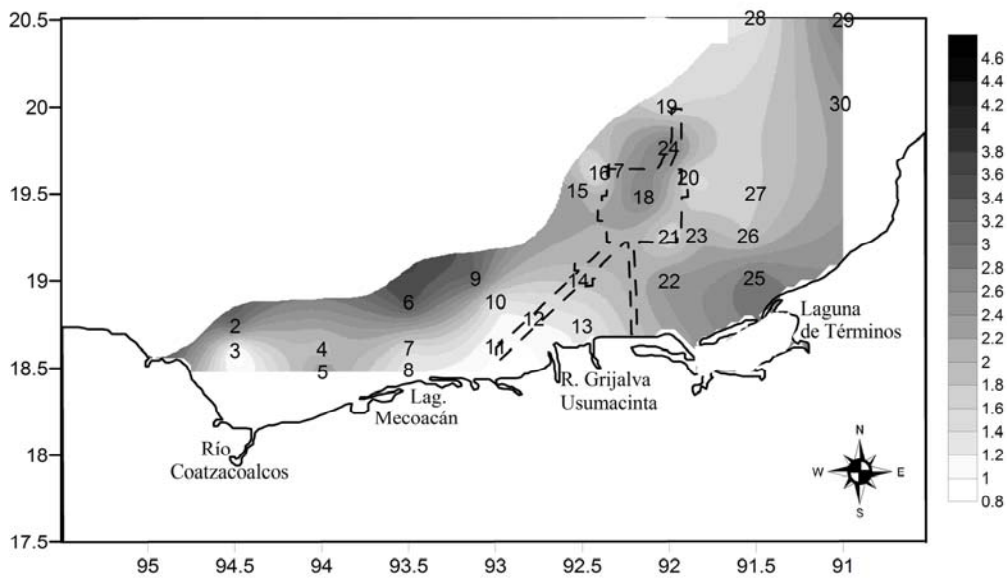
Se observó que las estaciones 2, 9, 13 y 15 que estaban en un estado no perturbado en la campaña anterior, pasaron a un estado ligeramente perturbado en esta campaña.

El resto de las estaciones se encontraron en un estado ligeramente perturbado.



**Figura 45.** Valores de AMBI en cada estación y categoría de perturbación encontrada para la campaña SGM7.

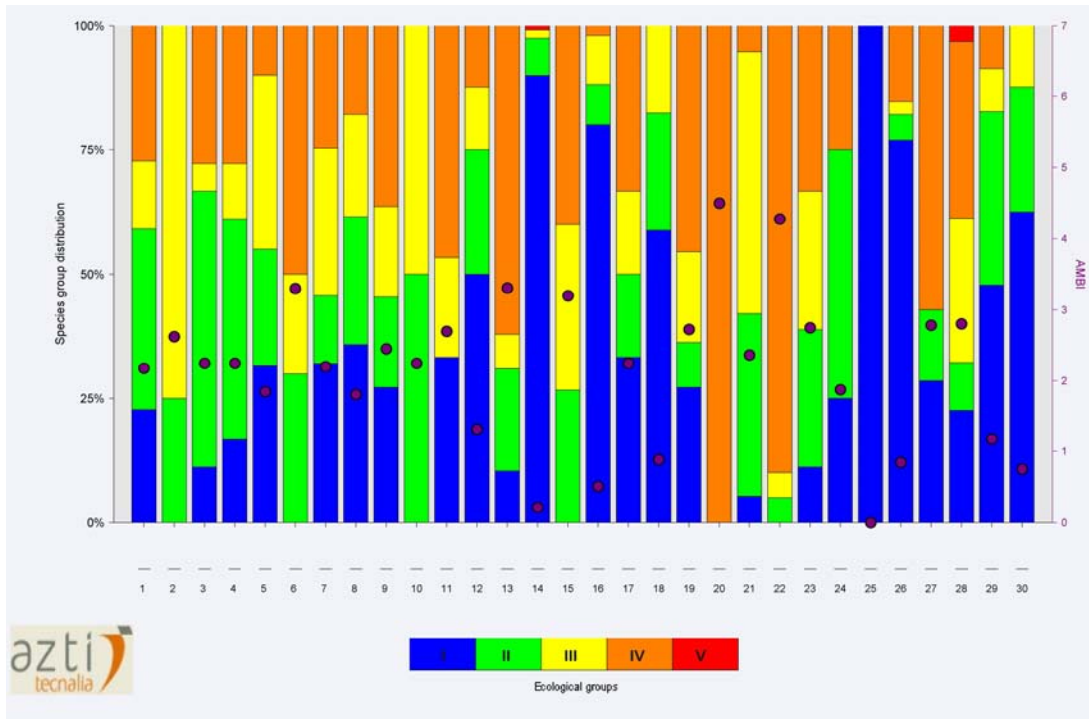
En esta campaña, el AMBI presentó una distribución cargada al este de la zona, y nuevamente, aunque con valores inferiores a la campaña SGM6, se encuentran núcleos con valores más elevados en la región de complejos petroleros y hacia el Este, frente a la laguna de Términos (Figura 46).



**Figura 46.** Distribución de los valores de AMBI para la campaña SGM7.



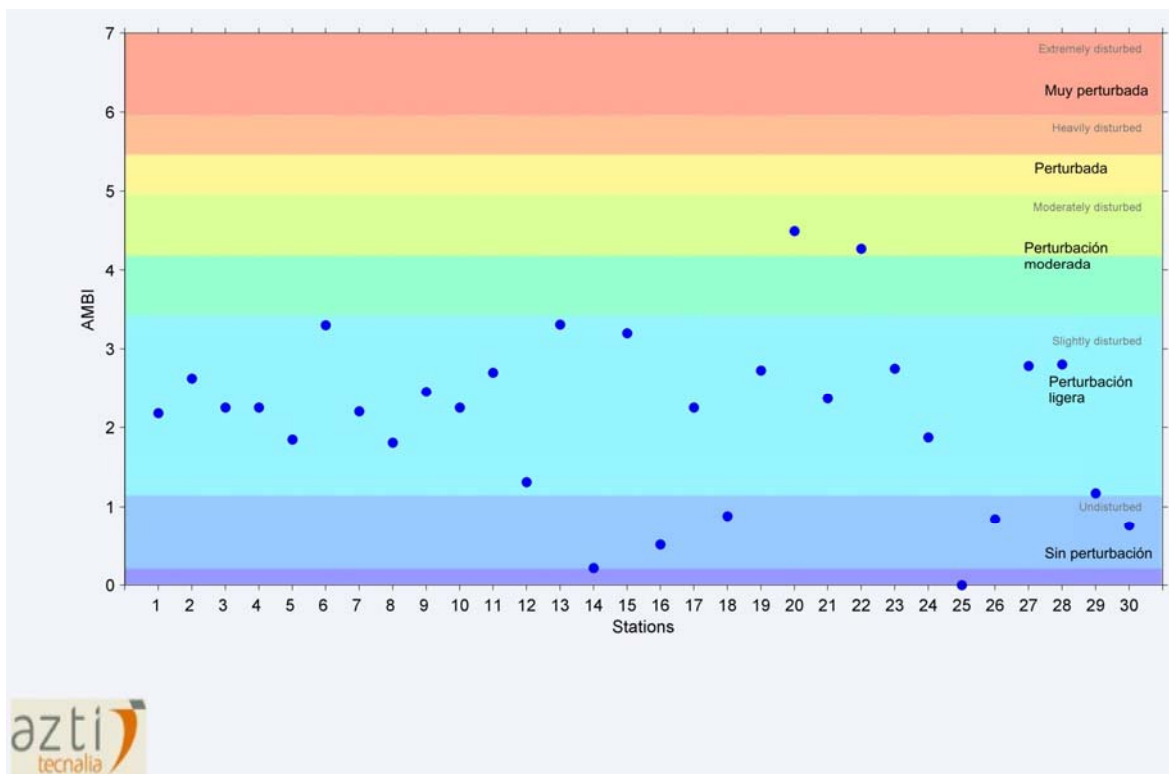
En cuanto a la campaña SGM8 (Figura 47) se observó la presencia de los grupos ecológicos I, II y III en proporciones semejantes y se nota un aumento en el porcentaje de especies del grupo IV (Anexo V), en particular en las estaciones 20 y 22 que presentan un porcentaje más alto de especies de este grupo.



**Figura 47. Distribución de los porcentajes de especies en cada grupo ecológico y valor de AMBI para la campaña SGM8**

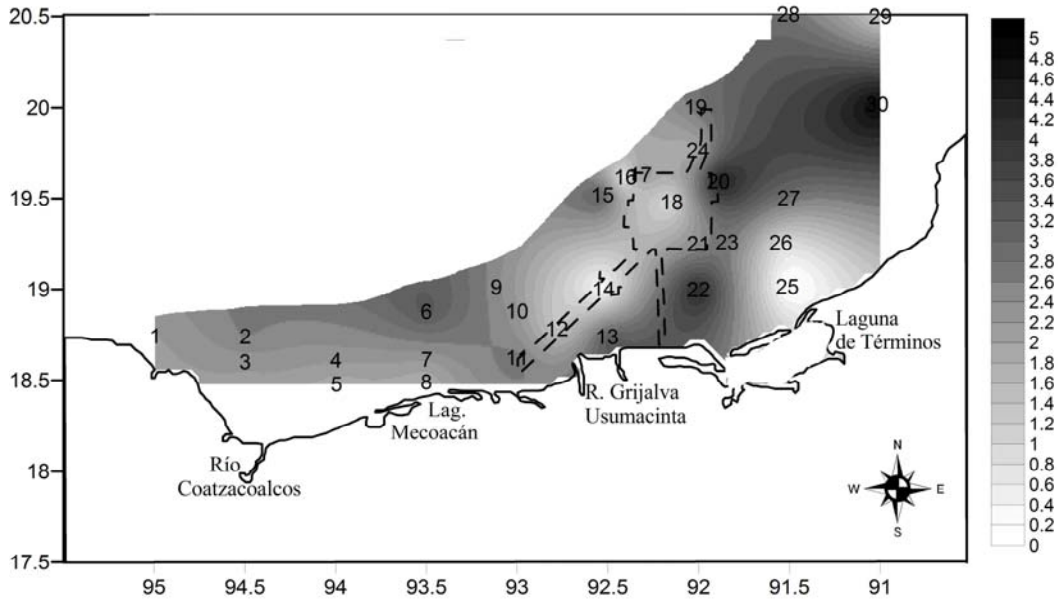
La estación 1 cambió de estado “moderado” a “ligeramente perturbado”, mientras que la estación 20 cambió a moderadamente perturbada y la 22 regresó a estar moderadamente perturbada como en la campaña SGM6. La estación 6 se mantuvo moderadamente perturbada como en la campaña anterior con un AMBI de 3.3 (Figura 48); ahí el 50% de las ocho especies pertenecieron al grupo ecológico IV.

La estación 13 pasó de estar no perturbada en las dos campañas anteriores a estar moderadamente perturbada. Su valor de AMBI fue de 3.31 con siete especies, 62.1% de ellas del grupo IV. Se notó el aumento de estaciones en estado no perturbado (14, 16, 18, 25, 26 y 29). El resto de las estaciones se encuentran ligeramente perturbadas.



**Figura 48.** Valores de AMBI en cada estación y categoría de perturbación encontrada para la campaña SGM8.

La distribución de los valores del AMBI en la campaña SGM8 es semejante a las otras campañas, pero se observan núcleos de valores elevados al Este de la zona de complejos petroleros (Figura 49); esto hace suponer que la circulación predominante en la temporada ocasiona un acarreo y acumulación en la concentración de algunas variables ambientales y contaminantes hacia la costa de Campeche, donde se han registrado núcleos de acumulación de algunos metales e hidrocarburos como se mencionó anteriormente en este estudio y como hacen notar Sánchez-García, 1995; Domínguez-Castanedo, 2004.



**Figura 49. Distribución de los valores de AMBI para la campaña SGM8.**

En resumen, en las tres campañas, las estaciones con un estado moderadamente perturbado se ubicaron principalmente frente a las desembocaduras del Río Grijalva-Usumacinta y la Laguna de Términos. Con respecto a la distribución de las concentraciones de los metales e hidrocarburos obtenidos, la distribución del AMBI para la campaña SGM6 presenta similitudes con las concentraciones de Cd, Al, Co y Ni; éstos parámetros tienen una concentración más alta principalmente en el lado Este sobre la zona carbonatada, en especial en la estación 22. Durante la campaña SGM7 solamente el plomo presentó una distribución parecida a la del AMBI en la estación 25 y para la campaña SGM8 con la estación 22, la cual se encuentra ubicada frente al lado Oeste de la Laguna de Términos. Esto indica que el índice tiene una buena valoración con respecto a las variaciones en la concentración de dichos metales, por lo cual se requiere comprobar si estos valores de AMBI se deben a las descargas de aguas residuales o a la influencia de la zona petrolera.

*Paraprionospio pinnata* fue una de las especies presentes de forma abundante en la mayoría de las estaciones donde predominó el grupo ecológico IV, por lo que es catalogada como una especie oportunista. Se ha considerado como especie indicadora de contaminación por hidrocarburos en la zona (González Macías, 1987; 1997; Ortiz Hernández, 1990; Sánchez García, 1995); sin embargo, también ha sido categorizada como especie dominante constante de amplia distribución para la temporada de secas y lluvias (Granados Barba, 2001) y registrada como dominante para la Sonda y Banco de Campeche (Domínguez Castanedo, 2004; Rojas López, 2004). Asimismo, esta especie se encontró como dominante para la temporada de nortes en el presente estudio. Así, se considera que es una especie representativa de los fondos blandos de la Bahía de Campeche en las tres temporadas (secas, lluvias y nortes), sin ser una especie indicadora de contaminación. Se ha categorizado como especie oportunista en el grupo IV por sus hábitos sedimentívoros generalistas, lo que le permite adaptarse a diferentes condiciones, desde sedimentos finos lodosos hasta arenas carbonatadas.

## **6.5. Análisis de Regresiones lineales múltiples**

En el Anexo VI se encuentran las regresiones lineales múltiples realizadas para las tres campañas. Con base en este análisis se hicieron evidentes que para la campaña SGM6, las variables que tienen una correlación y que se indican a continuación:

El análisis correlaciona los cambios en los metales medidos: el aluminio y el plomo explican un 42% de los cambios en la riqueza específica con un valor significativo de  $p=0.012$ .

Para los valores de riqueza específica no se obtuvo ninguna correlación con los hidrocarburos totales, asimismo tampoco de la densidad con metales e hidrocarburos medidos; los resultados obtenidos de las regresiones no fueron significativos.

Al igual que con la riqueza específica, para la diversidad se encontró una correlación con el aluminio y el plomo, ya que éstas dos variables explican un 32% de los cambios de la diversidad con un valor significativo de  $p=0.02$ ; además de esto, también se encontró una correlación de la diversidad con los Hidrocarburos aromáticos policíclicos con un valor significativo de  $p=0.01$ .

En lo que respecta a las correlaciones del AMBI con los parámetros fisicoquímicos, se encontró una correlación positiva con el aluminio y el níquel con un valor significativo de  $p=0.008$ , que explica un 45% de los cambios en este parámetro.

En todos los casos, las correlaciones son positivas, es decir: al aumentar la concentración del parámetro en cuestión, aumenta el valor del parámetro biológico asociado.

El análisis no arroja ninguna correlación entre el AMBI y con los hidrocarburos totales e hidrocarburos aromáticos policíclicos ya que no se obtuvo un valor significativo al igual que con la densidad, riqueza específica y diversidad.

Para la campaña SGM7, los resultados de las regresiones lineales muestran que entre los valores de riqueza específica y los metales medidos, el hierro es el único que tiene una correlación, explicando el 15% de los cambios con un valor significativo de  $p=0.04$ . El análisis de la riqueza específica con los hidrocarburos no fue significativo.

En el caso de la diversidad con los metales medidos, el único que tuvo una correlación fue el bario con un valor significativo de  $p=0.046$ .

Para el caso del análisis de las regresiones entre la densidad y metales e hidrocarburos, los resultados no fueron significativos con ninguno de ellos. Para esta campaña, las correlaciones de los valores del AMBI con los hidrocarburos e hidrocarburos aromáticos policíclicos tampoco fueron significativos; lo mismo sucedió con la densidad, riqueza específica y diversidad.

En la campaña SGM8, la riqueza específica tuvo una correlación positiva con los valores de cobalto con un valor significativo de  $p= 0.006$ . Con los hidrocarburos aromáticos policíclicos se observó la misma tendencia con un valor significativo de  $P= 0.033$ .

Este metal también tuvo una relación con la diversidad y a su vez la diversidad presentó una correlación con los hidrocarburos aromáticos policíclicos con un 15% y un valor significativo de  $p= 0.02$ . En esta campaña es la única que se presenta una correlación de la densidad y esto es con el bario, los hidrocarburos y los hidrocarburos aromáticos policíclicos; estos dos últimos explican en un 43% los cambios en la densidad con un valor de significancia de  $p= 0.00043$ .

En esta campaña el AMBI con los hidrocarburos y metales no fue significativo al igual que con la riqueza específica y la diversidad. Sin embargo, con la densidad si se presentó una correlación que explica el 15% de los cambios y con un valor significativo de  $p= 0.02$

Las variables que tienen una correlación directa con alguno de los parámetros estructurales de la fauna son: para la campaña SGM6 el aluminio, el plomo y en menor grado el hierro, así como la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos. Para la campaña SGM7 sólo el bario y el hierro tuvieron una correlación con valor significativo, no así para SGM8 en donde el AMBI tuvo correlación con la densidad, y los hidrocarburos aromáticos policíclicos tuvieron una correlación significativa con la densidad, riqueza específica y diversidad, además del cobalto, bario e hidrocarburos totales.

Algunos autores (Botello *et al.*, 2004) proponen que si el origen de los metales es la matriz continental de los sedimentos, entonces hay una relación entre las concentraciones de algunos metales en los sedimentos, esto es entre el hierro y el aluminio. En el presente estudio, durante la campaña SGM6 se obtuvo una correlación positiva de estos metales con el AMBI, por lo que es posible que sean de origen continental; sin embargo, las correlaciones no nos indican una correlación mayor entre las variables medidas. En este caso, la variable que tiene una correlación directa con la distribución de la fauna es el aluminio, el cual presenta una concentración mayor cerca de la zona de complejos petroleros, en algunos casos (estaciones 18, 23 y 27) que presentan núcleos de valores elevados en común.

## **Discusión general**

En el presente estudio se analizó la estructura comunitaria y su distribución espacial, así como su relación con algunas variables fisicoquímicas, tanto de columna de agua como de sedimento, durante la temporada de nortes. Dichas características no son constantes, por lo que se considera que es necesario realizar estudios en donde se diferencien más las zonas, es decir a menor escala. En particular sería conveniente concentrarse en la zona de transición sedimentaria, ya que ésta presenta una serie de particularidades en las cuales se ven involucrados dos ambientes diferentes: por un lado, en la zona Oeste, los sedimentos de origen terrígeno ubicado en la Sonda de Campeche que presenta una pendiente pronunciada (inferior a 1) y mayores profundidades y en contraparte el lado Este, el Banco de Campeche, con profundidades que no rebasan los 50m, con características tanto físicas como de dinámica oceánica diferentes debido a su amplitud de plataforma continental y a la ausencia de descargas fluvio-lagunares.

Estas características hacen que existan diferencias en la fauna, principalmente en su estructura comunitaria, ya que los valores de densidad, riqueza específica, diversidad y dominancia son más elevados en sedimentos de tipo arenoso, cuyas condiciones de mayor estabilidad, espacios intersitiales que permiten la oxigenación y el desplazamiento de la fauna, favorecen a algunos organismos (p. ej. suspensívoros filtradores) (Sanders, 1960; Flint, 1981; Fitzhugh, 1984; Hernández Arana, 1995). De este modo, el tipo de sedimento es un factor clave en la distribución de la fauna. Hernández Arana (1995) también menciona que por las características de las regiones sedimentarias en la zona carbonatada existe una diversidad de hábitat para las especies, así como alimento de calidad y mayor estabilidad en la columna de agua, lo que favorece la diversidad específica.

Aunado a esto, la columna de agua también tiene características diferentes que tienen que ver directamente con oxigenación, temperatura del agua de fondo y salinidad por su cercanía con la costa. Principalmente se trata de la zona Este, en donde las profundidades no sobrepasan los 50 m y se presenta una plataforma continental extensa por lo que las temperaturas son más altas al igual que la salinidad, cuyos altos valores son debidos también a la ausencia de descargas de aguas continentales. En cambio, las descargas continentales son un factor importante a considerar en el lado Oeste, en la Sonda de Campeche, la cual tiene un fuerte aporte de aguas continentales principalmente del los Ríos Grijalva-Usumacinta y la Laguna de Términos.

Esta región presenta una temporalidad que no ha favorecido el diferenciar el estrés de índole antrópico del estrés natural producto de las tormentas invernales (“nortes”) o de las descargas de aguas continentales (Granados Barba, 2001); sin embargo, a su vez, estos eventos pueden estar funcionando como elementos que contribuyen a la depuración en la zona (Sánchez García, 1995; Granados Barba, 2001). En este estudio, se considera que la acción del viento sobre la superficie del agua representa una fuerte remoción en las concentraciones de los parámetros medidos por lo que las concentraciones encontradas en dichos muestreos representan lo que realmente hay en el lugar por depósito constante y no un valor ocasional. Es decir, que a pesar de que los fuertes vientos de la temporada de nortes puedan alterar las concentraciones de los metales, hidrocarburos, materia orgánica de la zona, en particular por remoción de los sedimentos, durante todo el año se están

generando y depositando en el fondo marino, por lo tanto, solo una parte de ellos es removida y transportada fuera de la Bahía de Campeche o hacia sus alrededores, como es el caso de la costa de Campeche, donde ya se han registrado concentraciones elevadas de hidrocarburos (Sánchez García, 1995; Domínguez Castanedo, 2004). Así, las concentraciones medidas, representan lo que se deposita constantemente en el fondo y que no alcanza a ser removido en la temporada de nortes.

Al tomar en cuenta que las especies indicadoras de contaminación por sí solas podrían no indicar nada excepto su propia presencia, el análisis del cambio estructural de las comunidades bentónicas muestreadas cuantitativamente es la clave para encontrar sus interacciones. Por ello, el empleo de una herramienta como el AMBI resulta importante. Aquí, se empleó el conjunto de especies que se encuentra en cada estación y el papel que representa cada una de ellas, reflejado en el grupo ecológico asignado y estableciéndose una categoría, lo que permitió obtener información no solo de taxa oportunistas sino del conjunto de ellos. Con esta herramienta, se puede conocer el estado del ambiente en cualquier momento. En este estudio, los valores más elevados del índice se ubicaron principalmente frente a las desembocaduras del Río Grijalva-Usumacinta y la Laguna de Términos; ahí se encuentran las mayores descargas de agua continental. Al ser una primera aplicación de este índice para la zona, se requiere comprobar si estos valores de AMBI se deben a dichas descargas o a la influencia de la zona petrolera. En este primer estudio, se considera que es el efecto coadyuvado de la zona petrolera con las descargas, y dada la circulación prevaleciente en la temporada, que pudo haber un acarreo de materiales y fauna hacia la costa, donde hay aportes de materia orgánica que favorecen el desarrollo de la fauna oportunista.

Asimismo, se requiere realizar ajustes en el índice para que pueda ser empleado con mayor precisión en la zona, dado que este estudio representa una primera aplicación del índice en la región y fue diseñado para detrerminar el estado de perturbación de zonas templadas bajo la Directiva Europea de Aguas (Borja *et al.*, 2000). Aun es necesario probarlo repetidamente en los diferentes ambientes tropicales y llevar a cabo los ajustes pertinentes. Esto implica que los resultados “a priori” se deben tomar con cautela, de tal modo que su interpretación aquí se basa también en el marco de los datos ambientales y faunísticos obtenidos en el análisis de la estructura comunitaria, debido a que el índice por sí mismo puede dar resultados erróneos, si no se interpreta en conjunto con los datos de riqueza específica y diversidad.

Las especies dominantes comunes a las tres campañas son los poliquetos: *Paraprionospio pinnata*, *Scoletoma verrilli*, *Cossura delta*, *Nephtys incisa* y *Mediomastus californiensis*. *Paraprionospio pinnata* fue una de las especies presentes de forma abundante en la mayor parte de las estaciones en donde predominó el grupo ecológico IV (especies oportunistas de segundo orden, (condiciones de desbalance ecológico) de acuerdo con el AMBI; sobre esto se mencionó que es una especie representativa de la zona de estudio en todas las temporadas y está presente en todo tipo de ambientes; por ello es necesario evaluar la comunidad completa en los sitios que está presente esta especie, para no obtener una interpretación errónea.

## **7. Conclusiones**

### Caracterización ambiental

1. Las variables ambientales analizadas en la temporada de nortes denotan un patrón irregular sobre la zona, lo que resalta la gran heterogeneidad ambiental que existe; en la mayoría de las campañas prevalece una distribución zonal en la cual se presentan núcleos de elevadas concentraciones.
2. La distribución de los parámetros estructurales de las comunidades encontradas indican un patrón que no es muy claro, en donde los valores tanto de abundancia y diversidad se encuentran con una tendencia de menor a mayor de Oeste a Este, siendo en el área de la zona carbonatada en donde el tipo de sedimento es el principal elemento que favorece las mayores densidades de fauna encontradas.

### Estructura comunitaria

3. Las especies dominantes para la temporada de nortes, en términos de densidad y frecuencia son: *Scoletoma verrilli*, *Paraprionospio pinnata*, *Nephtys incisa*, *Cossura delta* y *Mediomastus californiensis*. Estas presentan distribuciones espaciales similares en las tres campañas analizadas.
4. Algunas de las variables biológicas analizadas (densidad, riqueza específica, diversidad y equidad), presentaron una correlación directa con las concentraciones de las variables fisicoquímicas y biológicas, principalmente el aluminio, cobalto e hidrocarburos aromáticos policíclicos con riqueza específica, diversidad y AMBI, así como la densidad con los hidrocarburos e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

### Calidad ecológica

5. La Bahía de Campeche presenta un estado que va desde “no perturbado” hasta “moderadamente perturbado”, registrando una tendencia al incremento de perturbación en las estaciones que presentan un estado moderadamente perturbado de una campaña a la siguiente (años; SGM6-2001; SGM7-2002; SGM8-2003).
6. Se encontró similitud en la distribución de las concentraciones de los metales cadmio, aluminio, cobalto y níquel e hidrocarburos totales con la distribución del AMBI para la campaña SGM6, en donde presentan sus concentraciones más elevadas enfrente del lado Oeste de la Laguna de Términos.



## 8. Literatura Citada

Agard, J. B., J. Gobin & R. M. Warwick. 1993. Analysis of marine macrobenthic community structure in relation to pollution, natural oil seepage and seasonal disturbance in a tropical environment (Trinidad West Indies). *Marine Ecology Progress Series*. **92**: 233-243 pp.

Aguilar Sosa, J. 1993. Algunos aspectos ecológicos acerca de la distribución y abundancia de los moluscos (Mollusca: Bivalvia) en la porción Sureste del Golfo de México. Facultad de Ciencias Pesqueras, Universidad Autónoma del Carmen. México. *Tesis profesional*. 129 pp.

Alatorre Mendieta, M. A., F. Ruiz & D. A. Salas de León. 1989. Efectos del paso de frentes atmosféricos sobre la Bahía de Campeche. 186-193 pp. *En*: González, J., F. Medina, M. Romo & M. Martínez. Memorias de la Revista Unión Geofísica Mexicana 1987. México pp.

Ayala Castañares, A. & M. Gutiérrez Estrada. 1990. Morfología y sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a Tabasco y Campeche. México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. **17**: 2: 163-190 pp.

Bazairi, H., A. Bayed, M. Glémarec & C. Hily. 2003. Spatial organisation of macrozoobenthic communities in response to environmental factors in a coastal lagoon of the NW African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanologica Acta*. **26**: 457-471 pp.

Bessonov, N., O. González & A. Elizrov. 1971. Resultados de las Investigaciones Sovietico-Cubanas en el Banco de Campeche. *Coloquio sobre la Investigación del Golfo de México y recursos del Golfo de México y zonas adyacentes*.

Bonne, W. & M. Vincx. 2003. The impact of marine sand extraction on benthic copepod communities of a subtidal sandbank. Biology Department, Marine Biology Section. Ghent University. Belgium. *PhD Thesis*. 165-202 pp.

Borja, A., J. Franco & V. Pérez. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*. **40**: 12: 1100-1114 pp.

Borja, A., J. Franco & I. Muxika. 2003a. Classification tools for marine ecological quality assessment: the usefulness of macrobenthic communities in an area affected by a submarine outfall. *ICES CM 2003/Session J-02, Tallinn (Estonia), 24-28 September, 2003*.: pp.

Borja, A., I. Muxika & J. Franco. 2003b. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*. **46**: 835-845 pp.

Borja, A. & I. Muxika. 2005. Do benthic indicator tools respond to all impact sources?, The case of AMBI (Azti Marine Biotic Index). Magni, P., J. Hyland, G. Manzella, H. Rumohr, P. Viaroli, A. Zenetos (Eds.). *Proceedings of the Workshop "Indicators of Stress in the Marine Benthos", Torregrande-Oristano (Italy), 8-9 October 2004. Paris, UNESCO/IOC, IMC, 2005. iv + 46 pp., OC Workshop Reports, 195*: 15-18 pp.

Botello, V. A., S. Villanueva Fragoso & L. Rosales Hoz. 2004. Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México. *En Caso, M., I. Pisanty & E. Ezcurra (eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. EPOMEX. 493 pp.*

Botello, A. V., J. Rendon Von Osten, G. Gold-Bouchot & C. Agraz-Hernández. 2005. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias., EPOMEX: Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.

Bray, J. R. & J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* **27**: 325-349 pp.

Campos, J. C. 1981. Contribución a la sedimentología y morfología de la plataforma continental frente a las costas de Campeche, México. Primera y 2a. parte. Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía. México.

Carranza Edwards, A., L. T. Rosales Hoz & A. Monreal Gómez. 1993. Suspended sediments in the southeastern Gulf of Mexico. *Marine Geology.* **112**: 257-269 pp.

Carrera Parra, L. 2003. Redescription of *Hartmaniella tulearensis* n.comb. (Amoreux, 1978) with comments on *Hartmaniella* sp. and affinities of the family (Polychaeta: Hartmaniellidae). *Journal of Natural History.* **37**: 49-55 pp.

Casselli, C., M. Ponti & M. Abbiati. 2003. Valutazione della qualità ambientale della laguna costiera Pialassa Baiona attraverso lo studio dei suoi popolamenti bentonici. *XIII Congresso Società Italiana de Ecología*, Como, Villa Olmo.

Clarke, K. R. & R. H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a "biological effects" study. *Marine Ecology Progress Series.* **4**: 213-226 pp.

Cervantes Hernández, P. 1999. Relaciones stock-reclutamiento del camarón Rosado *Farfantepenaeus duorarum* en el Banco de Campeche. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México: 37 pp.

Clarke, K. R. & K. N. Gorley. 2001. Manual del usuario Primer v. 5.0, Primer-E, Ltd.

Corona Rodríguez, A. 1997. Contribución al conocimiento de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la plataforma de Yucatán. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 163 pp.

Cruz Abrego, F. M. 1984. Sistemática y algunos aspectos ecológicos de los moluscos de la Sonda de Campeche. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 123 pp.

Cruz Abrego, F. M., F. A. F. & V. Solís Weiss. 1991. Distribución de moluscos y caracterización ambiental en zonas de descargas de aguas continentales del Golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.* **18**: 2: 247 pp.

Cruz Orozco, R., A. Machado Navarro, F. Ley Luo & V. M. Alba Cornejo. 1994. Textura, mineralogía y algunos parámetros fisicoquímicos de los sedimentos de la Sonda de Campeche,

México. *En*. Los Sistemas Litorales. Serie de Grandes Temas de Hidrobiología. UAM-I, UNAM. México. 2:14-155.

Czitrom Baus, S. P., F. Ruiz, M. A. Alatorre Mendieta & A. R. Padilla Pilzote. 1986. Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, México. *En*. Los Sistemas Litorales. Serie de Grandes Temas de Hidrobiología. UAM-I, UNAM. México. 2:14-155.

Dauer, D. M. 1993. Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin*. **26**: 5: 249-257.

De Jesús Navarrete, A. 1989. Evaluación de los Niveles de Hidrocarburos Totales en los Sedimentos de la Sonda de Campeche, México, y su posible efecto sobre la comunidad de nematodos bénticos. CINVESTAV. México. *Tesis Maestría*. 144 pp.

De Jesús Navarrete, A. 1993. Distribución, abundancia y diversidad de los nemátodos (Phylum: Nematoda) bénticos de la Sonda de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*. **41**: 1: 57-63.

De León González, J. A., V. Solís Weiss & V. Ochoa Rivera. 1999. Nereidids (Polychaeta) from the Caribbean Sea and adjacent Coral Islands of the southern Gulf of Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **112**: 667-681.

De Lorenz Santos, F. 2002. Determinación de metales en sedimentos en la Sonda de Campeche, Camp. Escuela Nacional de Estudios Superiores, Aragón. México. *Tesis Profesional*. 43 pp.

Domínguez Castanedo, N. 2004. Estructura Comunitaria de los Poliquetos (Annelida: Polychaeta) Asociados a Sustratos Blandos en el Banco de Campeche, México. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 89 pp.

Domínguez Castanedo, N. 2007. Estudio de la macrofauna bentónica de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios, Veracruz. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Maestría*. 98 pp.

Domínguez Castanedo, N., R. Rojas López, V. Solís Weiss, P. Hernández Alcántara & A. Granados Barba. 2007. The use of higher taxa to assess the benthic conditions in the southern Gulf of Mexico. *Marine Ecology*: en prensa pp.

Esparza Castillo, L. 1992. Variación estacional de la microfauna de ostrácodos de la zona de plataformas petroleras del sur del Golfo de México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis profesional*. 92 pp.

Fauchald, K., P. A. Jumars. 1979. The diet of Worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **17**: 193-284.

Field, J. G., K. R. Clarke & R. M. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*. **8**: 37-52 pp.

Fitzhugh, K. 1984. Temporal and spatial patterns of the polychaete fauna on the central Northern Gulf of Mexico continental shelf. *En*: Hutchings, P. A. Proc. First Int. Pol. Conf., Sydney. The Linnean Society of new South Wales. Sydney, Australia: 211-225 pp.

- Flint, R. W. 1981. Gulf Mexico outers shelf benthos: Macroinfaunal-environmental relationships. *Biol. Ocean.* **1**: 2: 135-155 pp.
- Flores Coto, C., R. Martínez Gutiérrez, M. González Félix, L. Sanvicente Añorve & F. Zavala García. 2000. Annual variation of Ichthyoplankton assemblages in neritic waters of the Southern Golfo of Mexico. *In Carib. J. Sci.* **36**: 3-4: 233-243 pp.
- Folk, R. L. 1969. Petrology of Sedimentary Rocks. Texas, Hemphill, Austin.
- Formoso, M. 1974. Distribución Cuantitativa del Zoobentos Alimenticio en el Banco de Campeche (Invierno). Cuba, INP/CIP.
- Forni, G. & A. Occhipinti-Ambrogi. 2003. Applicazione del coefficiente biotico (Borja et al., 2000) alla comunità macrobentonica del nord Adriatico. *Annual Meeting of the Italian Society of Marine Biology, Tunisia*: 1-8 pp.
- Frouin, P. 2000. Effects of antropogenic disturbances of tropical soft-bottom benthic communities. *Marine Ecology Progress Series.* **194**: 39-53 pp.
- Gallagher, E. D. & J. F. Grassle. 1997. Virginian province macroinfaunal community structure: PCA-H analyses and an assessment of pollution degradation indices. *Report to the US EPA, Atlantic Ecology Division, Narragansett, Rhode Island*: 124 pp.
- García, E. 1980. Apuntes de climatología 3ª edición, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, E. 1987. Apuntes de climatología. México, D. F., Larios e hijos impresores.
- García Salgado, M. 2001. Relación entre la producción de camarón, la descarga de los ríos y la precipitación pluvial en el Golfo de México. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Maestría.* 84 pp.
- Glémarec, M. & C. Hily. 1981. Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oecologica.* **2**: 2: 139-150 pp.
- Gold Bouchot, G. & M. Herrera Rodríguez. 1996. Efectos de los hidrocarburos sobre la comunidad de nemátodos béticos de la Sonda de Campeche. 279-269 pp. *En*: Botello, J., L. Rojas Galaviz, J. A. Benítez & D. Zárate Lomelí. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. EPOMEX Serie Científica. Campeche, México. 5: 666 pp.
- Gold Bouchot, G. 2004. Hidrocarburos en el su del Golfo de México. *En*: Caso, M., I. Pisanty & E. Ezcurra (eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. EPOMEX. 493 pp.
- González Macías, M. C. 1989. Las comunidades bentónicas y su relación con afloramientos naturales de hidrocarburos en el Golfo de México: Crucero Chapo I. *Universidad y Ciencia.* **6**: 11: 17-28 pp.
- González Macías, M. C. 1997. Análisis de la comunidad bentónica en una chapopotera del Golfo de México y sus relaciones con la presencia crónica de hidrocarburos del petróleo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Maestría.* 114 pp.

- Grall, J. & M. Glémarec. 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **44**: 43-53 pp.
- Granados Barba, A. 1991. Algunos aspectos ecológicos de los anélidos poliquetos (orden: Eunicida) de la región de plataformas petroleras y áreas adyacentes en la sonda de Campeche, Golfo de México. ENEP-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis de Licenciatura*. 99 pp.
- Granados Barba, A. 1994. Estudio sistemático de los anélidos poliquetos de la región de plataformas petroleras del Sur del Golfo de México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis de Maestría*. 287 pp.
- Granados Barba, A. 2001. Los poliquetos béticos de la región petrolera del suroeste del Golfo de México: estructura comunitaria e impacto ambiental. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Doctoral*. 149 pp.
- Granados Barba, A. & V. Solís Weiss. 1994. New records of the polychaetous annelids (order: Eunicida) from the Southeastern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*. **54**: 2: 420-427.
- Granados Barba, A. & V. Solís Weiss. 1997a. The polychaetous annelids from oil platforms areas in the southeastern Gulf of Mexico: Phyllodocidae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae and Pilargidae, with the description of *Ophioglycera lyra* a new species and comments on *Goniada distorta* Moore and *Scoloplos texana* Maciolek and Holland, Orbiniidae. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **110**: 3: 457-470.
- Granados Barba, A. & V. Solís Weiss. 1997b. The polychaetous annelids of the oil platforms area from the southeastern Gulf of Mexico: Orbiniidae and Cossuridae. *Bulletin of Marine Science*. **6**: 3: 549-557.
- Granados Barba, A. & V. Solís Weiss. 1998. Les Spionidae (Annélides: Polychètes) de la zone des puits pétroliers de la région méridionale du Golfe du Mexique. *Vie Mielieu*. **48**: 2: 111-119..
- Granados Barba, A., V. Solís Weiss, M. A. Tovar Hernández & V. Ochoa Rivera. 2003. Distributions and diversity of the Syllidae (Annelida: Polychaeta) from the Mexican Gulf of Mexico and Caribbean. *Hydrobiologia*. **496**: 337-345.
- Gray, J. S. 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **12**: 223-261 pp.
- Gray, J. S. 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **250**: 23-49 pp.
- Gray, J. S. & T. H. Pearson. 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series*. **9**: 111-119 pp.
- Hartung, R. & B. D. Sinman. 1972. Environmental Mercury contamination. *Ann. Arbor Science*: pp.
- Henning, R. & I. Krönke. 2005. Seasonal variability of benthic indices: An approach to test the applicability of different indices for ecosystem quality assessment. *Marine Pollution Bulletin*. **50**: 1490-1499 pp.

- Hernández Alcántara, P. & V. Solís Weiss. 1995. Algunas comunidades macrobénticas asociadas al manglar (*Rhizophora mangle*) en la laguna de Términos, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*. **43**: 1-3: 117-129 pp.
- Hernández Arana, H. A. 1995. El concepto de suficiencia taxonómica aplicado a comunidades bénticas tropicales. CINVESTAV-IPN-Mérida. México. *Tesis Maestría*. 204 pp.
- Hernández Arana, H. A., A. A. Rowden, M. J. Attrill, R. M. Warwick & G. Gold Bouchot. 2003. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Est. Coast. Shelf. Sci.* **58**: 825-841 pp.
- Hernández Arana H., M. J. Attrill & G. Gold-Bouchot. 2005. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Estuarine and Coastal Shelf Science*. **58**(4): 825-841.
- Herrera Rodríguez, M. 1992. . Evaluación de los efectos de los hidrocarburos sobre la comunidad de nemátodos bénticos de vida libre de la plataforma continental de la Península de Yucatán. CINVESTAV-IPN-Mérida. México. *Tesis Maestría*. 161 pp.
- Hily, C. 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest. Université Bretagne Occidentale. *Thèse de Doctorat d'Etat*. Vol. 1:359, Vol.2: 337 pp.
- Hutchings, P. A. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation*. **7**: 1133-1145 pp.
- Krebs, C. J. 1994. The experimental analysis of distribution and abundance. New York, Harper Collins College Publishers.
- Kruskal, B. S. & M. Wish. 1991. Multidimensional scaling. Quantitative applications in the social sciences. USA, Beverly Hill, California, Sage Publications, 16 edition.
- Licea Durán, S. & H. Santoyo. 1991. Algunas características ecológicas del fitoplancton de la región central de la Bahía de Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. **18**: 2: 157-167 pp.
- López Granados, E. M. 1993. Estudio ecológico de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de las familias: Spionidae, Nephtyidae y Nereididae de la Sonda de Campeche, México. ENEP. Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 90 pp.
- López, P. 1993. Algunos aspectos ecológicos acerca de la distribución y abundancia de los moluscos (Mollusca: Gasteropoda y Scaphopoda) en la porción Sureste del Golfo de México. Facultad de Ciencias Pesqueras, Universidad Autónoma del Carmen. México. *Tesis profesional*. 126 pp.
- Loring, D.H. 1979. Geochemistry of cobalt, nickel, chromium and vanadium in the sediments of the Estuary and Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal Earth Science*. **16**: 1196-1209.
- Luoma, S.N., Jenne, E.A. 1976. Estimating bioavailability of sediment-bound trace metals with chemical extractants. In: Trace substances in environmental health. DD Memphill (ed). Univ. Of Missouri, Columbia, MO 343-35 1.

- Macías Zamora, J. V., J. A. Villaescusa Celaya, A. Muñoz Barbosa & G. Gold Bouchot. 1999. Trace metals in sediment cores from the Campeche Shelf, Gulf of Mexico. *Environmental Pollution*. **104**: 1: 69-77 pp.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its measurement. Londres, Croom Helm. pp
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. System.* **3**: 36-71.
- Margalef, 1988. R., 1983. Limnología. Cap. Zooplancton (331-403). Ediciones Omega, Barcelona 1010 p.
- Méndez Jaime, C. 1993. Estudio químico de sedimentos recientes en la porción sur del Golfo de México. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 71 pp.
- Mendoza Cantú, M. E. 1994. Estudio geomorfológico de la porción sureste del golfo de México. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 69 pp.
- Mendoza Quintero-M., A., M. Herrera Rodríguez & G. Olguín Pascualli. 2004. Monitoreo Ambiental de la Actividad Petrolera en el Sur del Golfo de México. *En*: Rivera Arriaga, E., G. J. Villalobos Zapata, I. Azuz Adeath & F. Rosado May. El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad de Quintana Roo. Cap. 43: 654 pp.
- Merino, M. 1997. Upwelling on the Yucatan Shelf: hydrographic evidence. *Journal of Marine Systems*. **13**: 101-121 pp.
- Miranda Vázquez, L. 1993. Estudio de las comunidades de poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la Plataforma Continental externa del Sur del Golfo de México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis profesional*. 148 pp.
- Monreal Gómez, A. & D. A. Salas de León. 1990. Simulación de la circulación de la Bahía de Campeche. *Geofísica Inerternacional*. **29**: 2: 101-111 pp.
- Monreal Gómez, A., D. A. Salas de León, A. R. Padilla Pilzote & M. A. Alatorre Mendieta. 1992. Hidrografía y estimación de corrientes de densidad en el sur de la Bahía de Campeche. *Ciencias Marinas*. **18**: 4: 115-133 pp.
- Monreal Gómez, A. & D. A. Salas de León. 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. *En*: Lavín, M. F. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana. México: 183-199 pp.
- Muniz, P., N. Venturini, A. M. S. Pires-Vanin, L. R. Tommasi & A. Borja. 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*. **50**: 6: 624-637 pp.
- Muxika, I., A. Borja & J. Franco. 2003. The use of a biotic index (AMBI) to identify spatial and temporal impact gradients on benthic communities in an estuarine area. *ICES CM 2003/Session J-01, Tallinn (Estonia), 24-28 September, 2003.*: pp.

- Muxika, I., A. Borja & W. Bonne. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*. **5**: 1: 19-31 pp.
- Myers, A. A. & T. Southgate. 1980. Artificial substrates as a means of monitoring rocky shore cryptofauna. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. **60**: 963-975 pp.
- Ochoa, S. A., G. E. Halffter & R. Ibarra. 1973. Estudio de la contaminación en el Bajo Río Coatzacoalcos. Primeros Trabajos. Primer Seminarios sobre la evaluación de la Contaminación Ambiental. México, D. F. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Mexicano de Recursos Renovables.
- Ortiz-Hernández, M. C. 1990. Los poliquetos de la Sonda de Campeche y Canal de Yucatán. Su relación con los hidrocarburos. CINVESTAVP, IPN. Mérida, Yucatán. *Tesis de Maestría*. 99 pp.
- Páez Osuna, F. 2005. Fuentes de metales en la zona costera marina. 329-342 pp. *En*: Botello, A. V., J. Rendon Von Osten, G. Gold Bouchot & C. Agraz-Hernández. Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. México: 696 pp.
- Páez Osuna, F., A. V. Botello & S. F. Villanueva. 1986. Heavy metals in Coatzacoalcos estuary and Ostion lagoon, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. **11**: 516-519 pp.
- Pearson, T. H. & R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic sucesion in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **16**: 229-311 pp.
- Pielou, E. C. 1969. Introduction to Mathematical Ecology. New York, John Wiley and Sons.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. New York, John Wiley and Sons.
- Quintero Cuevas, M. & F. Jaime Enríquez. 1992. Procesamiento y comparación de la configuración de datos oceanográficos desde un punto de vista topográfico. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 195 pp.
- Quintero Mármol, A., M. Herrera Rodríguez & G. Olguín Pascualli. 2004. Monitoreo Ambiental de la Actividad Petrolera en el Sur del Golfo de México. *En*: Rivera Arriaga, E., G. J. Villalobos Zapata, I. Azuz Adeath & F. Rosado May. El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad de Quintana Roo. México: 654 pp.
- Rakocinski, C. F., S. S. Brown, G. R. Gaston, R. W. Heard, W. W. Walker & J. K. Summers. 1997. Macrobenthic responses to natural and contaminant-related gradients in Northern Gulf of Mexico estuaries. *Ecological Applications*. **7**: 4: 1278-1298 pp.
- Rakocinski, C. F., S. S. Brown, G. R. Gaston, R. W. Heard, W. W. Walker & J. K. Summers. 2000. Species-abundance-biomass responses by estuarine macrobenthos to sediment chemical contamination. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*. **7**: 201-214 pp.
- Rodríguez Villanueva, V. 1993. Los poliquetos (Annelida:Polychaeta) de la plataforma continental interna del sur del Golfo de México; abundancia, distribución y diversidad. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis profesional*. 128 pp.



## **7. Conclusiones**

### Caracterización ambiental

1. Las variables ambientales analizadas en la temporada de nortes denotan un patrón irregular sobre la zona, lo que resalta la gran heterogeneidad ambiental que existe; en la mayoría de las campañas prevalece una distribución zonal en la cual se presentan núcleos de elevadas concentraciones.
2. La distribución de los parámetros estructurales de las comunidades encontradas indican un patrón que no es muy claro, en donde los valores tanto de abundancia y diversidad se encuentran con una tendencia de menor a mayor de Oeste a Este, siendo en el área de la zona carbonatada en donde el tipo de sedimento es el principal elemento que favorece las mayores densidades de fauna encontradas.

### Estructura comunitaria

3. Las especies dominantes para la temporada de nortes, en términos de densidad y frecuencia son: *Scoletoma verrilli*, *Paraprionospio pinnata*, *Nephtys incisa*, *Cossura delta* y *Mediomastus californiensis*. Estas presentan distribuciones espaciales similares en las tres campañas analizadas.
4. Algunas de las variables biológicas analizadas (densidad, riqueza específica, diversidad y equidad), presentaron una correlación directa con las concentraciones de las variables fisicoquímicas y biológicas, principalmente el aluminio, cobalto e hidrocarburos aromáticos policíclicos con riqueza específica, diversidad y AMBI, así como la densidad con los hidrocarburos e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

### Calidad ecológica

5. La Bahía de Campeche presenta un estado que va desde “no perturbado” hasta “moderadamente perturbado”, registrando una tendencia al incremento de perturbación en las estaciones que presentan un estado moderadamente perturbado de una campaña a la siguiente (años; SGM6-2001; SGM7-2002; SGM8-2003).
6. Se encontró similitud en la distribución de las concentraciones de los metales cadmio, aluminio, cobalto y níquel e hidrocarburos totales con la distribución del AMBI para la campaña SGM6, en donde presentan sus concentraciones más elevadas enfrente del lado Oeste de la Laguna de Términos.

## 8. Literatura Citada

Agard, J. B., J. Gobin & R. M. Warwick. 1993. Analysis of marine macrobenthic community structure in relation to pollution, natural oil seepage and seasonal disturbance in a tropical environment (Trinidad West Indies). *Marine Ecology Progress Series*. **92**: 233-243 pp.

Aguilar Sosa, J. 1993. Algunos aspectos ecológicos acerca de la distribución y abundancia de los moluscos (Mollusca: Bivalvia) en la porción Sureste del Golfo de México. Facultad de Ciencias Pesqueras, Universidad Autónoma del Carmen. México. *Tesis profesional*. 129 pp.

Alatorre Mendieta, M. A., F. Ruiz & D. A. Salas de León. 1989. Efectos del paso de frentes atmosféricos sobre la Bahía de Campeche. 186-193 pp. *En*: González, J., F. Medina, M. Romo & M. Martínez. Memorias de la Revista Unión Geofísica Mexicana 1987. México pp.

Ayala Castañares, A. & M. Gutiérrez Estrada. 1990. Morfología y sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a Tabasco y Campeche. México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. **17**: 2: 163-190 pp.

Bazairi, H., A. Bayed, M. Glémarec & C. Hily. 2003. Spatial organisation of macrozoobenthic communities in response to environmental factors in a coastal lagoon of the NW African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanologica Acta*. **26**: 457-471 pp.

Bessonov, N., O. González & A. Elizrov. 1971. Resultados de las Investigaciones Sovietico-Cubanas en el Banco de Campeche. *Coloquio sobre la Investigación del Golfo de México y recursos del Golfo de México y zonas adyacentes*.

Bonne, W. & M. Vincx. 2003. The impact of marine sand extraction on benthic copepod communities of a subtidal sandbank. Biology Department, Marine Biology Section. Ghent University. Belgium. *PhD Thesis*. 165-202 pp.

Borja, A., J. Franco & V. Pérez. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*. **40**: 12: 1100-1114 pp.

Borja, A., J. Franco & I. Muxika. 2003a. Classification tools for marine ecological quality assessment: the usefulness of macrobenthic communities in an area affected by a submarine outfall. *ICES CM 2003/Session J-02, Tallinn (Estonia), 24-28 September, 2003*.: pp.

Borja, A., I. Muxika & J. Franco. 2003b. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*. **46**: 835-845 pp.

Borja, A. & I. Muxika. 2005. Do benthic indicator tools respond to all impact sources?, The case of AMBI (Azti Marine Biotic Index). Magni, P., J. Hyland, G. Manzella, H. Rumohr, P. Viaroli, A. Zenetos (Eds.). *Proceedings of the Workshop "Indicators of Stress in the Marine Benthos", Torregrande-Oristano (Italy), 8-9 October 2004. Paris, UNESCO/IOC, IMC, 2005. iv + 46 pp., OC Workshop Reports, 195*: 15-18 pp.

- Botello, V. A., S. Villanueva Fragoso & L. Rosales Hoz. 2004. Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México. *En Caso, M., I. Pisanty & E. Ezcurra (eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. EPOMEX. 493 pp.*
- Botello, A. V., J. Rendon Von Osten, G. Gold-Bouchot & C. Agraz-Hernández. 2005. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias., EPOMEX: Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Bray, J. R. & J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* **27**: 325-349 pp.
- Campos, J. C. 1981. Contribución a la sedimentología y morfología de la plataforma continental frente a las costas de Campeche, México. Primera y 2a. parte. Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía. México.
- Carranza Edwards, A., L. T. Rosales Hoz & A. Monreal Gómez. 1993. Suspended sediments in the southeastern Gulf of Mexico. *Marine Geology.* **112**: 257-269 pp.
- Carrera Parra, L. 2003. Redescription of *Hartmaniella tulearensis* n.comb. (Amoreux, 1978) with comments on *Hartmaniella* sp. and affinities of the family (Polychaeta: Hartmaniellidae). *Journal of Natural History.* **37**: 49-55 pp.
- Casselli, C., M. Ponti & M. Abbiati. 2003. Valutazione della qualità ambientale della laguna costiera Pialassa Baiona attraverso lo studio dei suoi popolamenti bentonici. *XIII Congresso Società Italiana de Ecología*, Como, Villa Olmo.
- Clarke, K. R. & R. H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a "biological effects" study. *Marine Ecology Progress Series.* **4**: 213-226 pp.
- Cervantes Hernández, P. 1999. Relaciones stock-reclutamiento del camarón Rosado *Farfantepenaeus duorarum* en el Banco de Campeche. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México: 37 pp.
- Clarke, K. R. & K. N. Gorley. 2001. Manual del usuario Primer v. 5.0, Primer-E, Ltd.
- Corona Rodríguez, A. 1997. Contribución al conocimiento de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la plataforma de Yucatán. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 163 pp.
- Cruz Abrego, F. M. 1984. Sistemática y algunos aspectos ecológicos de los moluscos de la Sonda de Campeche. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 123 pp.
- Cruz Abrego, F. M., F. A. F. & V. Solís Weiss. 1991. Distribución de moluscos y caracterización ambiental en zonas de descargas de aguas continentales del Golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.* **18**: 2: 247 pp.
- Cruz Orozco, R., A. Machado Navarro, F. Ley Luo & V. M. Alba Cornejo. 1994. Textura, mineralogía y algunos parámetros fisicoquímicos de los sedimentos de la Sonda de Campeche,

México. *En*. Los Sistemas Litorales. Serie de Grandes Temas de Hidrobiología. UAM-I, UNAM. México. 2:14-155.

Czitrom Baus, S. P., F. Ruiz, M. A. Alatorre Mendieta & A. R. Padilla Pilzote. 1986. Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, México. *En*. Los Sistemas Litorales. Serie de Grandes Temas de Hidrobiología. UAM-I, UNAM. México. 2:14-155.

Dauer, D. M. 1993. Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin*. **26**: 5: 249-257.

De Jesús Navarrete, A. 1989. Evaluación de los Niveles de Hidrocarburos Totales en los Sedimentos de la Sonda de Campeche, México, y su posible efecto sobre la comunidad de nematodos bénticos. CINVESTAV. México. *Tesis Maestría*. 144 pp.

De Jesús Navarrete, A. 1993. Distribución, abundancia y diversidad de los nemátodos (Phylum:Nematoda) bénticos de la Sonda de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*. **41**: 1: 57-63.

De León González, J. A., V. Solís Weiss & V. Ochoa Rivera. 1999. Nereidids (Polychaeta) from the Caribbean Sea and adjacent Coral Islands of the southern Gulf of Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **112**: 667-681.

De Lorenz Santos, F. 2002. Determinación de metales en sedimentos en la Sonda de Campeche, Camp. Escuela Nacional de Estudios Superiores, Aragón. México. *Tesis Profesional*. 43 pp.

Domínguez Castanedo, N. 2004. Estructura Comunitaria de los Poliquetos (Annelida: Polychaeta) Asociados a Sustratos Blandos en el Banco de Campeche, México. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 89 pp.

Domínguez Castanedo, N. 2007. Estudio de la macrofauna bentónica de la laguna arrecifal de Isla Sacrificios, Veracruz. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Maestría*. 98 pp.

Domínguez Castanedo, N., R. Rojas López, V. Solís Weiss, P. Hernández Alcántara & A. Granados Barba. 2007. The use of higher taxa to assess the benthic conditions in the southern Gulf of Mexico. *Marine Ecology*: en prensa pp.

Esparza Castillo, L. 1992. Variación estacional de la microfauna de ostrácodos de la zona de plataformas petroleras del sur del Golfo de México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis profesional*. 92 pp.

Fauchald, K., P. A. Jumars. 1979. The diet of Worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **17**: 193-284.

Field, J. G., K. R. Clarke & R. M. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*. **8**: 37-52 pp.

Fitzhugh, K. 1984. Temporal and spatial patterns of the polychaete fauna on the central Northern Gulf of Mexico continental shelf. *En*: Hutchings, P. A. Proc. First Int. Pol. Conf., Sydney. The Linnean Society of new South Wales. Sydney, Australia: 211-225 pp.

- Flint, R. W. 1981. Gulf Mexico outers shelf benthos: Macroinfaunal-environmental relationships. *Biol. Ocean.* **1**: 2: 135-155 pp.
- Flores Coto, C., R. Martínez Gutiérrez, M. González Félix, L. Sanvicente Añorve & F. Zavala García. 2000. Annual variation of Ichthyoplankton assemblages in neritic waters of the Southern Golfo of Mexico. *In Carib. J. Sci.* **36**: 3-4: 233-243 pp.
- Folk, R. L. 1969. Petrology of Sedimentary Rocks. Texas, Hemphill, Austin.
- Formoso, M. 1974. Distribución Cuantitativa del Zoobentos Alimenticio en el Banco de Campeche (Invierno). Cuba, INP/CIP.
- Forni, G. & A. Occhipinti-Ambrogi. 2003. Applicazione del coefficiente biotico (Borja et al., 2000) alla comunità macrobentonica del nord Adriatico. *Annual Meeting of the Italian Society of Marine Biology, Tunisia*: 1-8 pp.
- Frouin, P. 2000. Effects of antropogenic disturbances of tropical soft-bottom benthic communities. *Marine Ecology Progress Series.* **194**: 39-53 pp.
- Gallagher, E. D. & J. F. Grassle. 1997. Virginian province macroinfaunal community structure: PCA-H analyses and an assessment of pollution degradation indices. *Report to the US EPA, Atlantic Ecology Division, Narragansett, Rhode Island*: 124 pp.
- García, E. 1980. Apuntes de climatología 3ª edición, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, E. 1987. Apuntes de climatología. México, D. F., Larios e hijos impresores.
- García Salgado, M. 2001. Relación entre la producción de camarón, la descarga de los ríos y la precipitación pluvial en el Golfo de México. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Maestría.* 84 pp.
- Glémarec, M. & C. Hily. 1981. Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oecologica.* **2**: 2: 139-150 pp.
- Gold Bouchot, G. & M. Herrera Rodríguez. 1996. Efectos de los hidrocarburos sobre la comunidad de nemátodos bénticos de la Sonda de Campeche. 279-269 pp. *En*: Botello, J., L. Rojas Galaviz, J. A. Benítez & D. Zárate Lomelí. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. EPOMEX Serie Científica. Campeche, México. 5: 666 pp.
- Gold Bouchot, G. 2004. Hidrocarburos en el su del Golfo de México. *En*: Caso, M., I. Pisanty & E. Ezcurra (eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. EPOMEX. 493 pp.
- González Macías, M. C. 1989. Las comunidades bentónicas y su relación con afloramientos naturales de hidrocarburos en el Golfo de México: Crucero Chapo I. *Universidad y Ciencia.* **6**: 11: 17-28 pp.
- González Macías, M. C. 1997. Análisis de la comunidad bentónica en una chapopotera del Golfo de México y sus relaciones con la presencia crónica de hidrocarburos del petróleo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Maestría.* 114 pp.

- Grall, J. & M. Glémarec. 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **44**: 43-53 pp.
- Granados Barba, A. 1991. Algunos aspectos ecológicos de los anélidos poliquetos (orden: Eunicida) de la región de plataformas petroleras y áreas adyacentes en la sonda de Campeche, Golfo de México. ENEP-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis de Licenciatura*. 99 pp.
- Granados Barba, A. 1994. Estudio sistemático de los anélidos poliquetos de la región de plataformas petroleras del Sur del Golfo de México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis de Maestría*. 287 pp.
- Granados Barba, A. 2001. Los poliquetos bénticos de la región petrolera del suroeste del Golfo de México: estructura comunitaria e impacto ambiental. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Doctoral*. 149 pp.
- Granados Barba, A. & V. Solís Weiss. 1994. New records of the polychaetous annelids (order: Eunicida) from the Southeastern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*. **54**: 2: 420-427.
- Granados Barba, A. & V. Solís Weiss. 1997a. The polychaetous annelids from oil plataforms areas in the southeastern Gulf of Mexico: Phyllodocidae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae and Pilargidae, with the description of *Ophioglycera lyra* a new species and comments on *Goniada distorta* Moore and *Scoloplos texana* Maciolek and Holland, Orbiniidae. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. **110**: 3: 457-470.
- Granados Barba, A. & V. Solís Weiss. 1997b. The polychaetous annelids of the oil platforms area from the southeastern Gulf of Mexico: Orbiniidae and Cossuridae. *Bulletin of Marine Science*. **6**: 3: 549-557.
- Granados Barba, A. & V. Solís Weiss. 1998. Les Spionidae (Annélides: Polychètes) de la zone des puits pétroliers de la région méridionale du Golfe du Mexique. *Vie Mielieu*. **48**: 2: 111-119..
- Granados Barba, A., V. Solís Weiss, M. A. Tovar Hernández & V. Ochoa Rivera. 2003. Distributions and diversity of the Syllidae (Annelida: Polychaeta) from the Mexican Gulf of Mexico and Caribbean. *Hydrobiologia*. **496**: 337-345.
- Gray, J. S. 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **12**: 223-261 pp.
- Gray, J. S. 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **250**: 23-49 pp.
- Gray, J. S. & T. H. Pearson. 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series*. **9**: 111-119 pp.
- Hartung, R. & B. D. Sinman. 1972. Environmental Mercury contamination. *Ann. Arbor Science*: pp.
- Henning, R. & I. Krönke. 2005. Seasonal variability of benthic indices: An approach to test the applicability of different indices for ecosystem quality assessment. *Marine Pollution Bulletin*. **50**: 1490-1499 pp.

- Hernández Alcántara, P. & V. Solís Weiss. 1995. Algunas comunidades macrobénticas asociadas al manglar (*Rhizophora mangle*) en la laguna de Términos, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*. **43**: 1-3: 117-129 pp.
- Hernández Arana, H. A. 1995. El concepto de suficiencia taxonómica aplicado a comunidades bénticas tropicales. CINVESTAV-IPN-Mérida. México. *Tesis Maestría*. 204 pp.
- Hernández Arana, H. A., A. A. Rowden, M. J. Attrill, R. M. Warwick & G. Gold Bouchot. 2003. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Est. Coast. Shelf. Sci.* **58**: 825-841 pp.
- Hernández Arana H., M. J. Attrill & G. Gold-Bouchot. 2005. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Estuarine and Coastal Shelf Science*. **58**(4): 825-841.
- Herrera Rodríguez, M. 1992. . Evaluación de los efectos de los hidrocarburos sobre la comunidad de nemátodos bénticos de vida libre de la plataforma continental de la Península de Yucatán. CINVESTAV-IPN-Mérida. México. *Tesis Maestría*. 161 pp.
- Hily, C. 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest. Université Bretagne Occidentale. *Thèse de Doctorat d'Etat*. Vol. 1:359, Vol.2: 337 pp.
- Hutchings, P. A. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation*. **7**: 1133-1145 pp.
- Krebs, C. J. 1994. The experimental analysis of distribution and abundance. New York, Harper Collins College Publishers.
- Kruskal, B. S. & M. Wish. 1991. Multidimensional scaling. Quantitative applications in the social sciences. USA, Beverly Hill, California, Sage Publications, 16 edition.
- Licea Durán, S. & H. Santoyo. 1991. Algunas características ecológicas del fitoplancton de la región central de la Bahía de Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. **18**: 2: 157-167 pp.
- López Granados, E. M. 1993. Estudio ecológico de los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de las familias: Spionidae, Nephtyidae y Nereididae de la Sonda de Campeche, México. ENEP. Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 90 pp.
- López, P. 1993. Algunos aspectos ecológicos acerca de la distribución y abundancia de los moluscos (Mollusca: Gasteropoda y Scaphopoda) en la porción Sureste del Golfo de México. Facultad de Ciencias Pesqueras, Universidad Autónoma del Carmen. México. *Tesis profesional*. 126 pp.
- Loring, D.H. 1979. Geochemistry of cobalt, nickel, chromium and vanadium in the sediments of the Estuary and Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal Earth Science*. **16**: 1196-1209.
- Luoma, S.N., Jenne, E.A. 1976. Estimating bioavailability of sediment-bound trace metals with chemical extractants. In: Trace substances in environmental health. DD Memphill (ed). Univ. Of Missouri, Columbia, MO 343-35 1.

- Macías Zamora, J. V., J. A. Villaescusa Celaya, A. Muñoz Barbosa & G. Gold Bouchot. 1999. Trace metals in sediment cores from the Campeche Shelf, Gulf of Mexico. *Environmental Pollution*. **104**: 1: 69-77 pp.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its measurement. Londres, Croom Helm. pp
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. System.* **3**: 36-71.
- Margalef, 1988. R., 1983. Limnología. Cap. Zooplancton (331-403). Ediciones Omega, Barcelona 1010 p.
- Méndez Jaime, C. 1993. Estudio químico de sedimentos recientes en la porción sur del Golfo de México. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 71 pp.
- Mendoza Cantú, M. E. 1994. Estudio geomorfológico de la porción sureste del golfo de México. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 69 pp.
- Mendoza Quintero-M., A., M. Herrera Rodríguez & G. Olguín Pascualli. 2004. Monitoreo Ambiental de la Actividad Petrolera en el Sur del Golfo de México. *En*: Rivera Arriaga, E., G. J. Villalobos Zapata, I. Azuz Adeath & F. Rosado May. El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad de Quintana Roo. Cap. 43: 654 pp.
- Merino, M. 1997. Upwelling on the Yucatan Shelf: hydrographic evidence. *Journal of Marine Systems*. **13**: 101-121 pp.
- Miranda Vázquez, L. 1993. Estudio de las comunidades de poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la Plataforma Continental externa del Sur del Golfo de México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis profesional*. 148 pp.
- Monreal Gómez, A. & D. A. Salas de León. 1990. Simulación de la circulación de la Bahía de Campeche. *Geofísica Inerternacional*. **29**: 2: 101-111 pp.
- Monreal Gómez, A., D. A. Salas de León, A. R. Padilla Pilzote & M. A. Alatorre Mendieta. 1992. Hidrografía y estimación de corrientes de densidad en el sur de la Bahía de Campeche. *Ciencias Marinas*. **18**: 4: 115-133 pp.
- Monreal Gómez, A. & D. A. Salas de León. 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. *En*: Lavín, M. F. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana. México: 183-199 pp.
- Muniz, P., N. Venturini, A. M. S. Pires-Vanin, L. R. Tommasi & A. Borja. 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*. **50**: 6: 624-637 pp.
- Muxika, I., A. Borja & J. Franco. 2003. The use of a biotic index (AMBI) to identify spatial and temporal impact gradients on benthic communities in an estuarine area. *ICES CM 2003/Session J-01, Tallinn (Estonia), 24-28 September, 2003.*: pp.



- Muxika, I., A. Borja & W. Bonne. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*. **5**: 1: 19-31 pp.
- Myers, A. A. & T. Southgate. 1980. Artificial substrates as a means of monitoring rocky shore cryptofauna. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. **60**: 963-975 pp.
- Ochoa, S. A., G. E. Halffter & R. Ibarra. 1973. Estudio de la contaminación en el Bajo Río Coatzacoalcos. Primeros Trabajos. Primer Seminarios sobre la evaluación de la Contaminación Ambiental. México, D. F. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Mexicano de Recursos Renovables.
- Ortiz-Hernández, M. C. 1990. Los poliquetos de la Sonda de Campeche y Canal de Yucatán. Su relación con los hidrocarburos. CINVESTAVP, IPN. Mérida, Yucatán. *Tesis de Maestría*. 99 pp.
- Páez Osuna, F. 2005. Fuentes de metales en la zona costera marina. 329-342 pp. *En*: Botello, A. V., J. Rendon Von Osten, G. Gold Bouchot & C. Agraz-Hernández. Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. México: 696 pp.
- Páez Osuna, F., A. V. Botello & S. F. Villanueva. 1986. Heavy metals in Coatzacoalcos estuary and Ostion lagoon, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. **11**: 516-519 pp.
- Pearson, T. H. & R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic sucesion in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **16**: 229-311 pp.
- Pielou, E. C. 1969. Introduction to Mathematical Ecology. New York, John Wiley and Sons.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. New York, John Wiley and Sons.
- Quintero Cuevas, M. & F. Jaime Enríquez. 1992. Procesamiento y comparación de la configuración de datos oceanográficos desde un punto de vista topográfico. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis Profesional*. 195 pp.
- Quintero Mármol, A., M. Herrera Rodríguez & G. Olgún Pascualli. 2004. Monitoreo Ambiental de la Actividad Petrolera en el Sur del Golfo de México. *En*: Rivera Arriaga, E., G. J. Villalobos Zapata, I. Azuz Adeath & F. Rosado May. El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad de Quintana Roo. México: 654 pp.
- Rakocinski, C. F., S. S. Brown, G. R. Gaston, R. W. Heard, W. W. Walker & J. K. Summers. 1997. Macrobenthic responses to natural and contaminant-related gradients in Northern Gulf of Mexico estuaries. *Ecological Applications*. **7**: 4: 1278-1298 pp.
- Rakocinski, C. F., S. S. Brown, G. R. Gaston, R. W. Heard, W. W. Walker & J. K. Summers. 2000. Species-abundance-biomass responses by estuarine macrobenthos to sediment chemical contamination. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*. **7**: 201-214 pp.
- Rodríguez Villanueva, V. 1993. Los poliquetos (Annelida:Polychaeta) de la plataforma continental interna del sur del Golfo de México; abundancia, distribución y diversidad. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. *Tesis profesional*. 128 pp.

## 1. Anexo I

Tabla 1. Especies asignadas a los grupos ecológicos según el género más cercano o con su familia.

Espece	Grupo al que se asignó	Género o Familia con la que se asignó
<i>Aonidella dayi</i>	III	Spionidae
<i>Augeneria bidens</i>	I	<i>Augeneria</i> sp.
<i>Dasybranchus lunulatus</i>	III	<i>Dasybranchus</i>
<i>Decamastus gracilis</i>	III	Capitellidae
<i>Diopatra neotridens</i>	I	<i>Diopatra</i>
<i>Diopatra tridentata</i>	I	<i>Diopatra</i>
<i>Euclymene</i> sp.	II	Maldanidae
<i>Fabricinuda trilobata</i>	II	Sabellidae
<i>Hippolyte curacaoensis</i>	I	<i>Hippolyte</i>
<i>Hippomedon serratus</i>	I	<i>Hippomedon</i>
<i>Kinbergonuphis cedroensis</i>	II	Onuphidae
<i>Kinbergonuphis oligobranchiata</i>	II	Onuphidae
<i>Kinbergonuphis orensanzi</i>	II	Onuphidae
<i>Kinbergonuphis pulchra</i>	II	Onuphidae
<i>Kinbergonuphis simoni</i>	II	Onuphidae
<i>Kinbergonuphis</i> sp.	II	Onuphidae
<i>Kinbergonuphis virgata</i>	II	Onuphidae
<i>Latirus concentricus</i>	I	<i>Notirus</i>
<i>Latirus</i> sp.	I	<i>Notirus</i>
<i>Lepidasthenia varius</i>	I	<i>Lepidasthenia</i>
<i>Mooreonuphis</i> sp.	II	Onuphidae
<i>Mooreonuphis dangrigae</i>	II	Onuphidae
<i>Mooreonuphis nebulosa</i>	II	Onuphidae

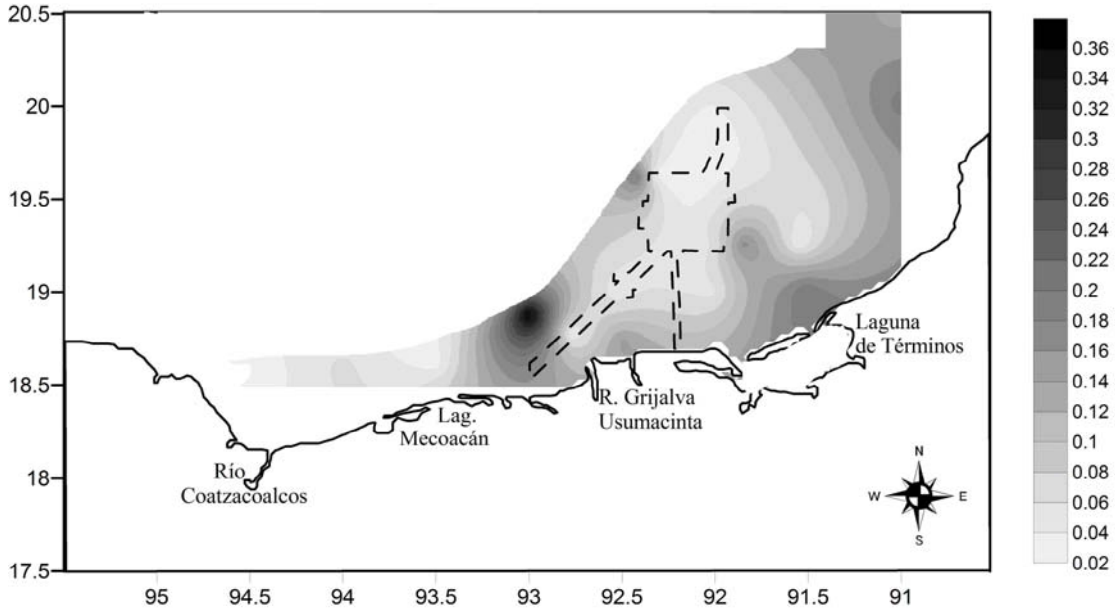
*Estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica y calidad ambiental de la Bahía de Campeche en tres temporadas de nortes.*

<i>Mooreonuphis stigmatis</i>	II	Onuphidae
<i>Opisthodonta spinigera</i>	II	<i>Opisthodonta</i>
<i>Paradiopatra hartmanae</i>	I	<i>Paradiopatra</i>
<i>Sthenelais articulata</i>	II	<i>Sthenelais</i>
<i>Websterinereis tridentata</i>	III	<i>Websterinereis</i>

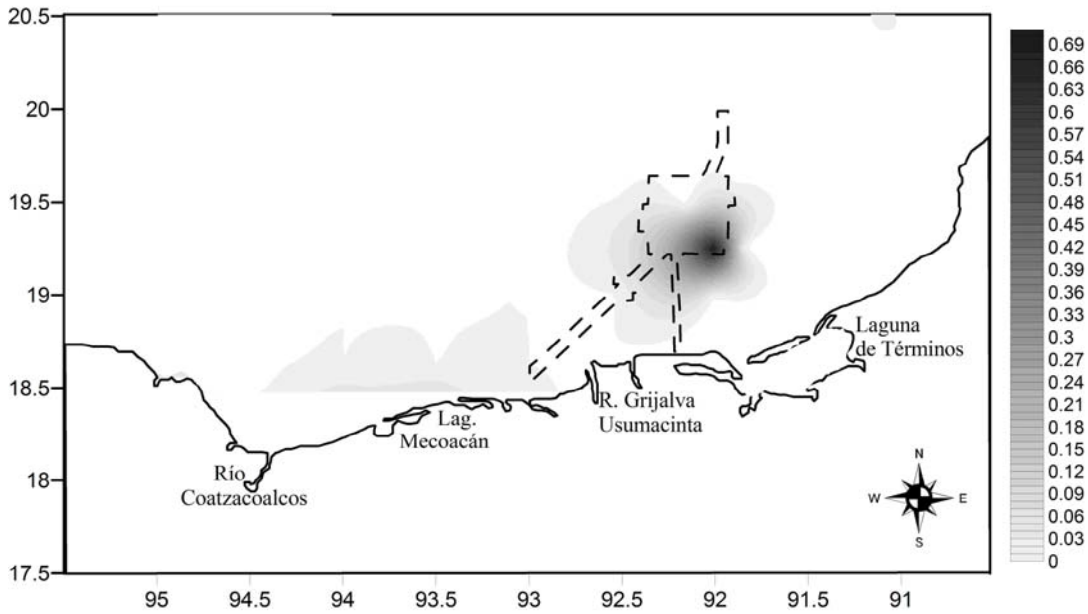
**Anexo II**

**Figura 1. Distribución de la concentración del Aluminio en las tres campañas.**

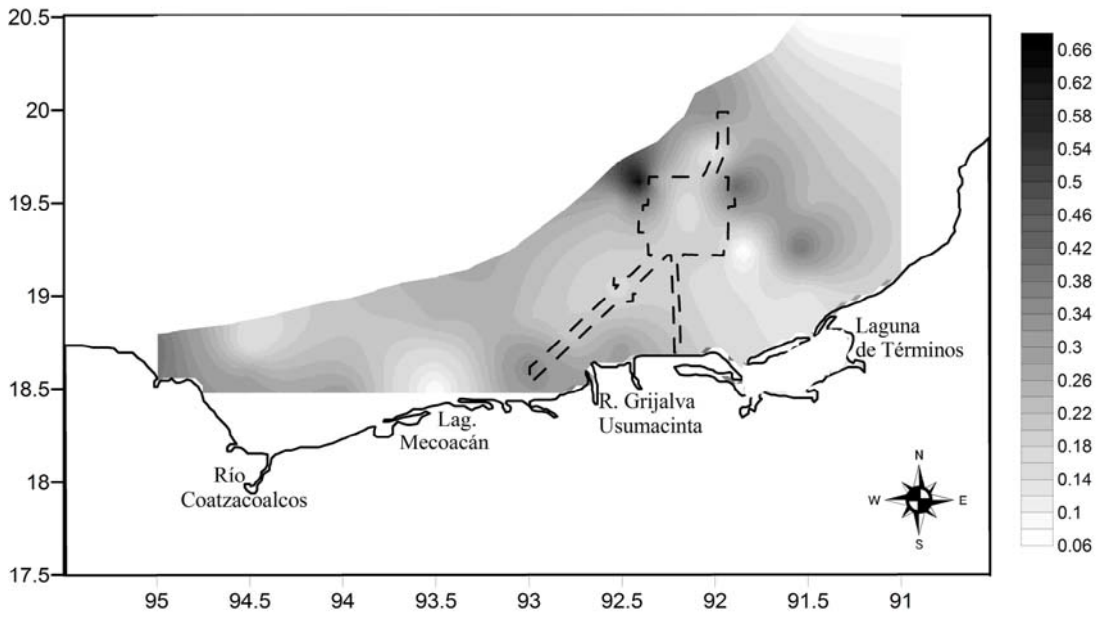
Al SGM6



Al SGM7

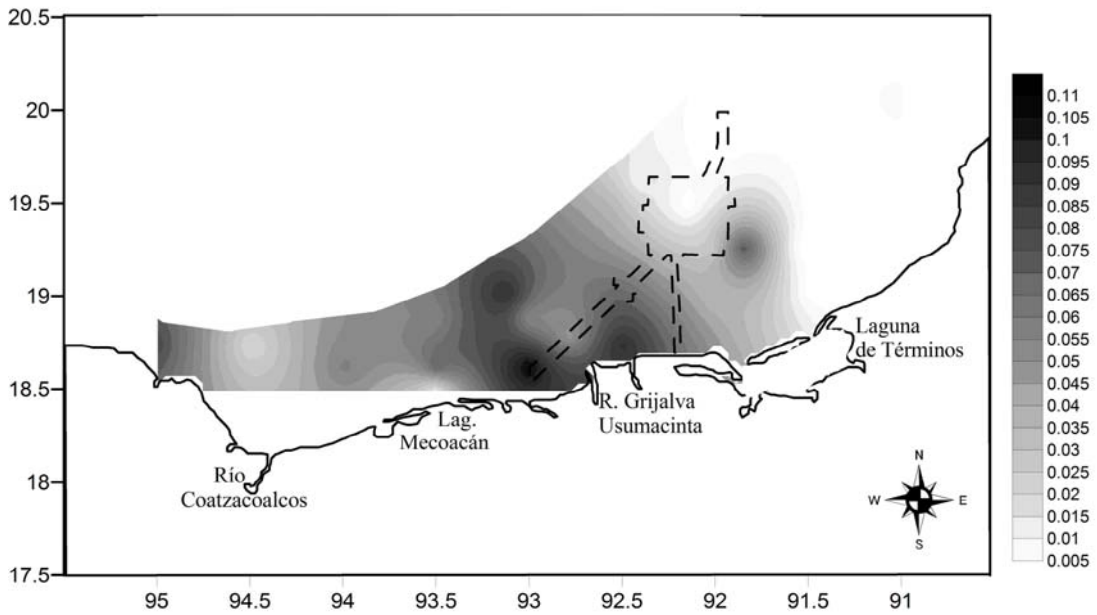


Al SGM8

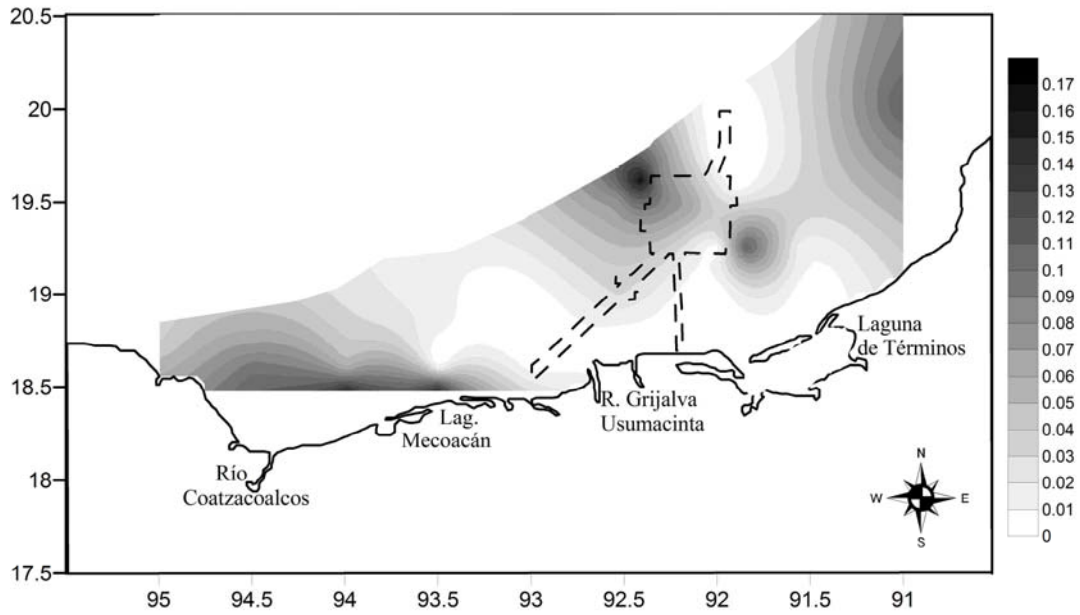


**Figura 2. Distribución de la concentración del Bario en las tres campañas.**

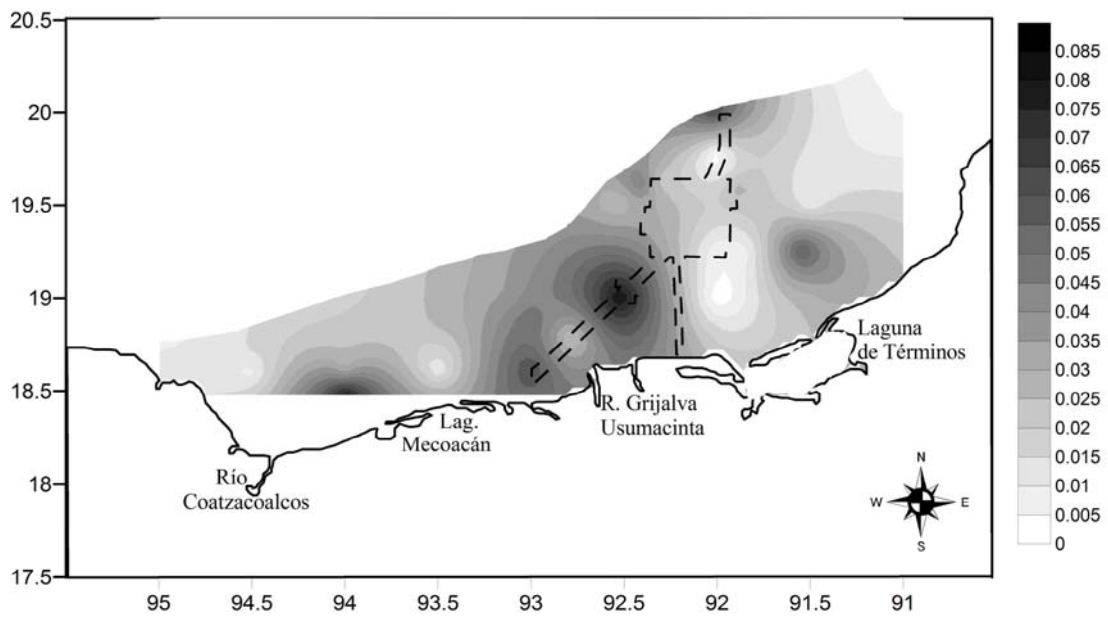
Ba SGM6



BaSGM7

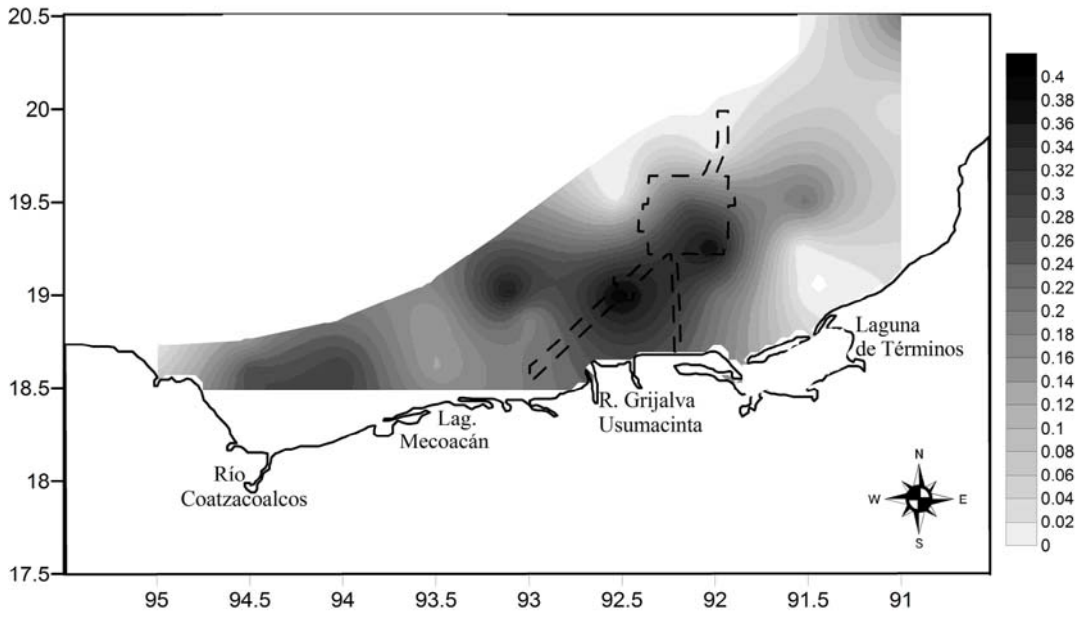


Ba SGM8

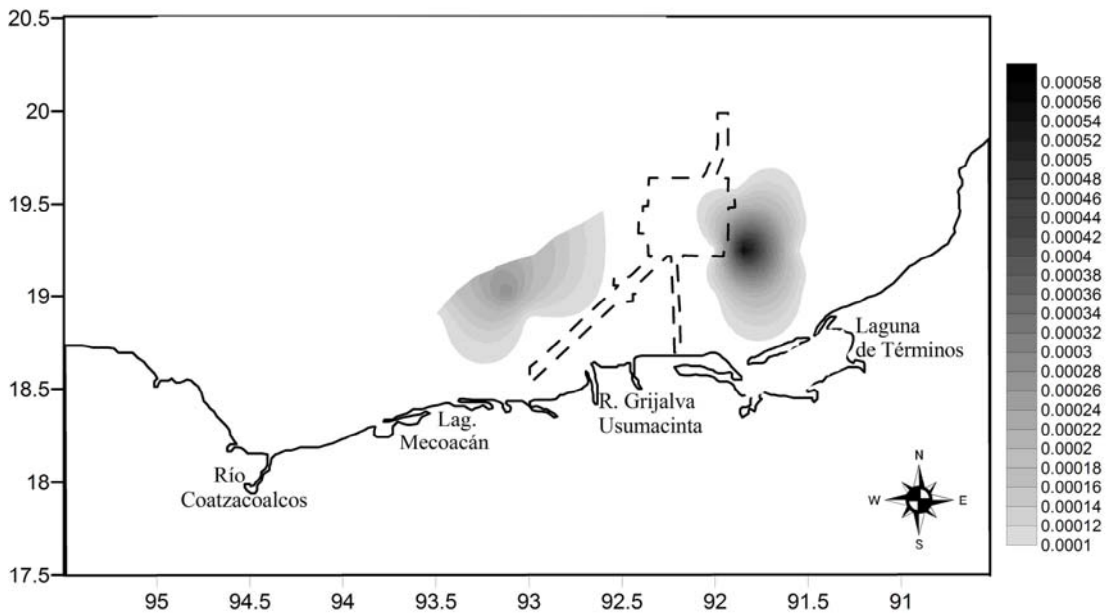


**Figura 3. Distribución de la concentración del Cadmio en las tres campañas.**

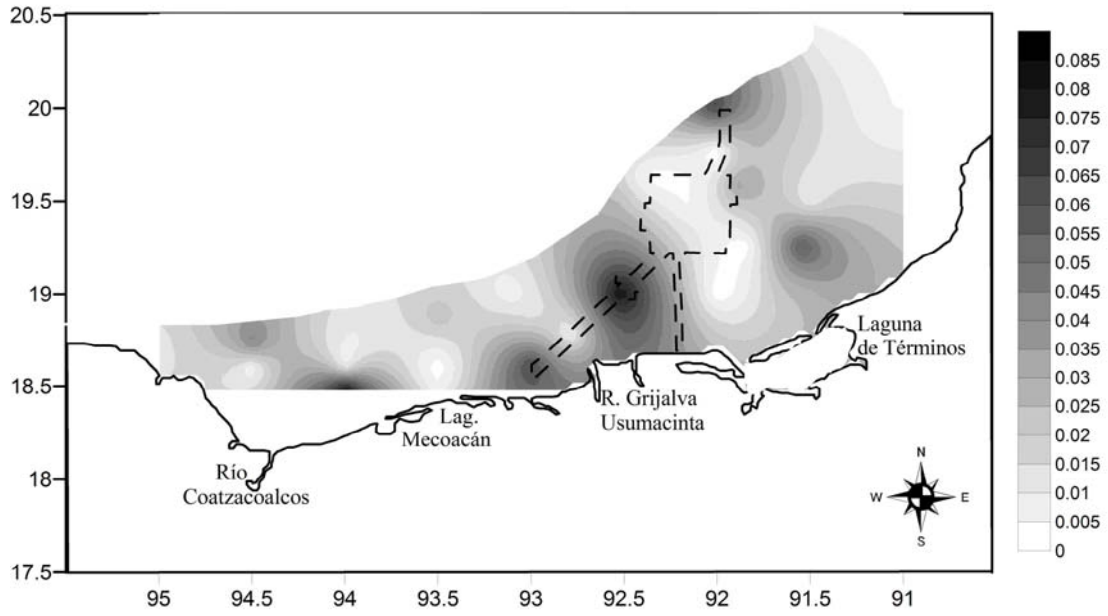
Cd SGM6



Cd SGM7

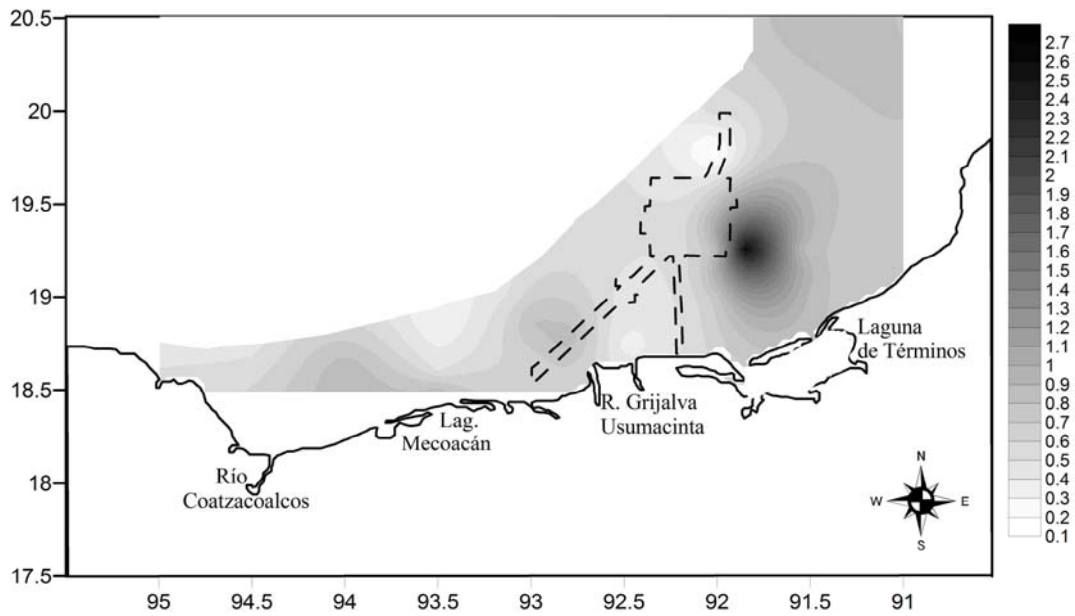


Cd SGM8



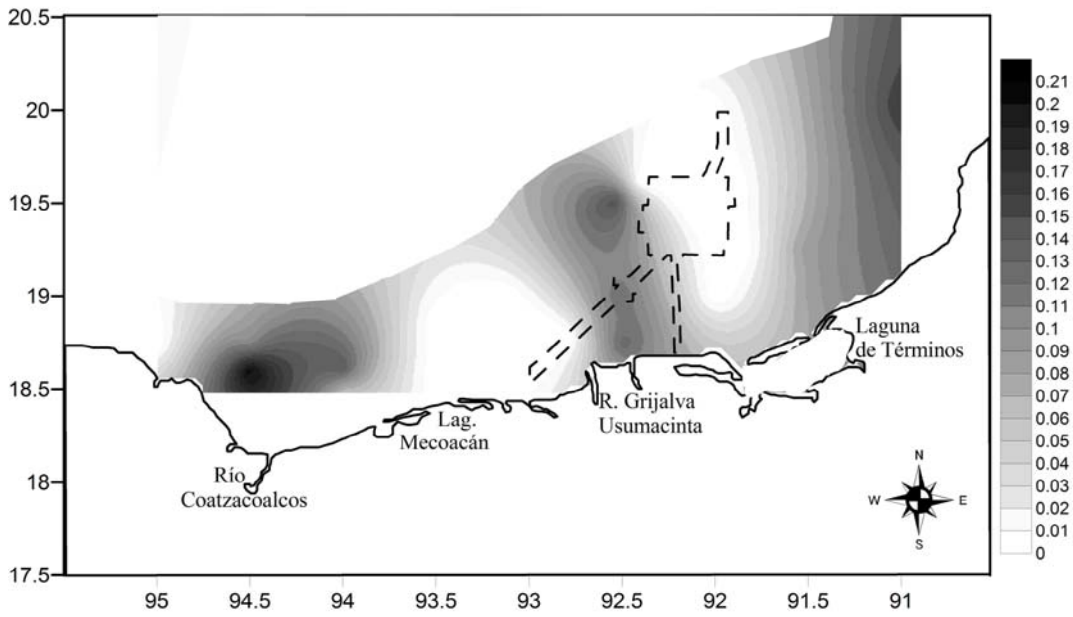
**Figura 4. Distribución de la concentración del Cobalto en las tres campañas.**

Co SGM6

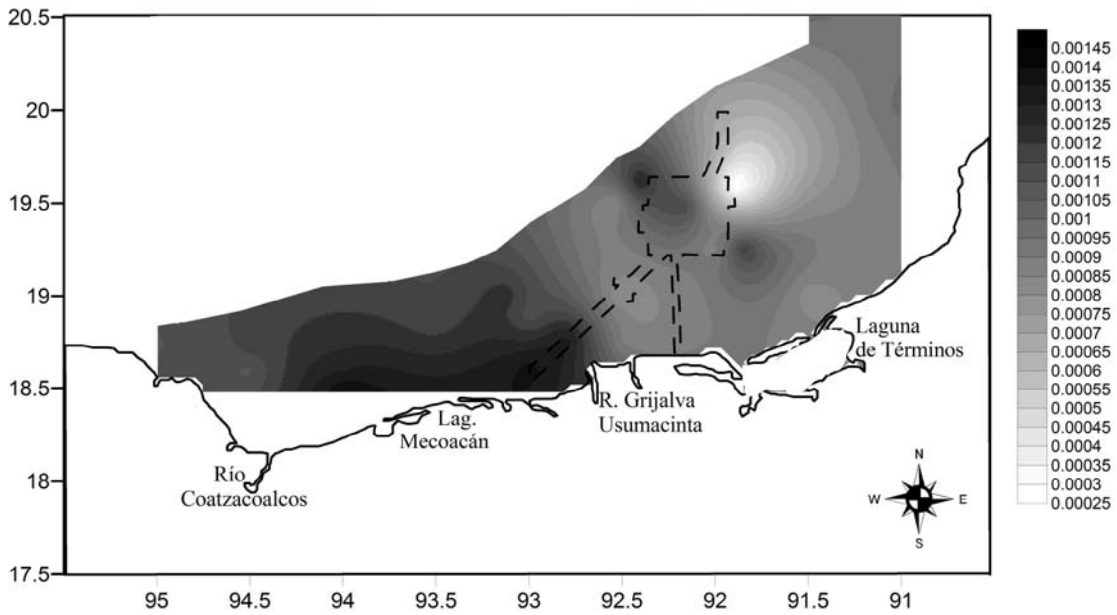




Co SGM7

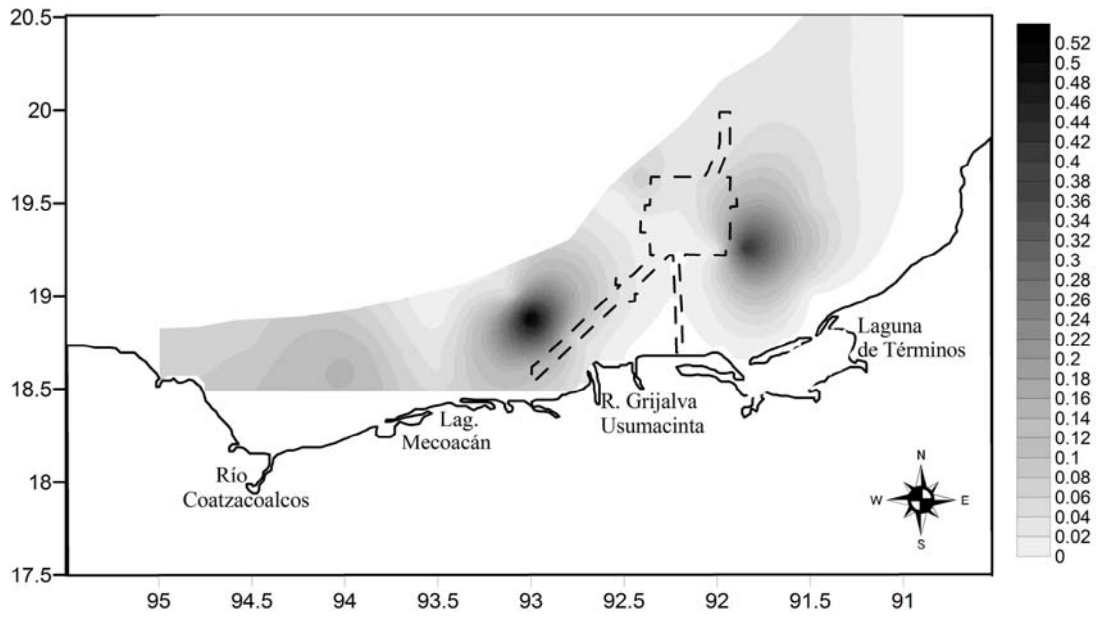


Co SGM8

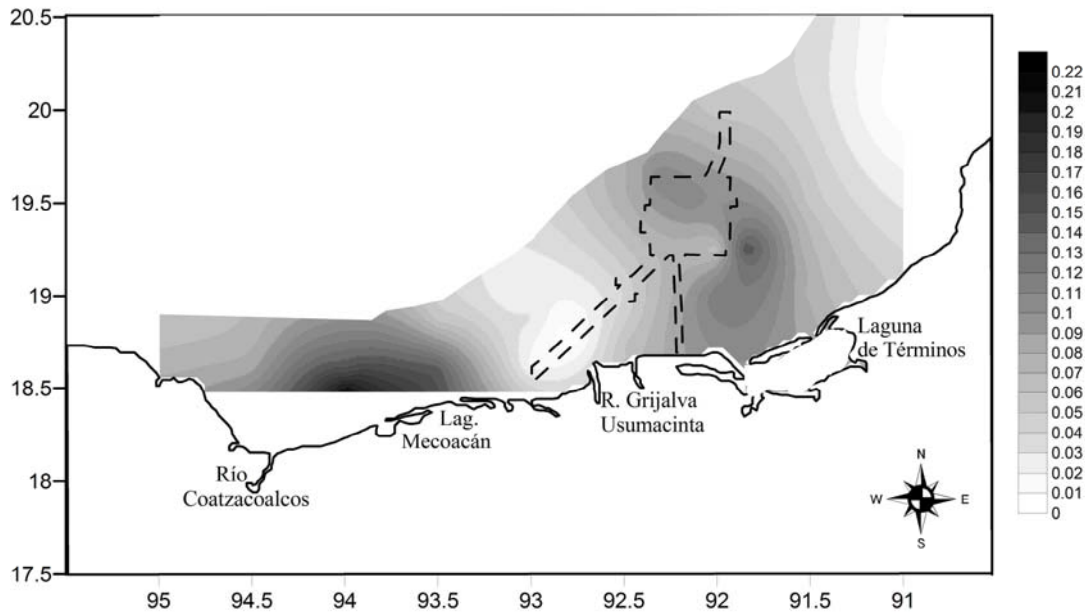


**Figura 5. Distribución de la concentración del Hierro en las tres campañas.**

Fe SGM6

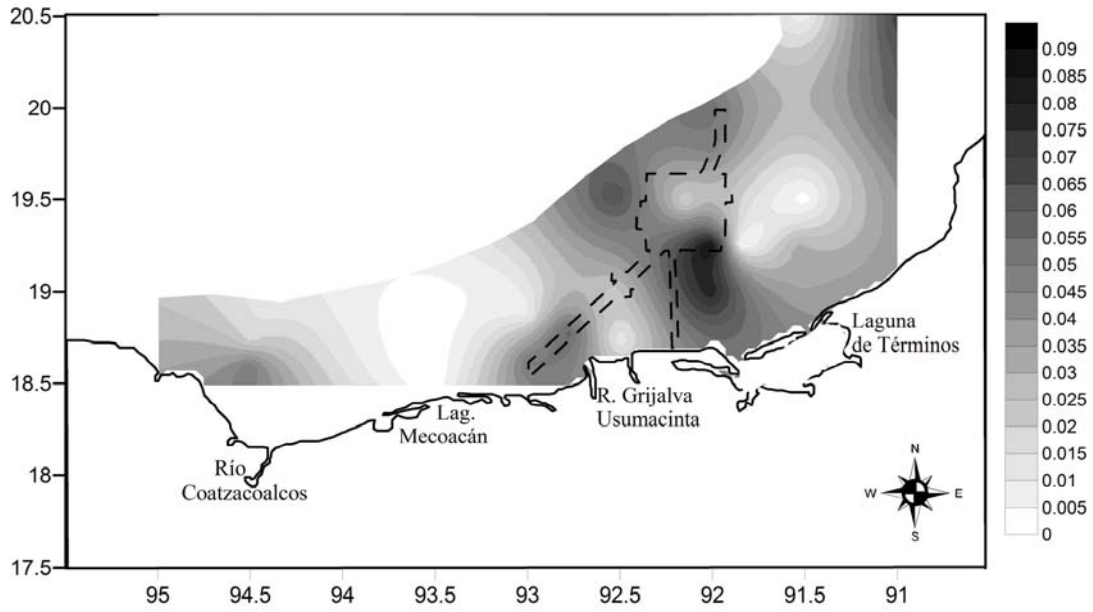


Fe SGM7

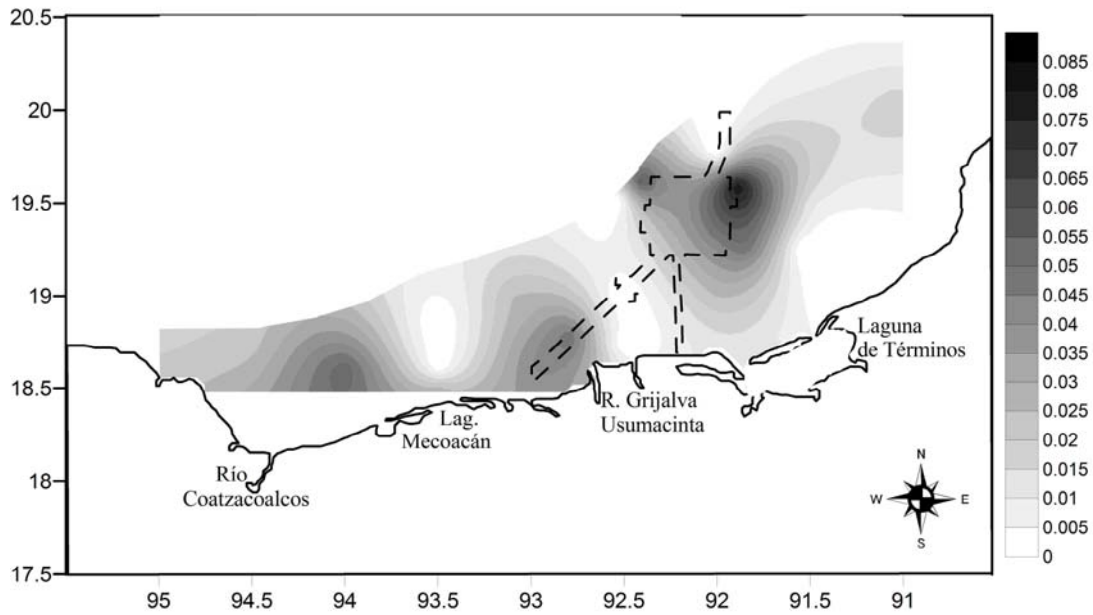


**Figura 6. Distribución de la concentración del Níquel en las tres campañas.**

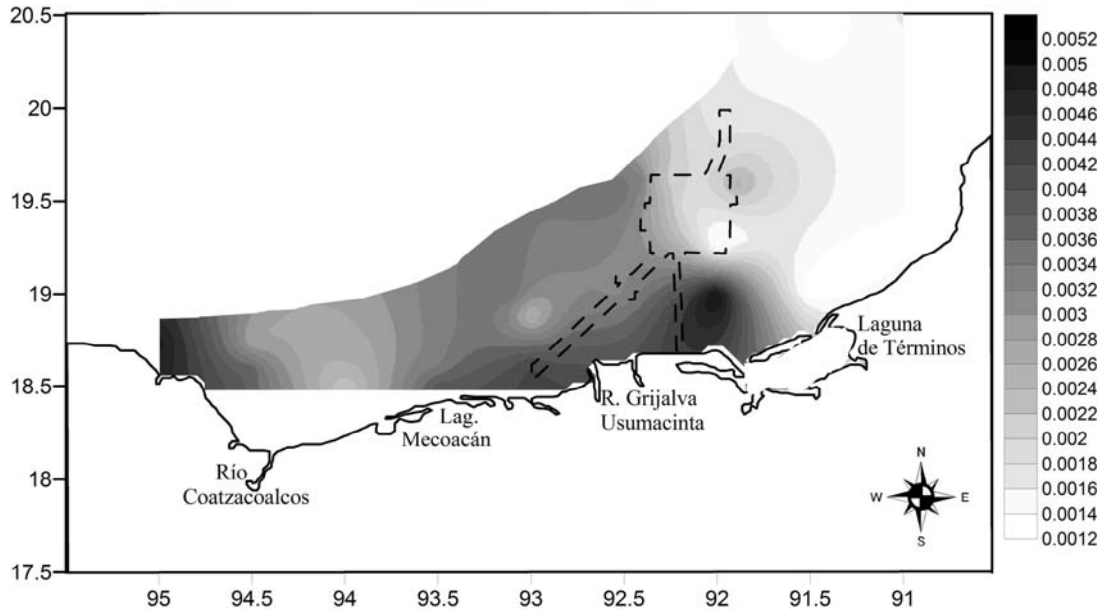
Ni SGM6



Ni SGM7

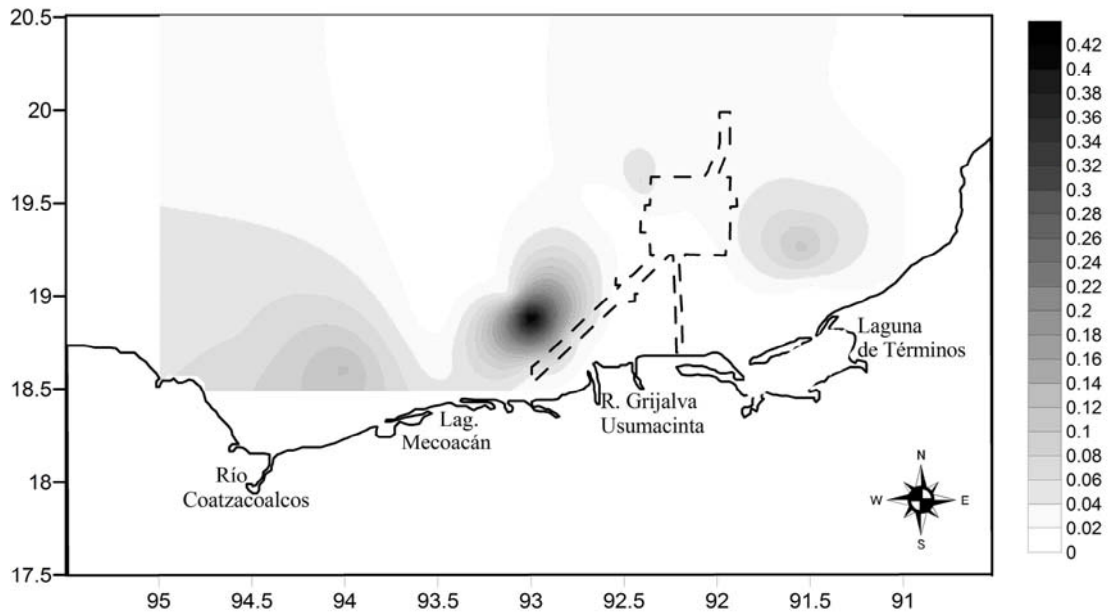


Ni SGM8

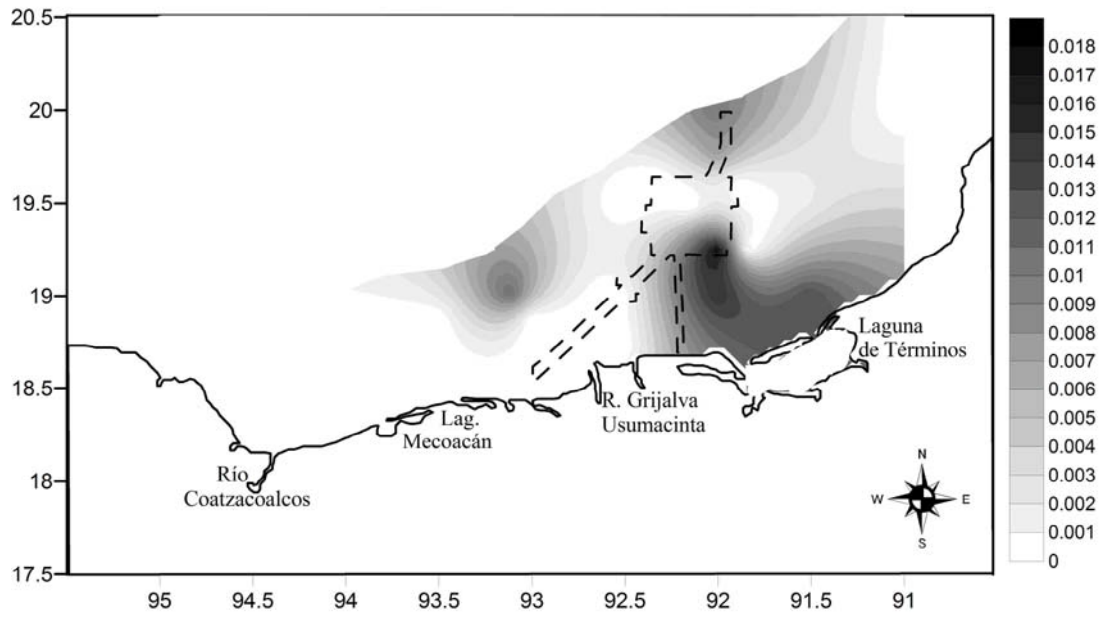


**Figura 7. Distribución de la concentración del Plomo en las tres campañas.**

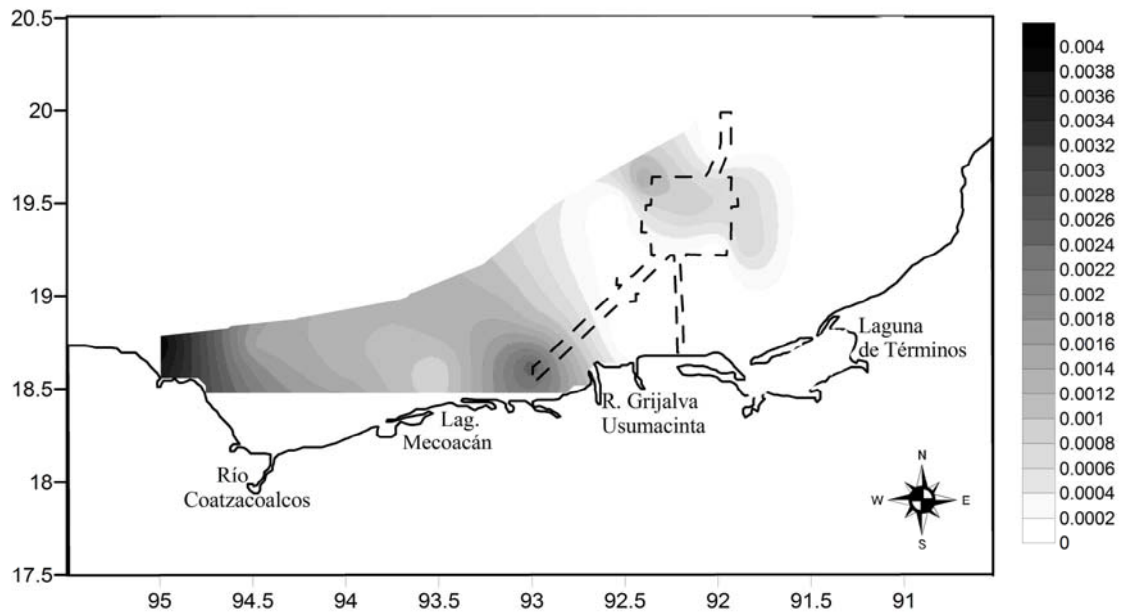
Pb SGM6



Pb SGM7

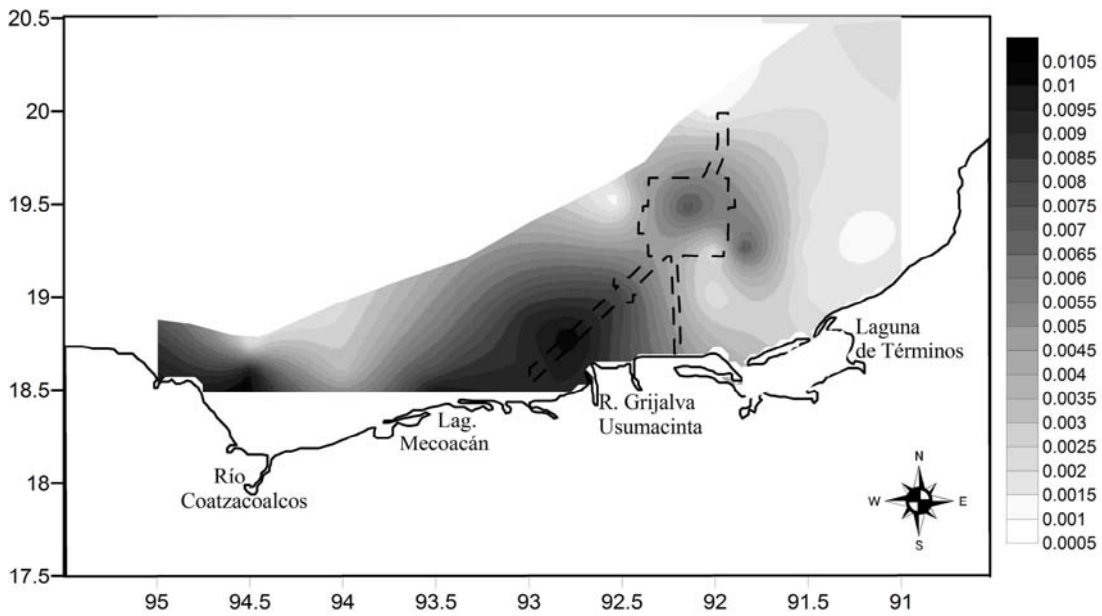


**Pb SGM8**

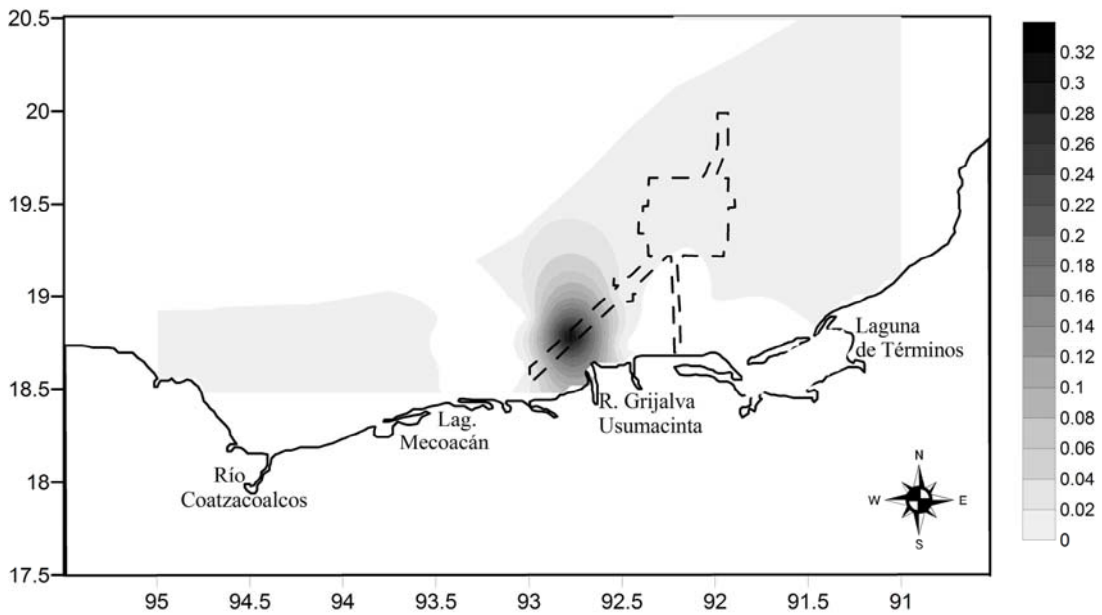


**Figura 8. Distribución de la concentración del Vanadio en las tres campañas.**

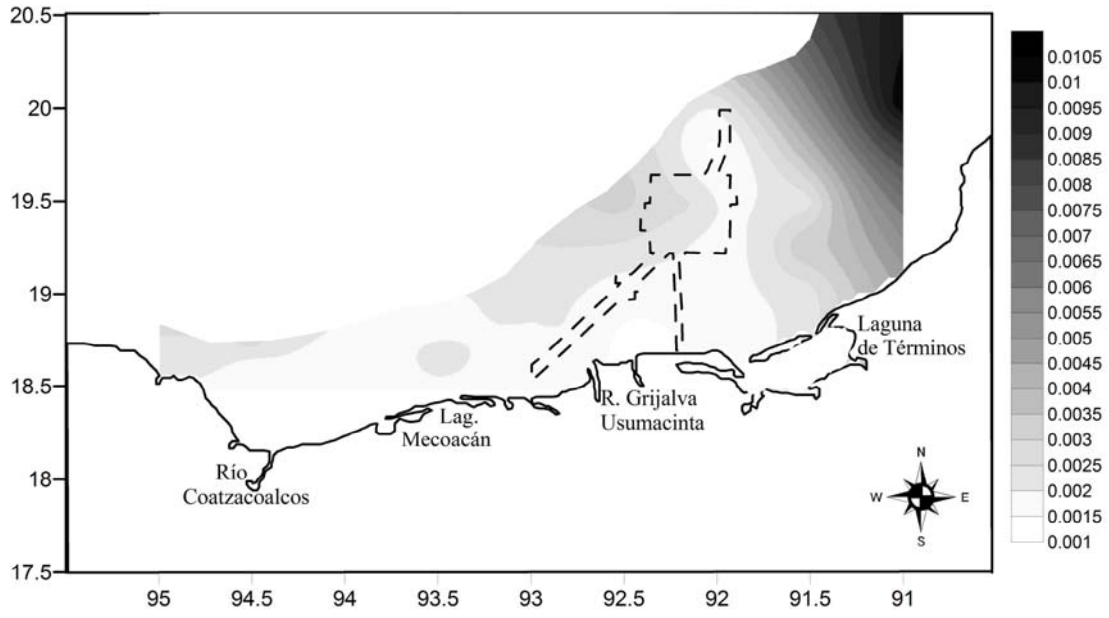
V SGM6



V SGM7



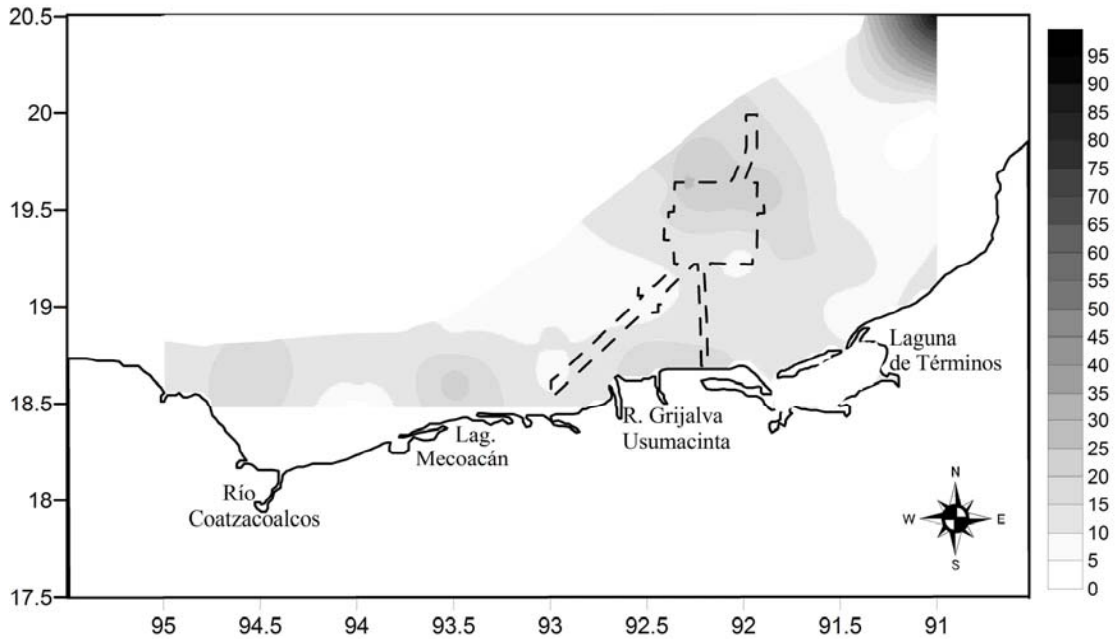
V SGM8



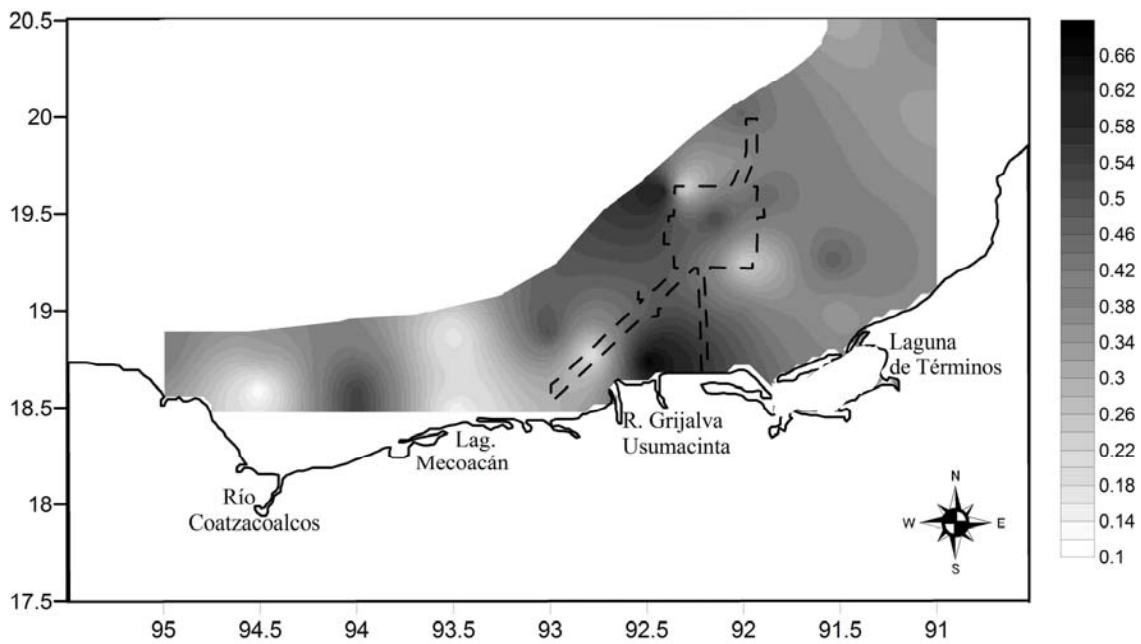
### Anexo III

**Distribución de las concentraciones de Hidrocarburos (totales y HAP's) en al zona de estudio, también se muestra la zona de complejos petroleros en la Sonda de Campeche.**

HC totales SGM6

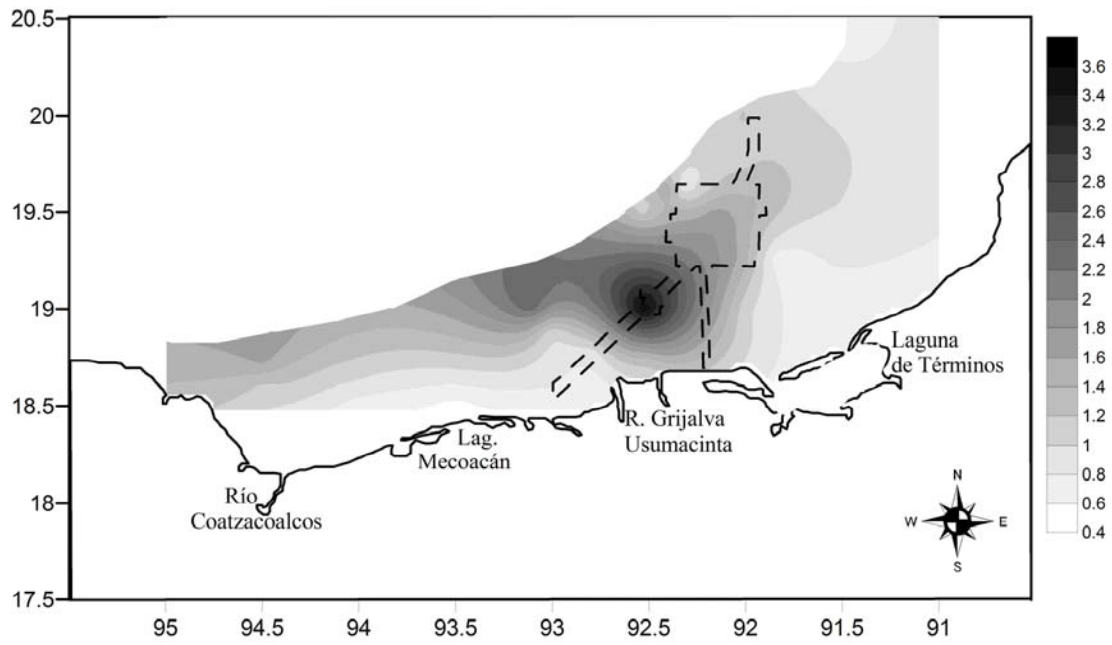


HC Totales SGM7

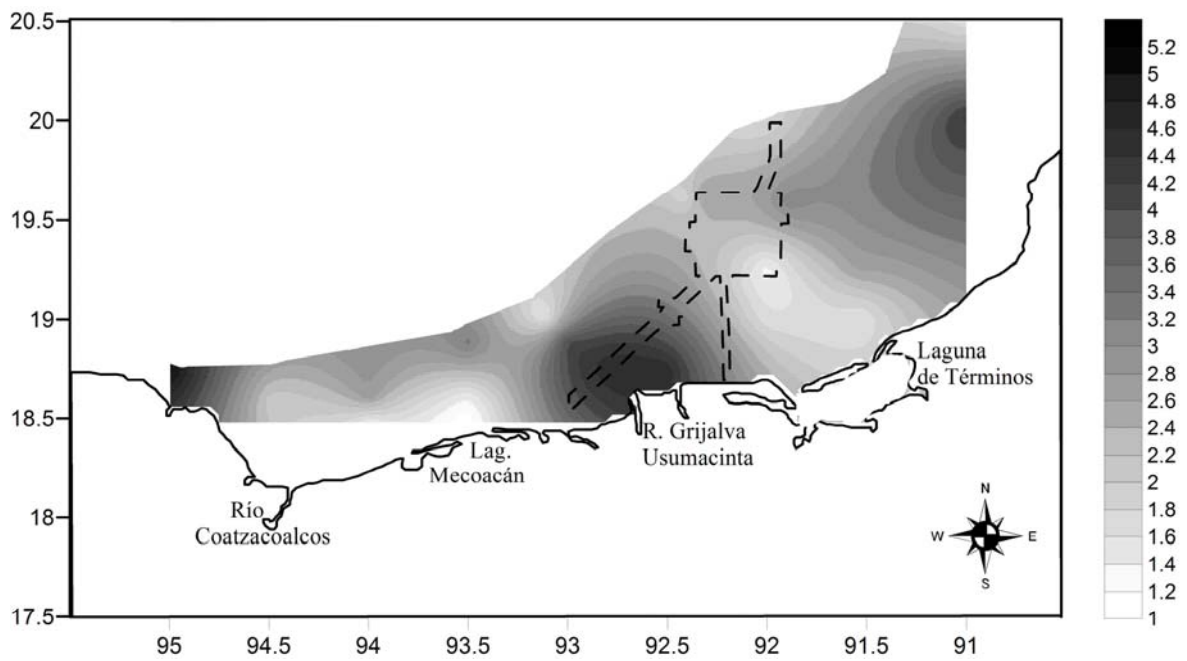




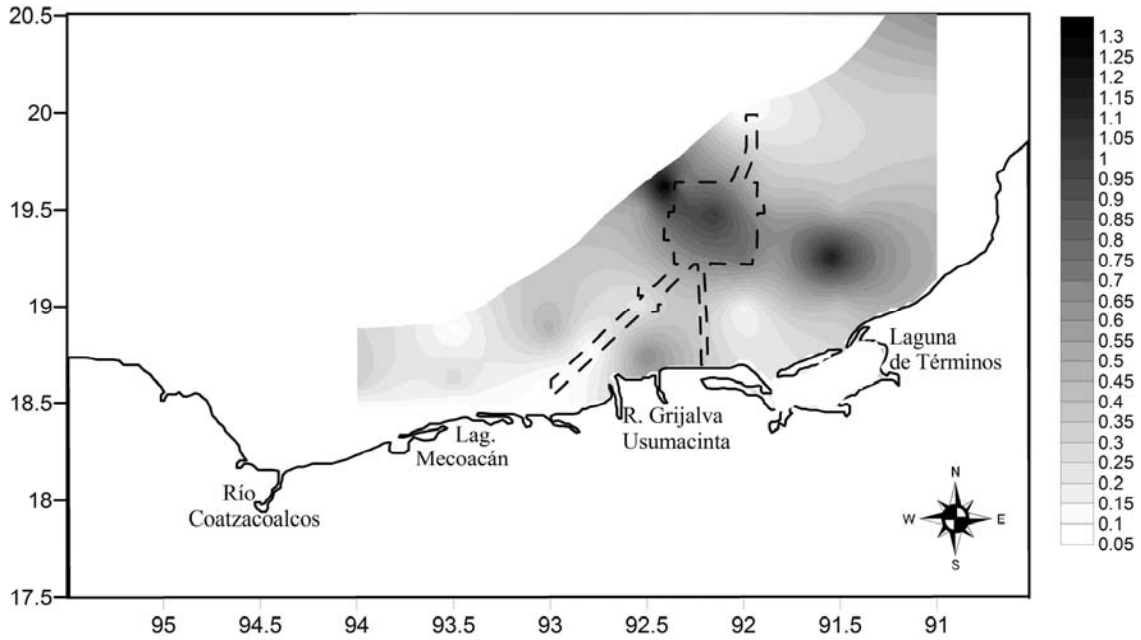
HC Totales SGM8



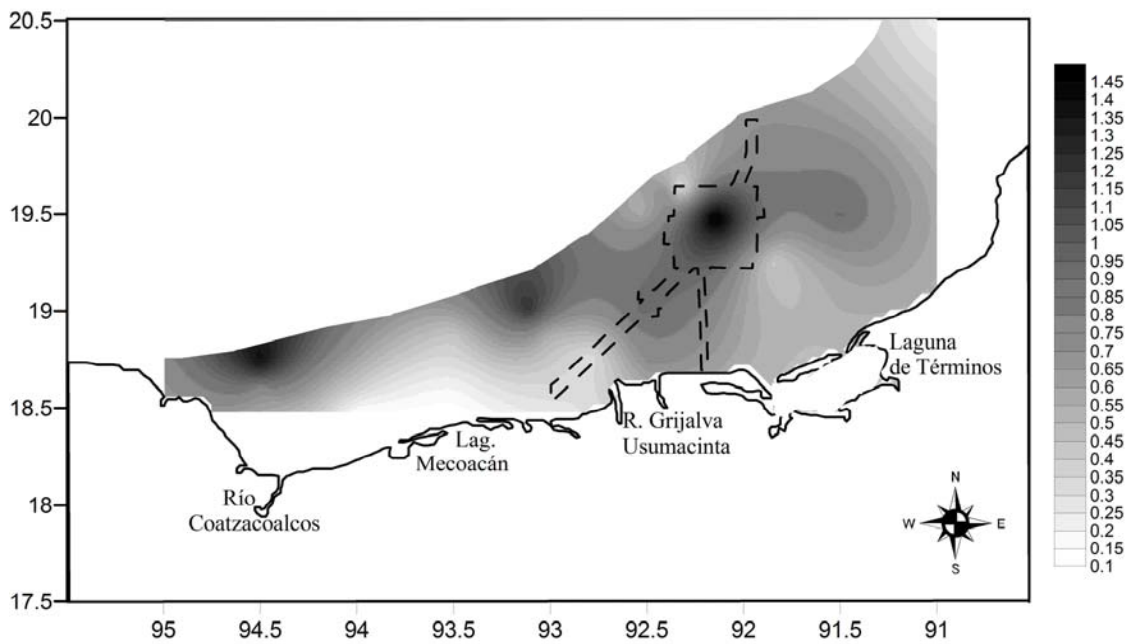
HAP's SGM6



HAP's SGM7



HAP's SGM8



## Anexo IV

### LISTA SISTEMÁTICA DE LAS ESPECIES

**Phylum: Annelida** Lamarck, 1802

**Clase: Polychaeta** Grube, 1850

#### SCOLECIDA

**Familia: Capitellidae** Grube 1862

**Género:** *Notomastus* Sars, 1850

**Especie:** *Notomastus americanus* Day, 1973

*Notomastus daueri* Ewing, 1982

*Notomastus lineatus* Claparède, 1870

*Notomastus lobatus* Hartman, 1947

*Notomastus tenuis* Moore, 1909

*Notomastus hemipodus* Hartman, 1945

*Notomastus* sp.1

**Género:** *Dasybranchus* Grube, 1850

**Especie:** *Dasybranchus lunulatus* Ehlers, 1887

**Género:** *Decamastus* Hartman 1963

**Especie:** *Decamastus gracilis* Hartman, 1963

**Género:** *Leiocapitella* Hartman, 1947

**Especie:** *Leiocapitella* sp. 1

**Especie:** *Leiochrides* sp. 1

**Género:** *Mediomastus* Hartman, 1944

**Especie:** *Mediomastus californiensis* Hartman, 1944

**Género:** *Mastobranhus* Eising, 1887

**Especie:** *Mastobranhus variabilis* Ewing, 1984

*Género 2*

**Familia: Cossuridae** Day, 1963

**Género:** *Cossura* Webster y Benedict, 1887

**Especie:** *Cossura delta* Reish, 1958

**Familia: Maldanidae** Malmgren, 1867

**Género:** *Axiothella* Verrill, 1900

**Especie:** *Axiothella* sp. A Wolf, 1984

**Género:** *Euclymene* Verrill, 1900

**Especie:** *Euclymene* sp. A Wolf, 1984

*Euclymene* sp. B Wolf, 1984

**Género:** *Sabaco* Kinberg, 1867

**Especie:** *Sabaco elongatus* (Verrill, 1873)

**Familia: Opheliidae** Malmgren, 1867

**Género:** *Armandia* Filipi, 1861

**Especie:** *Armandia maculata* (Webster, 1884)

**Género:** *Ophelia* Savigny, 1820

**Especie:** *Ophelia denticulatus* Verrill, 1875

**Familia Orbiniidae** Hartman, 1942

**Género:** *Leitoscoloplos* Day, 1977

**Especie:** *Leitoscoloplos fragilis* (Verrill, 1873)

**Género:** *Naineris* Blainville, 1828

**Especie:** *Naineris* sp. A Taylor, 1984

**Género:** *Scoloplos* Blainville, 1828

**Especie:** *Scoloplos* (*Scoloplos*) *capensis* (Day, 1961)

*Scoloplos* (*Leodamas*) *rubra* (Webster, 1879)

*Scoloplos* (*Scoloplos*) *texana* Macioleck y Holland, 1978

**Género:** *Orbinia* Quatrefages, 1865

**Especie:** *Orbinia americana* Day, 1973

*Orbinia* sp.1

**Familia Paraonidae** Cerruti, 1909

**Género:** *Aricidea* Webster, 1879

**Especie:** *Aricidea* (*Acmira*) *cerrutii* Lubier, 1966

*Aricidea* (*Acmira*) *finitima* Strelzov, 1973

*Aricidea* (*Acmira*) *lopezi* Berkeley & Berkeley, 1956

*Aricidea* (*Acmira*) *phibinae* Brown, 1976

*Aricidea* (*Acmira*) *simplex* Day, 1963

*Aricidea* (*Acmira*) *taylori* Pettibone, 1965

*Aricidea* (*Allia*) *claudiae* Laubier, 1967

*Aricidea* (*Allia*) *quadrilobata* Webster & Benedict, 1887

*Aricidea* (*Allia*) *suecica* Eliason, 1920

*Aricidea* (*Aricidea*) *fragilis* Webster, 1879

*Aricidea* (*Aricidea*) *wassi* Pettibone, 1965

*Aricidea* *pseudoarticulata* Hobson, 1972

*Aricidea* sp.1

*Aricidea* sp.2

**Género:** *Cirroporus* Ehlers, 1908

**Especie:** *Cirroporus armatus* (Glémarec, 1966)

*Cirroporus furcatus* (Hartman, 1957)

*Cirroporus lyra* (Southern, 1914)

**Género:** *Levinsenia* Mesnil, 1897

**Especie:** *Levinsenia gracilis* (Tauber, 1879)

**PALPATA**

**Canalipalpata**

**Sabellida**

**SABELLIDA**

**Familia Oweniidae** Rioja, 1917

**Género:** *Owenia* Delle Chiaje, 1841

**Especie:** *Owenia* sp. A Milligan, 1917

**Género:** *Myriochele* Malmgren, 1867

**Especie:** *Myriochele oculata* Zaks, 1923

*Myriochele* sp.A Milligan, 1984

**Familia Sabellidae** Malmgren, 1867

**Género:** *Bispira* Kroeyer, 1856

- Especie:** *Bispira melanostigma* (Schmarda, 1861)  
**Género:** *Chone* Kröyer, 1856  
**Especie:** *Chone americana* Day, 1973  
*Chone duneri* Malmgren, 1867  
*Chone* sp. A. Uebelacker, 1984  
**Género:** *Euchone* Malmgren, 1865  
**Especie:** *Euchone incolor* Hartman, 1965  
*Euchone* sp. A Uebelacker, 1984  
**Género:** *Fabricinuda* Fitzhugh, 1990  
**Especie:** *Fabricinuda trilobata* (Fitzhugh, 1983)  
**Especie:** *Megalomma bioculatum* (Ehlers, 1887)

### SPIONIDA

#### Familia Spionidae ( Grube, 1850)

- Género:** *Aonidella* Macioleck, 1983  
**Especie:** *Aonidella dayi* Macioleck, 1983  
**Género:** *Aonides* Claparède, 1864  
**Especie:** *Aonides mayaguezensis* Foster, 1969  
**Género:** *Laonice* Malmgren, 1867  
**Especie:** *Laonice cirrata* (Sars, 1851)  
**Género:** *Malacoceros* Quatrefages, 1843  
**Especie:** *Malacoceros indicus* (Fauvel, 1928)  
**Género:** *Microspio* Mesnil, 1896  
**Especie:** *Microspio pigmentata* (Reish, 1959)  
**Género:** *Paraprionospio* Caullery, 1914  
**Especie:** *Paraprionospio pinnata* (Ehlers, 1901)  
**Género:** *Apoprionospio* Foster, 1969  
**Especie:** *Apoprionospio dayi* (Foster, 1969)  
**Género:** *Prionospio* Malmgren, 1867  
*Prionospio (Aquilaspio)?* sp.  
*Prionospio (Minuspio) delta* (Hartman, 1965)  
*Prionospio (Minuspio) multibranchiata* (Berkeley, 1927)  
*Prionospio (Minuspio) perkinsi* (Macioleck, 1985)  
*Prionospio (Minuspio) sp.2*  
*Prionospio (Prionospio) cristata* (Foster, 1971)  
*Prionospio (Prionospio) dubia* (Day, 1961)  
*Prionospio (Prionospio) ehlersi* Fauvel, 1928  
*Prionospio (Prionospio) fallax* Söderström, 1920  
*Prionospio (Prionospio) sp.1*  
*Prionospio (Prionospio) steenstrupi* Malmgren, 1867  
**Género:** *Scolecopsis* Blainville, 1828  
**Especie:** *Scolecopsis (Scolecopsis) squamata* (O.F. Müller, 1806)  
*Scolecopsis (Parascolecopsis) texana* Foster, 1971  
*Scolecopsis* sp. 1  
**Género:** *Spio* Fabricius, 1785  
**Especie:** *Spio* sp.  
**Género:** *Spiophanes* Grube, 1860  
**Especie:** *Spiophanes bombyx* (Claparède, 1870)  
*Spiophanes duplex* Chamberlin, 1919  
*Spiophanes kroeyeri* Grube, 1860  
*Spiophanes wigleyi* Pettibone, 1962

*Spiophanes* sp.1

**Familia: Magelonidae** Cunningham y Ramaje, 1888

**Género:** *Magelona* Müller, 1858

**Especie:** *Magelona polydentata* Jones, 1963

*Magelona pettiboneae* Jones, 1963

*Magelona phyllisae* Jones, 1963

*Magelona* sp. A Uebelacker y Jones, 1984

*Magelona* sp. B Uebelacker y Jones, 1984

*Magelona* sp. F Uebelacker y Jones, 1984

*Magelona* sp. G Uebelacker y Jones, 1984

*Magelona* sp. H Uebelacker y Jones, 1984

*Magelona* sp. J Uebelacker y Jones, 1984

*Magelona* sp. K Uebelacker y Jones, 1984

*Magelona* sp. L Uebelacker y Jones, 1984

**Familia: Poecilochaetidae** Hannerz, 1956

**Especie:** *Poecilochaetus johnsoni* Hartman, 1939

**Familia: Chaetopteridae** Audouin y Milne Edwards, 1833

**Género:** *Spiochaetopterus* Sars, 1853

**Especie:** *Spiochaetopterus costarum* (Claparède, 1868)

### **Terebellida**

**Familia Cirratulidae** Carus, 1863

**Género:** *Aphelochaeta* Blake, 1991

**Especie:** *Aphelochaeta* sp.1

*Aphelochaeta* sp.2

*Aphelochaeta* sp.3

*Aphelochaeta* sp.4

**Género:** *Caulleriella* Chamberlin, 1919

**Especie:** *Caulleriella alata* (Southern, 1914)

*Caulleriella* sp. B Wolf, 1984

*Caulleriella* sp. 1

**Género:** *Chaetozone* Malmgren, 1867

**Especie:** *Chaetozone* sp.A Wolf, 1864

*Chaetozone* sp.C Wolf, 1864

*Chaetozone* sp. 1

*Chaetozone* sp. 2

*Chaetozone* sp. 3

*Chaetozone* sp. 4

**Género:** *Cirriformia* Hartman, 1936

**Especie:** *Cirriformia* sp. A Wolf, 1864

**Género:** *Monticellina* Laubier, 1961

**Especie:** *Monticellina baptistae* Blake, 1991

*Monticellina* cf. *dorsobranchialis* (Kirkegaard, 1959)

*Monticellina dorsobranchialis* (Kirkegaard, 1959)

*Monticellina tessellata* (Hertman, 1960)

*Monticellina* sp. 2

**Familia Ampharetidae** Malmgren, 1866

**Género:** *Amphicteis* Grube, 1850

**Especie:** *Amphicteis gunneri* (Sars, 1835)

**Género:** *Isolda* F. Müller, 1858

**Especie:** *Isolda pulchella* O. F. Müller, 1858

**Familia Terebellidae** (Malmgren, 1867)

**Género:** *Eupolymnia* Verrill, 1900

**Especie:** *Eupolymnia nebulosa* (Montagu, 1818)

**Género:** *Lysilla* Malmgren, 1865

**Especie:** *Lysilla* sp. A Kritzler, 1984

*Lysilla* sp. B Kritzler, 1984

**Género:** *Polycirrus* Grube, 1850

**Especie:** *Polycirrus carolinensis* (Day, 1973)

*Polycirrus plumosus* (Wollebaek, 1912)

**Género:** *Pista* Malmgren, 1865

**Especie:** *Pista papillosa* (Tourtellotte y Kritzler, 1988)

*Pista quadrilobata* (Augener, 1918)

**Género:** *Rhinothelepus* Hutchings, 1974

**Especie:** *Rhinothelepus* sp.1

**Familia Trichobranchidae**

**Género:** *Terebellides* Sars, 1835

**Especie:** *Terebellides carmenesis* Solís-Weiss, *et al.*, 1991

*Terebellides lanai* Solís-Weiss *et al.*, 1991

*Terebellides parvus* Solís-Weiss *et al.*, 1991

#### ACICULATA

#### PHYLLODOCIDA

**Familia:** Acoetidae Kinberg, 1856

**Género:** *Polyodontes* Renieri, 1828

**Especie:** *Polyodontes* sp.1

**Familia Eulephetidae** Chamberlin, 1919

**Género:** *Grubeulepis* Pettibone, 1969

**Especie:** *Grubeulepis mexicana* Berkeley y Berkeley, 1939

**Familia Polynoidae** Malmgren, 1867

**Género:** *Lepidasthenia* Malmgren, 1857

**Especie:** *Lepidasthenia varius* Treadwell, 1917

**Familia Sigalionidae** Malmgren, 1867

**Género:** *Sthenelais* Willey, 1905

**Especie:** *Sthenelais articulata* Kinberg, 1855

**Género:** *Sthenolepis* Willey, 1905

**Especie:** *Sthenolepis grubei* (Treadwell, 1901)

*Sthenolepis cf. grubei* (Treadwell, 1901)

*Sthenolepis* sp. A Wolf, 1984

**Familia Glyceridae** Grube, 1850

**Género:** *Glycera* Savigny, 1818

**Especie:** *Glycera brevicirris* Grube, 1870

*Glycera gilbertae* Böggemann and Fiege, 2001

*Glycera oxycephala* Ehlers, 1887

*Glycera papillosa* Grube, 1957

*Glycera tessellata* Grube, 1863

**Familia: Goniadidae** Kinberg, 1866

**Género:** *Goniada* Audouin & Milne-Edwards, 1833

**Especie:** *Goniada maculata* Örsted, 1843

**Género:** *Goniadides* Hartman-Schröder, 1960

**Especie:** *Goniadides carolinae* Day, 1973

**Género:** *Ophioglycera* Verrill, 1885

**Especie:** *Ophioglycera lyra* Granados-Barba y Solís-Weiss, 1997

**Familia: Paralacydoniidae** Pettibone, 1963

**Género:** *Paralacydonia* Fauvel, 1913

**Especie:** *Paralacydonia paradoxa* Fauvel, 1913

**Familia: Pisionidae** Southern, 1914

**Género:** *Pisione* Grube, 1857

**Especie:** *Pisione wolfi* San Martín, López & Núñez, 1999

**Familia Phyllodocidae** Orsted, 1843

**Género:** *Genetyllis* Malmgren, 1865

**Especie :** *Genetyllis* sp.A Gathof, 1984

**Género:** *Hesionura* Hartmann-Schröder, 1958

**Especie:** *Hesionura coineau* (Laubier, 1962)

**Género:** *Phyllodoce* Lamarck, 1818

**Especie:** *Phyllodoce (Anaitides) madeirensis* Langerhans, 1880

**Familia: Nephtyidae** Grube, 1850

**Género:** *Aglaophamus* Kinberg, 1866

**Especie:** *Aglaophamus circinata*

*Aglaophamus cf. verrilli* (McIntosh, 1885)

*Aglaophamus verrilli* (McIntosh, 1885)

**Género:** *Nephtys* Cuvier, 1817

**Especie:** *Nephtys incisa* Malmgren, 1865

*Nephtys simoni* Perkins, 1980

*Nephtys squamosa* Ehlers, 1887

**Familia Nereididae** Johnston, 1865

**Género:** *Ceratocephale* Malmgren, 1867

**Especie:** *Ceratocephale oculata* Banse, 1977

**Género:** *Ceratonereis* Kinberg, 1866

**Especie:** *Ceratonereis irritabilis* (Webster, 1879)

*Ceratonereis longicirrata* Perkins, 1980

*Ceratonereis versipedata* Ehlers, 1866

**Género:** *Neanthes* Kinberg, 1866

**Especie:** *Neanthes micromma* Harper, 1979

**Género:** *Nereis* Linnaeus, 1758

**Especie:** *Nereis* spp.

**Género:** *Rullinereis* Pettibone, 1971

**Especie:** *Rullinereis mexicana* (Treadwell 1942)



**Familia Pilargidae** Saint-Joseph, 1899

**Género:** *Ancistrosyllis* McIntosh, 1879

**Especie:** *Ancistrosyllis* sp.

**Género:** *Litocorsa* Pearson, 1970

**Especie :** *Litocorsa antennata* Wolf, 1986

**Género:** *Sigambra* F. Müller, 1858

**Especie:** *Sigambra tentaculata* (Treadwell, 1941)

**Género:** *Synelmis* Chambalin, 1919

**Especie:** *Synelmis cf. albini* (Langerhans, 1881)

*Synelmis ewingi* Wolf, 1986

**Familia Syllidae** Grube, 1850

**Género:** *Exogone* Örsted, 1845

**Especie:** *Exogone (Exogone) dispar* (Webster, 1879)

*Exogone (Exogone) lourei* Berkeley y Berkeley, 1938

*Exogone (Exogone) pseudolourei* San Martín, 1991

*Exogone (Paraexogone) caribensis* San Martín, 1991

*Exogone (Paraexogone) atlantica* Perkins, 1981

*Exogone cf. breviantennata* Hartmann- Schröder, 1959

**Género:** *Odontosyllis* Claparède, 1863

**Especie:** *Odontosyllis enopla* Verrill, 1900

**Género:** *Opisthodontia* Langerhans, 1879

**Especie:** *Opisthodontia spinigera*

**Género:** *Syllis* Savigny, 1818

**Especie:** *Syllis alosae* San Martín, 1992

*Syllis armillaris* (O. F. Müller, 1771)

*Syllis gracilis* Grube, 1840

*Syllis ortizi* San Martín, 1992

**Género:** *Trypanosyllis* Claparède, 1864

**Especie:** *Trypanosyllis cf. vitigera* Ehlers, 1887

**Género:** *Paraehlersia* San Martín, 2003

**Especie:** *Paraehlersia ferrugina* Langerhans, 1881

**Género:** *Parapionosyllis* Fauvel, 1923

**Especie:** *Parapionosyllis uebelackerae* San Martín, 1991

**Género:** *Pionosyllis* Malmgren, 1867

**Especie:** *Pionosyllis spinisetosa* San Martín, 1990

**Género:** *Sphaerosyllis* Claparède, 1863

**Especie:** *Sphaerosyllis* sp.1

**EUNICIDA**

**Familia Amphinomidae** Savigny, 1818

**Género:** *Chloeia* Savigny 1818

**Especie:** *Chloeia viridis* Schmarda, 1861

**Género:** *Paramphinome* Sars, 1869

**Especie:** *Paramphinome jeffreysi* (McIntosh, 1868)

*Paramphinome* sp. B Gathof, 1984

**Familia Dorvilleidae** Chamberlin, 1919

**Género:** *Protodorvillea* Pettibone, 1961

**Especie:** *Protodorvillea kefersteini* (McIntosh, 1869)

**Género:** *Schistomeringos* Jumars, 1974

**Especie :** *Schistomeringos pectinata* Perkins, 1979

**Familia Lumbrineridae** Malmgren, 1867

**Género:** *Lumbrinerides* Orensanz, 1973

**Especie:** *Lumbrinerides aberrans* (Day, 1963)

*Lumbrinerides dayi* Perkins, 1979

*Lumbrinerides* sp.

**Género:** *Lumbrineriopsis* Orensanz 1973

**Especie:** *Lumbrineriopsis paradoxa* (Saint-Joseph, 1888)

**Género:** *Lumbrineris* Blainville, 1828

**Especie:** *Lumbrineris bidens* (Ehlers, 1887)

*Lumbrineris cingulata* (Ehlers, 1897)

*Lumbrineris latreilli* Audouin y Milne-Edwards, 1834

*Lumbrineris nonatoi* Ramos, 1976

**Género:** *Ninoë* Kinberg, 1865

**Especie:** *Ninoe leptognatha* Ehlers, 1900

*Ninoe ningripes* Verrill, 1873

**Género:** *Scoletoma* Blainville, 1828

**Especie:** *Scoletoma ernesti* (Perkins, 1979)

*Scoletoma* sp. 1

*Scoletoma* sp. 2

*Scoletoma* sp. 3

*Scoletoma* sp. 4

*Scoletoma tenuis* (Verrill, 1873)

*Scoletoma verrilli* (Perkins, 1979)

**Género:** *Paraninoë* Levenstein, 1977

**Especie:** *Paraninoë brevipes* (McIntosh, 1903)

**Familia Eunicidae** Savigny, 1820

**Género:** *Eunice* Cuvier, 1817

**Especie:** *Eunice antennata* (Lamarck, 1818)

*Eunice cf barvicencis* McIntosh, 1885

*Eunice vittata* (Delle Chiaje, 1828)

**Género:** *Marphysa* Quatrefages, 1865

**Especie:** *Marphysa cf. bellii* (Audouin and Milne Edwards, 1833)

*Marphysa kinbergii* McIntosh, 1910

**Género:** *Lysidice* Savigny, 1820

**Especies:** *Lysidice ninetta* Audouin & Milne-Edwards, 1833

**Género:** *Nematonereis* Schmarda, 1861

**Especie:** *Nematonereis hebes* Verrill, 1900

**Familia Oeonidae** Kinberg, 1865

**Género:** *Drilonereis* Claparede, 1870b

**Especie:** *Drilonereis longa* Webster, 1879

**Género:** *Websterinereis* Pettibone, 1971

**Especie:** *Websterinereis tridentata* (Webster, 1879).

**Familia Onuphidae** Kinberg, 1865

**Género:** *Diopatra* Audouin y Milne-Edwards, 1833

**Especie:** *Diopatra cuprea* (Bosc, 1802)

*Diopatra neotridens* Hartman, 1944

*Diopatra tridentata* Hartman, 1944

**Género:** *Kinbergonuphis* Fauchald, 1982

**Especie:** *Kinbergonuphis cedroensis* (Fauchald, 1968)

*Kinbergonuphis oligobranchiata* (Orensanz, 1974)

*Kinbergonuphis orensanzi* (Fauchald, 1982)

*Kinbergonuphis pulchra* (Fauchald, 1980)

*Kinbergonuphis simoni* (Santos, Day y Rice, 1981)

*Kinbergonuphis* sp. C Gathof 1984

*Kinbergonuphis virgata* Fauchald, 1980

**Género:** *Mooreonuphis* Fauchald, 1982

**Especie:** *Mooreonuphis nebulosa* (Moore, 1911)

*Mooreonuphis* sp. 1

**Género:** *Paradiopatra* Ehlers, 1887

**Especie:** *Paradiopatra hartmanae* (Kirkegaard, 1980)

**Phylum:** Arthropoda

**Superclase:** Crustacea Pennant, 1777

**Clase:** Malacostraca Latreille, 1806

**Subclase:** Hoplocarida

**Orden:** Stomatopoda

**Suborden:** Unipeltata

**Superfamilia:** Squilloidea

**Familia:** Squillidae

**Género:** *Meiosquilla* Manning, 1970

**Especie:** *Meiosquilla schmitti* Lemos de Castro, 1955

**Subclase:** Eumalacostraca Grobben, 1892

**Superorden:** Peracarida Calman, 1904

**Orden:** Amphipoda Latreille, 1816

**Suborden:** Caprellidae Leach, 1814

**Infraorden:** Caprellida Leach, 1814

**Superfamilia:** Caprellinoidea Leach, 1814

**Familia:** Caprellidae Laubitz, 1993

**Género:** *Caprella* Lamarck 1801

**Especie:** *Caprella equilibra* Say, 1818

*Caprella* sp.

**Género:** *Deutella* Mayer, 1890

**Especie:** *Deutella californica* Mayer, 1890

**Suborden:** Gammaridea Latreille, 1803

**Familia:** Ampeliscidae Costa, 1857

**Especie:** *Ampelisca agassizi* Judd, 1896

*Ampelisca vadorum* Mills, 1963

*Ampelisca verrilli* Mills, 1967

*Ampelisca abdita* Mills, 1964

*Ampelisca holmesi* Pearse, 1908

*Ampelisca longisetosa*

*Ampelisca* sp. 1

*Ampelisca* sp. 2

**Familia: Corophiidae** Leach, 1814

**Género:** *Bemlos* Shoemaker, 1925

**Especie:** *Bemlos* sp.1

**Género:** *Corophium* Latreille 1806

**Especie:** *Corophium* sp.

**Familia: Gammaridae**

**Género:** *Elasmopus* Costa, 1853

**Especie:** *Elasmopus* sp.1

**Género:** *Maera* Leach, 1814

**Especie:** *Maera* sp.1

**Familia: Lysianassidae** Dana, 1849

**Género:** *Hippomedon* Boeck 1870

**Especie:** *Hippomedon serratus* Colmes, 1903

**Familia: Oedicerotidae** Lilljeborg, 1865

**Género:** *Monoculodes* Stimpson 1853

**Especie:** *Monoculodes* sp.

**Género:** *Sychelidium* Sars 1892

**Especie:** *Synchelidium americanum* Bousfield, 1973

**Especie:** *Synchelidium* sp.1

**Familia: Phoxocephalidae** Sars, 1891

**Género:** *Harpinia* Barnard & Drummond 1978

**Especie:** *Harpinia propinqua* Sars, 1891

*Harpinia* sp.1

**Género:** *Paraphoxus* Sars, 1895

**Especie:** *Paraphoxus* sp.1

**Género:** *Trichophoxus* Sars, 1891

**Especie:** *Trichophoxus epistomus* K.H. Barnard, 1930

**Orden:** Tanaidacea Dana, 1849

**Superorden:** Eucarida Calman, 1904

**Orden:** Decapoda Latreille, 1803

**Suborden:** Pleocyemata Burkenroad, 1963

**Infraorden:** Caridea Dana, 1852

**Familia: Pasiphaeidae** Dana, 1852

**Género:** *Leptochela* Stimpson, 1860

**Especie:** *Leptochelia serratorbita* Bate, 1888

**Familia: Alpheidae** Rafinesque, 1815

**Género:** *Alpheus* Fabricius, 1798

**Especie:** *Alpheus floridanus* Kingsley, 1878

**Género:** *Automate* De Man, 1888

**Especie:** *Automate evermanni* M. J. Rathbun, 1901

*Automate rectifrons* Chace, 1972

**Familia: Processidae** Ortmann, 1890

**Género:** *Processa* Leach, 1815

**Especie:** *Processa hemphilli* Manning and Chace, 1971

**Familia: Hyppolytidae** Dana, 1852

**Género:** *Hyppolyte* Leach, 1814

**Especie:** *Hyppolyte obliquimanus* Dana, 1852

**Infraorden:** Thalassinidea Latreille, 1831

**Superfamilia:** Callianassoidea Dana, 1852

**Familia: Callianassidae** Dana, 1852

**Género:** *Callianassa* Leach, 1814

**Especie:** *Callianassa* sp. 1

*Callianassa* sp. 2

**Género:** *Cheramus* Bate 1888

**Especie:** *Cheramus marginatus* (M. J. Rathbun, 1901)

**Familia: Upogebiidae** Borradaile, 1903

**Género:** *Upogebia* Leach, 1814

**Especie:** *Upogebia affinis* (Say, 1818)

**Infraorden:** Brachyura Latreille, 1802

**Sección:** Archaeobrachyura Guinot, 1977

**Superfamilia:** Raninoidea De Haan, 1839

**Familia: Raninidae** De Haan, 1839

**Género:** *Raninoides* H. Milne Edwards, 1837

**Especie:** *Raninoides loevis* (Latreille, 1825)

**Superfamilia:** Calappoidea Milne Edwards, 1837

**Familia: Hepatidae** Stimpson, 1871

**Género:** *Hepatus* Stimpson, 1871

**Especie:** *Hepatus epheliticus* (Linnaeus, 1763)

**Sección** Brachyrhyncha

**Superfamilia:** Xanthoidea MacLeay, 1838

**Familia: Xanthoidea** MacLeay, 1838

**Género:** *Speocarcinus* Stimpson, 1859

**Especie:** *Speocarcinus* sp.1

**Superfamilia:** Pinnotheroidea De Haan, 1833

**Familia: Pinnotheridae** De Haan, 1833

**Género:** *Pinnixa* White, 1846

**Especie:** *Pinnixa* sp.1

**Especie:** *Pinnixa* sp.2

**Suborden:** Dendrobranchiata Bate, 1888

**Superfamilia:** Sergestoidea Dana, 1852

**Familia: Luciferidae** De Haan 1849

**Género:** *Lucifer* Thompson, 1829

**Especie:** *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915

**Phylum: Echinodermata** de Brugière, 1791

**Clase: Ophiuroidea** Gray, 1840

**Orden: Ophiurida** Müller & Troschel, 1842

**Familia: Ophiuridae** Lyman, 1865

**Familia: Amphiuridae** Ljungman, 1867

**Género: Amphipholis** Ljungman, 1867

**Especie: Amphipholis gracillima** (Stimpson, 1852)

**Clase: Asteroidea** Blainville, 1830

**Phylum: Mollusca** Cuvier, 1797

**Subphylum: Conchifera** Gegenbaur, 1878

**Clase: Gastropoda** Cuvier, 1797

**Superfamilia: Acteonacea** Orbigny, 1835

**Familia: Acteocinidae** Orbigny, 1835

**Género: Rictaxis** Dall, 1871

**Especie: Rictaxis punctostriatus** Adams, 1840

**Superfamilia: Buccinacea** Rafinesque, 1815

**Familia: Buccinidae** Rafinesque, 1815

**Género: Colus** Mohr, 1786

**Especie: Colus** sp

**Género: Phos** Montfort, 1810

**Especie : Phos gaudens** Hinds, 1844

**Familia: Columbelloidea** Swainson, 1840

**Género: Anachis** Adams, 1853

**Subgénero: Costanachis**, Sacco, 1890

**Especie: Anachis (Costanachis) avara** Say, 1822

*Anachis obesa* (C. B. Adams, 1845)

**Género: Strombina** Morch, 1852

**Especie: Strombina** sp.

**Superfamilia: Conacea** Rafinesque, 1815

**Familia: Conidae** Rafinesque, 1815

**Género: Conus** Linnaeus, 1758

**Especie: Conus** sp.

**Superfamilia: Eulimacea** Risso, 1826

**Familia: Eulimidae** Risso, 1826

**Género: Niso** Risso, 1826

**Especie: Niso aegless** Bush, 1885

*Niso hendersoni* Bartsch, 1953

**Familia: Fasciolaridae** Gray, 1853

**Subfamilia: Fasciolarinae** Gray, 1853

**Género: Latirus** Röding, P.F., 1798

**Especie: Latirus concentricus** (Reeve, 1847)

*Latirus* sp.

**Superfamilia:** Naticacea Gray, 1840

**Familia:** Naticidae Gray, 1840

**Género:** *Natica* Scopoli, 1777

**Subgénero:** *Naticarius* Dumeril, 1806

**Especie:** *Natica (Naticarius) canrena* Linné, 1758

**Subfamilia:** Polinicinae Gray, 1847

**Género:** *Polinices* Montfort, 1810

**Subgénero:** *Neverita* Risso, 1826

**Especie:** *Polinices (Neverita) duplicatus* Say, 1822

**Familia:** Olividae Latreille, 1825

**Subfamilia:** Olivellinae Troschel, 1869

**Género:** *Olivella* Swainson, 1831

**Especie:** *Olivella* sp.

**Género:** *Oliva* Bruguière, 1789

**Subgénero:** *Ispidula* Gray, 1847

**Especie:** *Oliva (Ispidula) sayana* Ravenel, 1834

**Superfamilia:** Pyramidellacea Gray, 1840

**Familia:** Pyramidellidae Gray, 1840

**Género:** *Pyramidella* Lamarck, 1799

**Subgénero:** *Langchaeus* Mörch, 1875

**Especie:** *Pyramidella (Langchaeus) crenulata* (Holmes, 1859)

**Familia:** Terebridae Mörch, 1852

**Género:** *Hastula* Adams, 1853

**Especie:** *Hastula cinerea* Burch, 1965

**Género:** *Terebra* Bruguière, 1792

**Especie:** *Terebra dislocata* (Say, 1822)

**Subgénero:** *Strioterebrum*, Sacco, 1891

**Especie:** *Terebra (Strioterebrum) protexta* Conrad, 1846

**Superfamilia:** Trochacea Rafinesque, 1815

**Familia:** Trochidae Rafinesque, 1815

**Subfamilia:** Calliostomatinae Thiele, 1921

**Género:** *Calliostoma* Swainson, 1840

**Especie:** *Calliostoma* sp.

**Familia:** Turridae (H. Y. A. Adams, 1815)

**Género:** *Polystira* Woodring, 1928

**Especie:** *Polystira albida* (G. Perry, 1811)

**Subfamilia:** Mangeliinae Fischer, 1887

**Género:** *Splendrillia* Hedley, 1922

**Especie:** *Splendrillia janetae* Bartsch, 1934

**Familia:** Nassariidae

**Género:** *Nassarius* Dumeril, 1806

**Especie:** *Nassarius* sp.

**Familia:** Cavoliniidae H. and A. Adams, 1854

**Género:** *Diacria* Gray, 1847

**Especie:** *Diacria trispinosa* (De Blainville, 1821)

**Clase:** Scaphopoda Bronn, 1862

**Orden :** Dentaliida da Costa, 1776

**Familia:** Dentaliidae Children, 1834

**Género:** *Antalis* H. & A. Adams, 1854

**Especie:** *Antalis* sp.

**Clase:** Bivalva (Linné, 1758)

**Superfamilia:** Lucinoidea Fleming, 1828

**Familia:** Lucinidae Fleming, 1828

**Género:** *Lucina* Brugière, 1797

**Especie:** *Lucina pectinata* (Gmelin, 1791)

**Superfamilia:** Cardiacea Oken, 1818

**Familia:** Cardiidae Oken, 1818

**Género:** *Laevicardium* Swainson, 1840

**Especie:** *Laevicardium robustum* Clench & Smith 1944

**Superfamilia:** Veneracea Rafinesque, 1815

**Familia:** Veneridae Rafinesque, 1815

**Género:** *Dosinia* Scopoli, 1777

**Especie:** *Dosinia discus* (Reeve, 1850)

**Superfamilia:** Myacea Lamarck, 1809

**Familia:** Corbulidae (Lamarck, 1818)

**Género:** *Corbula* (Bruguière, 1797)

**Subgénero:** *Varicorbula* Grant & Gale, 1931

**Especie:** *Corbula (Varicorbula) operculata* (Philippi, 1849)

**Superfamilia:** Pholadoidea Lamarck, 1809

**Familia:** Pholadidae Lamarck, 1809

**Género:** *Pholas* Linnaeus, 1758

**Especie:** *Pholas* sp.

**Superfamilia:** Nuculanacea Gray, 1824

**Familia:** Nuculanidae Meek, 1864

**Género:** *Nuculana* Link, 1807

**Subgénero:** *Sacella* Woodring, 1925

**Especie:** *Nuculana (Sacella) acuta* (Conrad, 1831)

**Superfamilia:** Arcacea Lamarck, 1809

**Familia:** Arcidae Lamarck, 1809

**Género:** *Anadara* Gray, 1847

**Especie:** *Anadara* sp.

**Familia:** Solecurtidae Orbigny, 1846

**Subfamilia:** Solecurtinae Orbigny, 1846

**Género:** *Tagelus* Gray, 1847

**Subgénero:** *Mesopleura* Conrad, 1867



**Especie:** *Tagelus (Mesopleura) divisus* Spengler, 1794

**Superfamilia:** Tellinacea Blainville, 1824

**Familia:** Tellinidae Blainville, 1824

**Subfamilia:** Tellininae Blainville, 1824

**Género:** *Tellina* Linné, 1758

**Especie:** *Tellina texana* Dall, 1900

**Familia:** Solecurtidae d'Orbigny, 1846

**Subfamilia:** Scrobiculariinae H. Y A. Adams, 1856

**Género:** *Abra* Lamarck, 1818

**Especie:** *Abra aequalis* (Say, 1822)

**Anexo V**

Tabla 1. Resultados del AMBI para la campaña SGM6

Estaciones	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	AMBI	Índice Biótico	Clasificación de perturbación	% no asignados
1	0	0	0	100	0	4,5	4	Moderadamente perturbado	0
2	25	75	0	0	0	1,125	1	No perturbado	0
3	0	100	0	0	0	1,5	2	Ligeramente perturbado	0
4	0	33,3	66,7	0	0	2,5	2	Ligeramente perturbado	0
5	25	50	16,7	0	8,3	1,75	2	Ligeramente perturbado	0
6	14,3	71,4	0	14,3	0	1,714	2	Ligeramente perturbado	0
7	27,8	22,2	38,9	5,6	5,6	2,083	2	Ligeramente perturbado	0
8	0	93,3	0	6,7	0	1,7	2	Ligeramente perturbado	0
9	25	75	0	0	0	1,125	1	No perturbado	0
10	0	50	50	0	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	0
11	55,2	13,4	6	25,4	0	1,522	2	Ligeramente perturbado	0
12	0	50	50	0	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	0
13	100	0	0	0	0	0	0	No perturbado	0
14	0	100	0	0	0	1,5	2	Ligeramente perturbado	0
15	78,9	10,5	5,3	5,3	0	0,553	1	No perturbado	0

16	14,3	21,4	35,7	28,6	0	2,679	2	Ligeramente perturbado	0
17	0	50	0	50	0	3	2	Ligeramente perturbado	0
18	37,5	12,5	12,5	37,5	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	0
19	27,3	18,2	27,3	27,3	0	2,318	2	Ligeramente perturbado	0
20	16,2	13,5	8,1	62,2	0	3,243	2	Ligeramente perturbado	0
21	24,1	22,2	25,9	27,8	0	2,361	2	Ligeramente perturbado	0
22	10,5	5,3	21,1	63,2	0	3,553	3	Moderadamente perturbado	0
23	3,1	9,4	68,8	18,8	0	3,047	2	Ligeramente perturbado	0
24	33,3	66,7	0	0	0	1	1	No perturbado	0
25	60	6,7	23,3	10	0	1,25	2	Ligeramente perturbado	3,2
26	18,9	7,5	7,5	66	0	3,311	3	Moderadamente perturbado	0
27	11,1	66,7	22,2	0	0	1,667	2	Ligeramente perturbado	0
28	41,7	33,3	8,3	16,7	0	1,5	2	Ligeramente perturbado	0
29	54,9	28	6,1	11	0	1,098	1	No perturbado	0
30	46	48,6	2	3,2	0,2	0,945	1	No perturbado	0,4

Tabla 2. Resultados del AMBI para la campaña SGM7

Estaciones	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	AMBI	Indice Biótico	Clasificación de perturbación	% no asignados
------------	------	-------	--------	-------	------	------	----------------	-------------------------------	----------------

*Estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica y calidad ambiental de la Bahía de Campeche en tres temporadas de nortes.*

1	0	0	0	100	0	4,5	4	Moderadamente perturbado	1
2	0	33,3	33,3	33,3	0	3	2	Ligeramente perturbado	3
3	50	50	0	0	0	0,75	1	No perturbado	4
4	15,4	53,8	23,1	7,7	0	1,846	2	Ligeramente perturbado	8
5	14,3	35,2	24,2	25,3	1,1	2,456	2	Ligeramente perturbado	29
6	0	33,3	0	66,7	0	3,5	3	Moderadamente perturbado	4
7	37,7	36,4	19,5	5,2	1,3	1,442	2	Ligeramente perturbado	38
8	24	68	8	0	0	1,26	2	Ligeramente perturbado	16
9	10	20	20	50	0	3,15	2	Ligeramente perturbado	13
10	50	12,5	37,5	0	0	1,313	2	Ligeramente perturbado	6
11	52,4	28,6	19	0	0	1	1	No perturbado	9
13	35,7	50	7,1	7,1	0	1,286	2	Ligeramente perturbado	8
14	0	75	25	0	0	1,875	2	Ligeramente perturbado	2
15	0	50	50	0	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	3
16	50	28,6	7,1	14,3	0	1,286	2	Ligeramente perturbado	8
17	28,6	21,4	21,4	28,6	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	8
18	11,1	22,2	33,3	33,3	0	2,833	2	Ligeramente perturbado	8
19	28,6	57,1	0	14,3	0	1,5	2	Ligeramente perturbado	4

20	0	100	0	0	0	1,5	2	Ligeramente perturbado	1
21	15,1	69,8	15,1	0	0	1,5	2	Ligeramente perturbado	13
22	33,3	0	33,3	33,3	0	2,5	2	Ligeramente perturbado	3
23	10,9	45,7	32,6	10,9	0	2,152	2	Ligeramente perturbado	16
24	0	0	100	0	0	3	2	Ligeramente perturbado	2
25	10	30	10	50	0	3	2	Ligeramente perturbado	5
26	3,7	77,8	13	5,6	0	1,806	2	Ligeramente perturbado	10
28	47,6	28,6	11,9	9,5	2,4	1,357	2	Ligeramente perturbado	20
30	26,4	8,3	13,9	51,4	0	2,854	2	Ligeramente perturbado	18

Tabla 3. Resultados del AMBI para la campaña SGM8

Estaciones	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	AMBI	Indice Biótico	Clasificación de perturbación	% no asignados
1	22,7	36,4	13,6	27,3	0	2,182	2	Ligeramente perturbado	19
2	0	25	75	0	0	2,625	2	Ligeramente perturbado	3
3	11,1	55,6	5,6	27,8	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	11
4	16,7	44,4	11,1	27,8	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	12
5	31,7	23,3	35	10	0	1,85	2	Ligeramente perturbado	28

6	0	30	20	50	0	3,3	3	Moderadamente perturbado	8
7	32,1	13,6	29,6	24,7	0	2,204	2	Ligeramente perturbado	28
8	35,9	25,6	20,5	17,9	0	1,808	2	Ligeramente perturbado	20
9	27,3	18,2	18,2	36,4	0	2,455	2	Ligeramente perturbado	11
10	0	50	50	0	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	2
11	33,3	0	20	46,7	0	2,7	2	Ligeramente perturbado	8
12	50	25	12,5	12,5	0	1,313	2	Ligeramente perturbado	7
13	10,3	20,7	6,9	62,1	0	3,31	3	Moderadamente perturbado	7
14	89,9	7,6	1,7	0	0,8	0,214	1	No perturbado	13
15	0	26,7	33,3	40	0	3,2	2	Ligeramente perturbado	12
16	80	8	10	2	0	0,51	1	No perturbado	12
17	33,3	16,7	16,7	33,3	0	2,25	2	Ligeramente perturbado	6
18	58,8	23,5	17,6	0	0	0,882	1	No perturbado	6
19	27,3	9,1	18,2	45,5	0	2,727	2	Ligeramente perturbado	8
20	0	0	0	100	0	4,5	4	Moderadamente perturbado	2
21	5,3	36,8	52,6	5,3	0	2,368	2	Ligeramente perturbado	6
22	0	5	5	90	0	4,275	3	Moderadamente perturbado	7
23	11,1	27,8	27,8	33,3	0	2,75	2	Ligeramente perturbado	10

24	25	50	0	25	0	1,875	2	Ligeramente perturbado	3
25	100	0	0	0	0	0	0	No perturbado	2
26	76,9	5,1	2,6	15,4	0	0,846	1	No perturbado	12
27	28,6	14,3	0	57,1	0	2,786	2	Ligeramente perturbado	5
28	22,6	9,7	29	35,5	3,2	2,806	2	Ligeramente perturbado	18
29	47,8	34,8	8,7	8,7	0	1,174	1	No perturbado	12
30	62,5	25	12,5	0	0	4,917	4	Moderadamente perturbado	4

## Anexo VI

### Análisis de regresiones lineales múltiples para cada campaña con sus análisis de varianza correspondientes. Valores significativos con \*

AMBI R= ,51526692 R<sup>2</sup>= ,26549999 Ajustada R<sup>2</sup>= ,14797999

	Beta	Error Std.	B	Error Std.	t(25)	p
Intercepto			3,12	0,9151	3,40595	0,002233
Ba	-0,607227	0,346593	-30,29	17,2889	-1,75199	0,092035
Cd	0,341022	0,344625	15,51	15,6709	0,98955	0,331877
Ni	0,291745	0,181018	306,44	190,1329	1,61170	0,119583
Co	-0,244830	0,196562	-1118,51	897,9946	-1,24556	0,224473

#### ANDEVA

	Suma	gl	Media	F	p
Regress.	10,47543	4	2,618858	2,259190	0,091255
Residual	28,98006	25	1,159202		
Total	39,45549				

AMBI R= ,21213190 R<sup>2</sup>= ,04499994 Ajustada R<sup>2</sup>= ,01089280

	Beta	Error Std.	B	Error Std.	t(28)	p
Intercept			2,770110	0,471766	5,87179	0,000003
HC	-0,212132	0,184681	-0,402993	0,350844	-1,14864	0,260424

#### ANDEVA

	Sumas	gl	Media	F	p
Regress.	1,77550	1	1,775495	1,319370	0,260424
Residual	37,68000	28	1,345714		
Total	39,45549				

AMBI R= ,39963633 R<sup>2</sup>= ,15970920 Ajustada R<sup>2</sup>= ,12969881

	Beta	Error Std.	B	Error Std.	t(28)	p
Intercept			2,716300	0,272539	9,96663	0,000000
Densidad	-0,399636	0,173235	-0,090042	0,039032	-2,30690	0,028671*

#### ANDEVA

	Sumas	gl	Media	F	p
Regress.	6,30141	1	6,301405	5,321797	0,028671*
Residual	33,15409	28	1,184075		
Total	39,45549				

Riqueza específica R= ,50405959 R<sup>2</sup>= ,25407608 Ajustada R<sup>2</sup>= ,19882245



	Beta	Error Std.	B	Erro Std.	t(27)	p
Intercept			-4,52	4,946	-0,914044	0,368784
Co	0,488889	0,166882	13121,96	4479,182	2,929544	0,006824*
Cd	0,174031	0,166882	46,49	44,583	1,042835	0,306273

ANDEVA

	Sumas	df	Media	F	p
Regress.	346,018	2	173,0089	4,598361	0,019115*
Residual	1015,849	27	37,6240		
Total	1361,867				

Riqueza específica R= ,47134546 R<sup>2</sup>= ,22216655 Adjusted R<sup>2</sup>= ,16454925

	Beta	Error Std.	B	Error Std.	t(27)	p
Intercept			14,2125	2,691651	5,28023	0,000014
PAH's	-0,584498	0,219948	-11,7261	4,412560	-2,65744	0,013064*
HC	0,234920	0,219948	2,6219	2,454845	1,06807	0,294945

ANOVA

	Sumas	gl	Media	F	p
Regress.	302,561	2	151,2806	3,855901	0,033649*
Residual	1059,305	27	39,2335		
Total	1361,867				

Diversidad R= ,56624323 R<sup>2</sup>= ,32063139 Ajustada R<sup>2</sup>= ,29636823

	Beta	Error Std.	B	Error Std.	t(28)	p
Intercept			0,336	0,6501	0,517395	0,608944
Co	0,566243	0,155766	2222,219	611,3046	3,635208	0,001107*

ANDEVA

	Sumas	gl	Media	F	p
Regress.	9,33537	1	9,335371	13,21474	0,001107*
Residual	19,78022	28	0,706436		
Total	29,11559				

Diversidad R= ,39802742 R<sup>2</sup>= ,15842583 Ajustada R<sup>2</sup>= ,12836961

	Beta	Error Std.	B	Error Std.	t(28)	p
Intercept			3,35915	0,359581	9,34184	0,000000
PAH's	-0,398027	0,173367	-1,16756	0,508550	-2,29586	0,029379*

ANDEVA

	Sumas	gl	Media	F	p
Regress.	4,61266	1	4,612661	5,270983	0,029379*
Residual	24,50293	28	0,875104		
Total	29,11559				

Densidad R= ,51031034 R<sup>2</sup>= ,26041665 Ajustada R<sup>2</sup>= ,17508011

	Beta	Error Std.	B	Error Std.	t(26)	p
Intercept			1,2440	2,5398	0,48979	0,628390
Ba	0,543162	0,190564	120,2532	42,1898	2,85029	0,008438*
Al	-0,267635	0,197908	-10,2714	7,5954	-1,35232	0,187918
Ni	0,200230	0,176049	933,4405	820,7104	1,13736	0,265763

ANDEVA

	Sumas	gl	Media	F	p
Regress.	202,4031	3	67,46770	3,051643	0,046259*
Residual	574,8249	26	22,10865		
Total	777,2280				

Densidad R= ,66084005 R<sup>2</sup>= ,43670958 Ajustada R<sup>2</sup>= ,39498436

	Beta	Error Std.	B	Error Std.	t(27)	p
Intercept			2,7581	1,730408	1,59390	0,122599
HC	0,833700	0,187173	7,0294	1,578171	4,45418	0,000132*
PAH's	-0,681238	0,187173	-10,3247	2,836746	-3,63962	0,001139*

ANDEVA

	Sumas	gl	Media	F	p
Regress.	339,4229	2	169,7115	10,46632	0,000431*
Residual	437,8051	27	16,2150		
Total	777,2280				