



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y COMPOSICIÓN DEL ZOOPLANCTON EN LA REGIÓN DEL CAÑÓN DE CAMPECHE

TESIS

Que para obtener el grado académico de
Maestro en Ciencias del Mar y Limnología
(Biología Marina)

Presenta

José Gabriel Arriola Pizano

Directora de Tesis: Dra. Martha Signoret Poillon
Comité Tutorial: Dra. María Ana Fernández Álamo
Dr. David Alberto Salas de León
Comité ampliado: Dr. Xavier Chiappa Carrara
Dr. José Alberto Ocaña Luna

Marzo, 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUCCIÓN	3
2 ANTECEDENTES	4
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
4 HIPÓTESIS	8
5 OBJETIVO GENERAL	9
6 OBJETIVOS PARTICULARES	9
7 ÁREA DE ESTUDIO	10
8 MATERIAL Y MÉTODO	12
9 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
9.1 Abril de 2000, época de finales de nortes (PROMEBIO III)	15
9.1.1. Biomasa del zooplancton	15
9.1.2. Composición y abundancia del zooplancton	18
9.2 Abril de 2001, época de finales de nortes (PROMEBIO IV)	22
9.2.1. Biomasa del zooplancton	22
9.2.2. Composición y abundancia del zooplancton	24
9.3 Junio de 2002, época de no nortes (PROMEBIO VI)	28
9.3.1. Biomasa del zooplancton	28
9.3.2. Composición y abundancia del zooplancton	31
9.4 Febrero-marzo de 2003, época de nortes (PROMEBIO VII)	39
9.4.1. Biomasa del zooplancton	39
9.4.2. Composición y abundancia del zooplancton	42
9.5 Junio-julio de 2004, época de no nortes (PROMEBIO IX)	48
9.5.1. Biomasa del zooplancton	48
9.5.2. Composición y abundancia del zooplancton	50

10	ANÁLISIS DE SIMILITUD DE ABUNDANCIAS DE ORGANISMOS DEL ZOOPLANCTON ENTRE LOCALIDADES Y ÉPOCAS	54
11	CONCLUSIONES	58
12	REFERENCIAS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Concentraciones máximas y mínimas de biomasa zooplanctónica a finales de una temporada de nortes (Ramírez Cruz, 2005)	5
Tabla 2.	Relación de los muestreos de zooplancton	12
Tabla 3.	Biomاسas de zooplancton registradas en época de finales de nortes (abril de 2000)	18
Tabla 4.	Composición y abundancia del zooplancton (organismos 100 m³) abril de 2000 (época de finales de nortes)	19
Tabla 5.	Biomاسas de zooplancton registradas en época de finales de nortes (abril de 2001)	23
Tabla 6.	Composición y abundancia del zooplancton (organismos 100 m³) en abril de 2001 (época de finales de nortes)	27
Tabla 7.	Biomاسas de zooplancton registradas en época de no nortes (junio de 2002)	30
Tabla 8.	Composición y abundancia del zooplancton (organismos 100 m³) en junio de 2002 (época de no nortes)	35
Tabla 9.	Biomاسas de zooplancton registradas en época de nortes (febrero-marzo de 2003)	41
Tabla 10.	Composición y abundancia del zooplancton (organismos 100 m³) en febrero-marzo de 2003 (época de nortes)	46
Tabla 11.	Biomاسas de zooplancton registradas en época de no nortes (junio-julio de 2004)	49
Tabla 12.	Composición y abundancia del zooplancton (organismos 100 m³) en junio-julio de 2004 (época de no nortes)	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo	11
Fig. 2	Agrupación del zooplancton encontrado en las muestras	14
Fig. 3	Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica de la región del Cañón de Campeche en época de finales de nortes (abril de 2000)	16
Fig. 4	Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para abril de 2000	17
Fig. 5	Composición zooplanctónica (número de organismos 100 m³ por grupo) en época de finales de nortes (abril de 2000)	20
Fig. 6	Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de finales de nortes (abril de 2001)	23
Fig. 7	Composición zooplanctónica (número de organismos 100 m³ por grupo) en época de finales de nortes (abril de 2001)	24
Fig. 8	Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para abril de 2001	26
Fig. 9	Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de no nortes (junio de 2002)	29
Fig. 10	Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para junio de 2002.	31
Fig. 11	Composición zooplanctónica (número de organismos en 100 m³ por grupo) en época de no nortes (junio de 2002).	32-33
Fig. 12	Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de nortes (febrero-marzo de 2003)	40
Fig. 13	Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para febrero-marzo de 2003.	42
Fig. 14	Composición zooplanctónica (número de organismos 100 m³ por grupo) en época de nortes (febrero-marzo de 2003)	43-44
Fig. 15	Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de no nortes (junio-julio de 2004)	49
Fig. 16	Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para junio-julio de 2004.	50

Fig. 17	Composición zooplanctónica (número de organismos 100 m³ por grupo) en época de no nortes (junio-julio de 2004)	51
Fig. 18	Dendrograma de las abundancias zooplanctónicas en las diferentes estaciones y épocas estudiadas	55

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar las variaciones espaciales y temporales de la biomasa y composición del zooplancton en la región del Cañón de Campeche durante épocas de nortes y no nortes (abril 2000, abril 2001, junio 2002, febrero-marzo 2003 y junio-julio 2004). El zooplancton se recolectó con redes tipo bongo con una malla de 333 μm . Se estimó la biomasa en peso húmedo y se realizó un análisis de la composición a nivel de grupos. Las estaciones muestreadas en épocas de no nortes presentaron las mayores biomásas y las mayores abundancias zooplanctónicas, en especial en el muestreo de junio de 2002. La distribución de las biomásas en la época de nortes fue muy homogénea en la horizontal, debido a la mezcla que se produce en las capas superiores de la columna de agua por los procesos atmosféricos. Se observó que la época y las condiciones hidrodinámicas juegan un papel muy importante en la distribución de la biomasa, composición y abundancia del zooplancton. Las estaciones muestreadas en época de nortes presentaron biomásas más homogéneas y abundancias menores en toda la región del Cañón de Campeche. Asimismo, existen menos grupos con altas abundancias, debido probablemente a la distribución y disponibilidad del alimento. Por otro lado, los grupos que presentaron altas abundancias fueron los que se favorecen con los sitios de frontera (sitios donde se juntan los giros ciclónicos y anticiclónicos). Dicha hidrodinámica mezcla la columna de agua, pero no al grado en que lo hace el paso de los nortes, quedando la columna de agua estratificada y fertilizada, condición aprovechada por los productores primarios, siendo estos aprovechados por los grupos zooplanctónicos.

El resultado del análisis estadístico muestra una agrupación de las estaciones que se muestrearon en época de nortes ya que estas presentan una mayor mezcla de agua y bajas temperaturas lo cual origina bajas abundancias, contrario a lo que se presenta en la época de no nortes, donde la mezcla de columna de agua es relacionada con la hidrodinámica local (giros ciclónicos y anticiclónicos) promoviendo el desarrollo del zooplancton ya que dicha hidrodinámica favorece las características adecuadas (temperatura, salinidad y nutrientes) necesarias para que las abundancias zooplanctónicas sean altas, incluso observándose una mayor abundancia en las zonas frontales entre los giros ciclónicos y anticiclónicos.

ABSTRACT

A study was conducted to assess the spatial and temporal variations of biomass and composition of zooplankton in the Campeche Canyon region during northerlies and no-northerlies season (April 2000, April 2001, June 2002, February-March 2003 and June-July 2004). Zooplankton was collected with a 333 μm mesh bongo net. Wet weight biomass was estimated and an analysis of group composition was performed. Stations sampled during no-northerlies showed larger biomasses and abundances, especially for June 2002, whereas stations sampled during northerlies presented more homogeneous biomass distributions and lower abundances throughout the region of the Campeche Canyon because of mixing in the upper layers of the ocean by atmospheric processes. There are also fewer groups with high abundances, probably due to the distribution and availability of food. On the other hand, groups which presented high abundances were those favored by the dynamics of the frontal regions, regions where cyclone and anticyclone eddies meet. At the frontal zone, the water column is mixed, but not as much as northerlies do, so the water column remains stratified and fertilized, this condition is used by primary producers and in turn supports the high abundances of zooplankton groups. Results of statistical analysis show a cluster of stations sampled during northerlies when water column is mixed and cooled, this causes low abundances. On the contrary, no-northerlies season, water column mixing is related to local hydrodynamic processes (cyclonic and anticyclonic eddies) that promote high zooplankton abundances especially at the resulting frontal zones.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes principales de las comunidades acuáticas de los ecosistemas oceánicos y de agua dulce es el zooplancton. Se compone de organismos microscópicos y macroscópicos, con capacidad limitada de locomoción por lo que son transportados por los movimientos de las masas de agua (Omori e Ikeda, 1984). Estos organismos también tienen la necesidad de realizar migraciones verticales a otras capas para huir de los depredadores o para encontrar alimento (Gasca y Suárez-Morales, 1996). Su importancia radica principalmente en su papel como transformadores y transportadores de la energía y la biomasa provenientes del fitoplancton y la subsecuente disponibilidad para los niveles superiores a través de las redes tróficas pelágicas y benthicas.

El zooplancton manifiesta una enorme heterogeneidad en su composición y biomasa a lo largo del tiempo y el espacio, respondiendo a las condiciones ambientales imperantes en diversas épocas del año y a particularidades biológicas, especialmente las referentes a sus ciclos de vida. Asimismo, muchas especies del holozooplancton han sido consideradas como indicadores naturales de masas de agua, proporcionando información sobre las características hidrográficas de éstas (Raymont, 1983).

El conocimiento de las diferencias en la composición permite identificar a los componentes de la fauna planctónica, ya sean organismos que sirven como fuente de alimento (Suárez-Morales y Gasca, 1992; Alvaríño, 1985) o aquellos que actúan como depredadores, como los sifonóforos (Purcell, 1981), los quetognatos y algunos copépodos carnívoros, entre otros (Jiménez-Pérez, 1989).

El método más utilizado para estudiar el zooplancton tanto cualitativa como cuantitativamente, es a través de su captura con redes. Adicionando un contador de flujo se puede determinar la densidad de organismos por unidad de volumen (Omori e Ikeda, 1984).

En la Bahía de Campeche y, en particular en la región del Cañón de Campeche, poco se conoce sobre la composición y biomasa de las comunidades del zooplancton (Mojica-Ramírez, 2003; Ramírez-Cruz, 2005); de hecho, en el Cañón de Campeche, es

prácticamente ausente la información sobre la dinámica del zooplancton a lo largo del tiempo. De ahí, el interés de realizar un estudio enfocado a analizar los cambios en la biomasa y composición del zooplancton y de identificar el efecto que tienen algunos procesos hidrodinámicos en ellas.

2. ANTECEDENTES

En el Golfo de México se han encontrado valores elevados de biomasa planctónica durante los meses de septiembre y octubre, esta elevada biomasa se asocia con regiones ricas en nutrientes y fitoplancton, coincidiendo con los bordes de la circulación ciclónica (Biggs, 1992). Asimismo, se ha observado que la biomasa de zooplancton sólo puede incrementarse cuando la velocidad en los giros ciclónicos disminuye, las comunidades tanto de plancton como del necton pueden conservarse por la mezcla de aguas vecinas y subsistir como agregaciones locales (Biggs *et al.*, 1997).

Se ha documentado que la productividad en la zona sur del Golfo de México en términos de biomasa zooplánctica, fue mayor en el verano que en el invierno. Esto podría atribuirse parcialmente a variaciones temporales en la abundancia de los distintos grupos del zooplancton y a las variaciones hidrológicas estacionales (Gasca *et al.*, 1995).

Por otro lado, se ha registrado que el zooplancton es un indicador del efecto de frontera. Las zonas de frontera son turbulentas, tienen gradientes de temperatura y representan una fuente alimenticia, estos son factores importantes para producir concentraciones (parches) de zooplancton (Foerster, 1996).

En un trabajo realizado en la región del Cañón de Campeche, Mojica-Ramírez (2003) determinó la variación espacial del zooplancton, encontrando la mayor cantidad de biomasa zooplánctica ($10.42 \text{ g } 100\text{m}^{-3}$) a profundidades entre 60 y 80 m por debajo de la termoclina y la picnoclina, la menor concentración ($0.19 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$) se localizó entre 80 y 100 m de profundidad. Con respecto a la distribución vertical de la biomasa de zooplancton, ésta está determinada por la circulación en el Cañón de Campeche

(circulación mayormente ciclónica) y por la estructura hidrográfica de la columna de agua (termoclina y picnoclina); así como, por las migraciones verticales que realizan los organismos.

En una investigación efectuada con datos obtenidos a finales de la temporada de nortes (abril de 2000), realizada por Ramírez-Cruz (2005), se encontraron altas concentraciones de biomasa en la frontera de los giros anticiclónicos-ciclónicos (Tabla 1), lo cual indica que la circulación en la región influye en la distribución de la biomasa.

Tabla 1. Concentraciones máximas y mínimas de biomasa zooplanctónica a finales de una temporada de nortes (Ramírez-Cruz, 2005).

Fecha	8 al 19 de abril de 2000		16 al 29 de abril de 2001		18 de febrero al 6 de marzo de 2003	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Biomasa (g 100 m ⁻³)	10.77	0.21	9.63	0.04	5.58	0.04

Asimismo, Ramírez-Cruz (2005) comenta que la mayor cantidad de biomasa zooplanctónica se localizó por arriba de la termoclina y que el paso de los nortes afecta la columna de agua, mezclándola y produciendo el hundiendo de la termoclina y la picnoclina con el respectivo aumento del espesor de la capa de mezcla. Al final de la temporada de nortes, se observó un ascenso de la termoclina y de la picnoclina y un aumento considerable en la diversidad del zooplancton en el Cañón de Campeche. Se registraron 25 grupos, siendo el de los copépodos el grupo dominante, siguiéndole el de los sifonóforos, eufáusidos y quetognatos; el menos abundante fue el de las larvas de peces.

Dentro de los estudios sobre la hidrodinámica en el sur del Golfo de México, se ha identificado la presencia de giros ciclónicos en la Bahía de Campeche, los cuales se desplazan hacia el oeste. Esta circulación tiene su inicio en el Estrecho de Yucatán y se desplaza al oeste (Monreal-Gómez y Salas de León, 1990). También, se ha detectado un par de giros anticiclónico-ciclónico en la parte sureste del Cañón de Campeche. Como respuesta a estos procesos hidrodinámicos, se registraron valores bajos de saturación de oxígeno. La materia particulada suspendida fue mayor a la previamente registrada para océanos subtropicales (Salas de León *et al.*, 2004).

Respecto al grupo de los eufáusidos, éstos han sido utilizados como indicadores de productividad de la Bahía de Campeche. Se han encontrado tres zonas con patrones diferentes. La primera agrupa regiones con características neríticas y oceánicas con una densidad alta de eufáusidos, relacionadas con la influencia de aguas costeras y del talud. La segunda abarca áreas oceánicas con densidades medias de eufáusidos, relacionadas con comunidades mixtas de afinidades oceánicas y del talud. La tercera región abarca zonas oceánicas que van a lo largo del borde del talud continental con bajas densidades de eufáusidos y un menor número de especies (Castellanos y Gasca, 1999). Así mismo, la riqueza y abundancia de especies de eufáusidos se incrementa durante la noche en los primeros 200 m de profundidad. Los bordes de los giros ciclónicos fueron de mayor productividad, debido al afloramiento de nutrientes de capas subsuperficiales que los pone a disposición del fitoplancton y la consecuente alta densidad de eufáusidos, tanto de día como de noche (Castellanos y Gasca, 1999).

Los ritmos de migración vertical en ciclos nictemerales determinan las variaciones en el número de adultos de eufáusidos en los primeros 200 m, sugiriendo que el patrón de migración vertical puede ser afectado por las condiciones ambientales (Gasca *et al.*, 2001).

Con relación al ictioplancton, en el Golfo de México se han identificado dos zonas distintas de biomasa zooplanctónica y composición ictioplanctónica (Flores-Coto *et al.*, 1988). La primera es la nerítica, con alta biomasa y diversidad ictioplanctónica dada por especies cuyos adultos habitan en la provincia nerítica. La segunda zona ha sido denominada oceánica y presenta una biomasa zooplanctónica baja con una alta diversidad de larvas de peces que habitan la provincia mesopelágica.

Por otro lado, se ha documentado que la dispersión y retención de las larvas ictioplanctónicas dependen de la interacción entre factores físicos y biológicos (Vidal-Peñas *et al.*, 2001); dentro de los factores físicos se han descrito la topografía, la hidrodinámica, la naturaleza de las masas de agua (Miller, 2000) y la posición de la termoclina (Palomera, 1991). Se ha dicho que el efecto de los factores biológicos está supeditado al modelo de distribución que determinan los factores físicos (Mackas *et al.* 1985).

En el Golfo de México se han observado valores bajos de densidad de ictioplancton en la zona nerítica en invierno. Para la zona oceánica se encontró que las densidades de ictioplancton en verano fueron más altas, contrario a lo encontrado en invierno (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2000; Sanvicente-Añorve *et al.* 1998; González-Félix, 1994; Martínez-Gutiérrez, 1994).

Otros investigadores han reportado que la mayor abundancia de ictioplancton ocurre en la plataforma continental en áreas cercanas a la costa y la menor en la zona oceánica, en estrecha relación con la biomasa zooplanctónica (Flores-Coto *et al.*, 2009).

En el sur del Golfo de México, la relación entre la biomasa zooplanctónica y la densidad ictioplanctónica ha sido positiva y significativa y sus gradientes de abundancia presentan patrones de distribución muy similares (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2006).

Estudios realizados con relación a la distribución del ictioplancton muestran que está fuertemente afectada por fenómenos oceánicos, principalmente corrientes, giros y procesos de mezcla (Cowan y Shaw, 1988; Flores-Coto *et al.*, 1988; Grimes y Finucane, 1991; Cowen *et al.*, 1993; Laprise y Pepin, 1995; Grothues y Cowen, 1999).

Por otro lado, se ha encontrado que la temperatura influye en la composición de la comunidad de quetognatos; así como, en la densidad de las especies y, que su distribución se rige principalmente por la disponibilidad del alimento (Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 2001, 2003).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región del Cañón de Campeche presenta procesos hidrodinámicos (giros ciclónicos, anticiclónicos, frentes y surgencias) que influyen en la circulación, modificando las variables físico-químicas de la región; como consecuencia, alteran parcialmente la ubicación espacial de los organismos del plancton y promueven la presencia de diferentes especies, de acuerdo a su intervalo de tolerancia y de las condiciones que se presenten en el espacio y a lo largo del tiempo.

4. HIPÓTESIS

La biomasa y la composición del zooplancton de la región sur del Golfo de México están determinadas por la hidrodinámica de la región (giros ciclónicos, anticiclónicos, afloramientos y frentes) y por el paso de los nortes. Con la presencia de alguno de estos procesos hidrodinámicos y atmosféricos se modifica el espesor de la capa de mezcla (la temperatura, la salinidad y la densidad), propiciando la disminución o el aumento en la concentración de la biomasa del zooplancton, una mayor o menor dispersión en la columna de agua, que altera la composición. Como respuesta a la hidrodinámica, (giros ciclónicos y anticiclónicos) se encuentra una alta producción de zooplancton en los bordes de los giros, ya que los giros ciclónicos bombean nutrientes que fomentan el desarrollo de la producción primaria y que a su vez promueve una alta producción zooplanctónica. La distribución de la biomasa zooplanctónica se verá afectada por el paso de los nortes en el Cañón de Campeche, disminuyendo en época de nortes y aumentando en época de no nortes.

5. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la variación de la biomasa y la composición del zooplancton en la zona del Cañón de Campeche en épocas de nortes y no nortes y su relación con algunas condiciones hidrodinámicas en la columna de agua.

6. OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la biomasa del zooplancton en la región del Cañón de Campeche durante diferentes épocas (nortes y no nortes).
- Determinar la composición general y la abundancia del zooplancton en diferentes épocas.
- Caracterizar la hidrodinámica de la zona del Cañón de Campeche en diferentes épocas.

7. ÁREA DE ESTUDIO

En el extremo occidental del Banco de Campeche se encuentra una zona que exhibe cambios muy abruptos de profundidad; esta región es conocida como Cañón de Campeche (Weaver, 1950). El Cañón de Campeche es un rasgo sobresaliente del talud continental y se localiza entre los 20° 12' y 21° 36' de latitud norte y 92° 24' y 93° 24' de longitud oeste (Fig. 1); el eje del cañón está definido como una línea que va de 20° 00' N, 92° 21' W a 21° 00' N, 92° 42' W. Tiene una longitud de 125 km, llegando a tener un ancho de hasta 55 km. El cañón es de origen tectónico y es considerado como una región topográficamente compleja.

Sobre el cañón fluye una corriente proveniente de la Plataforma de Yucatán (Monreal-Gómez y Salas de León, 1990). Durante el verano, cuando se produce la surgencia topográfica en el este de la Plataforma de Yucatán, se mueve agua fría y rica en nutrimentos hacia el oeste, a lo largo de la piconclina, sobre el Banco de Campeche (Merino, 1997). Esto provoca un transporte significativo de agua que llega al cañón (Furnas y Smayda, 1987). Al oeste del cañón se forma un giro anticiclónico, el cual produce un hundimiento de las isotermas hasta 300 m de profundidad (Rosales-Navarro, 2007). Este giro anticiclónico se asocia a un giro ciclónico al sur del cañón (Salas de León *et al.*, 2004).

Rosales-Navarro (2007) y Santiago-Arce (2010) comentan que existe una compleja dinámica en la región: formación de ondas internas, saltos hidráulicos, giros ciclónicos y anticiclónicos, afloramientos subsuperficiales, convergencias de flujos; estos procesos físicos tienen fuertes implicaciones biológicas, químicas y geológicas.

Con respecto al clima, se pueden mencionar dos épocas: época de nortes (octubre a abril) y de no nortes (mayo a septiembre), ya que en la región no se aprecia una influencia de lluvias y de descargas epicontinentales (Salas de León, comunicación personal).

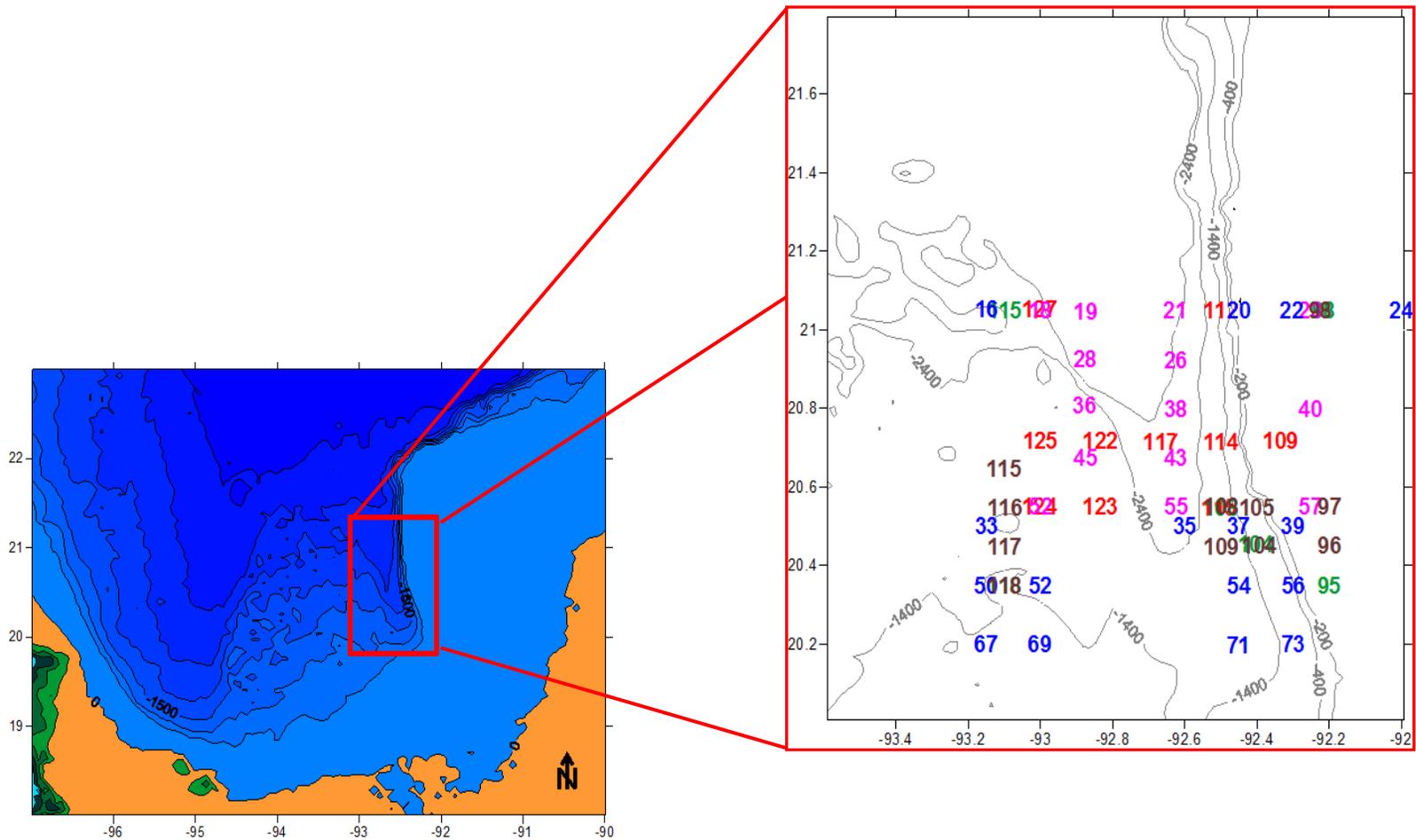


Fig. 1. Área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo. Los colores en las estaciones indican las fechas en que se realizaron las colectas de organismos: **abril de 2000, época de nortes (PROMEBIO III); abril de 2001, época de nortes (PROMEBIO IV); junio de 2002, época de no nortes (PROMEBIO VI); febrero y marzo de 2003, época de nortes (PROMEBIO VII) y junio y julio de 2004, época de no nortes (PROMEBIO IX).**

8. MATERIAL Y MÉTODO

Se analizaron muestras de zooplancton obtenidas durante cinco campañas oceanográficas realizadas como parte del proyecto “Procesos Oceánicos y Mecanismos de Producción Biológica en el sur del Golfo de México” (PROMEBIO). Los datos fueron obtenidos a bordo del B/O “Justo Sierra” de la UNAM.

Se seleccionaron cinco campañas en las cuales se capturaron organismos de zooplancton (Tabla 2).

Tabla 2. Relación de los muestreos de zooplancton.

CAMPAÑA	FECHA	TEMPORADA	NUM. DE ESTACIONES CON MUESTRAS DE ZOOPLANCTON
PROMEBIO III	8 al 19 de abril de 2000	Finales de Nortes	10
PROMEBIO IV	16 al 29 de abril de 2001	Finales de Nortes	6
PROMEBIO VI	13 al 27 de junio de 2002	No nortes	14
PROMEBIO VII	18 de febrero al 6 de marzo de 2003	Nortes	16
PROMEBIO IX	26 de junio al 3 de julio de 2004	No nortes	11

En cada campaña se obtuvieron datos de temperatura y conductividad con un CTD Neil Brown Mark-III. La salinidad y la densidad potencial o Sigma (σ_θ) se calcularon usando los algoritmos propuestos por Fofonoff y Millard (1983).

Las muestras de zooplancton se obtuvieron con una red bongo de 61 cm de diámetro y una apertura de malla de 333 μm . En la boca de la red se colocó un flujómetro General Oceanic, previamente calibrado, para determinar el volumen de agua filtrada.

El muestreo se efectuó mediante arrastres oblicuos, durante 15 minutos a una velocidad de 1 m s^{-1} , aproximadamente y, a partir de una profundidad de 200 m en las estaciones que lo permitía la profundidad total o menor para estaciones someras. Las muestras se fijaron durante 24 h en formol al 4% y se les agregó 30 gr de tetraborato de sodio. Posteriormente, fueron trasvasadas a alcohol al 70% para su conservación (Harris *et al.*, 2000).

La estimación de la biomasa se realizó por el método de peso húmedo de acuerdo al siguiente procedimiento: para obtener la biomasa fue necesario colocar una malla de 200 μm en la parte inferior de un tubo de PVC de 7 cm de longitud; este tubo fue previamente pesado sin muestra, en una balanza analítica; posteriormente, se vertió la muestra en el tubo, quitando los organismos de mayor talla (mayores a 1cm) para evitar un sesgo en el cálculo, esto con relación al mayor volumen que tienen, estos pueden alterar los valores del pesado, teniendo una desventaja las muestras en las que no se capturaron organismos de estas tallas. La filtración se realizó por gravedad y con papel absorbente para evitar que la muestra se dañara; una vez que se le extrajo el conservador (alcohol al 70%), se pesó; posteriormente, se le restó el peso del tubo vacío, para calcular el peso húmedo del zooplancton.

Una vez obtenidos los resultados de las biomásas, se integraron en una base de datos, con la cual se elaboraron mapas horizontales para conocer la distribución de la biomasa en la zona de estudio.

Para facilitar el análisis cuantitativo y cualitativo, la muestra se fraccionó a un octavo con ayuda de un separador Folsom (McEven *et al.* 1954). Los organismos se identificaron por grandes grupos con el apoyo de claves (De Boyd, 1977; Massuti y Margalef, 1950; Newell y Newell, 1977; Trégouboff y Rose, 1957; Todd y Laverack, 1991, entre otras).

Se determinaron cuatro conjuntos de organismos zooplanctónicos: los quitinosos, los gelatinosos, los carbonatados y el ictioplancton (Fig. 2), esquema de agrupación de acuerdo a Longhurst (1985).

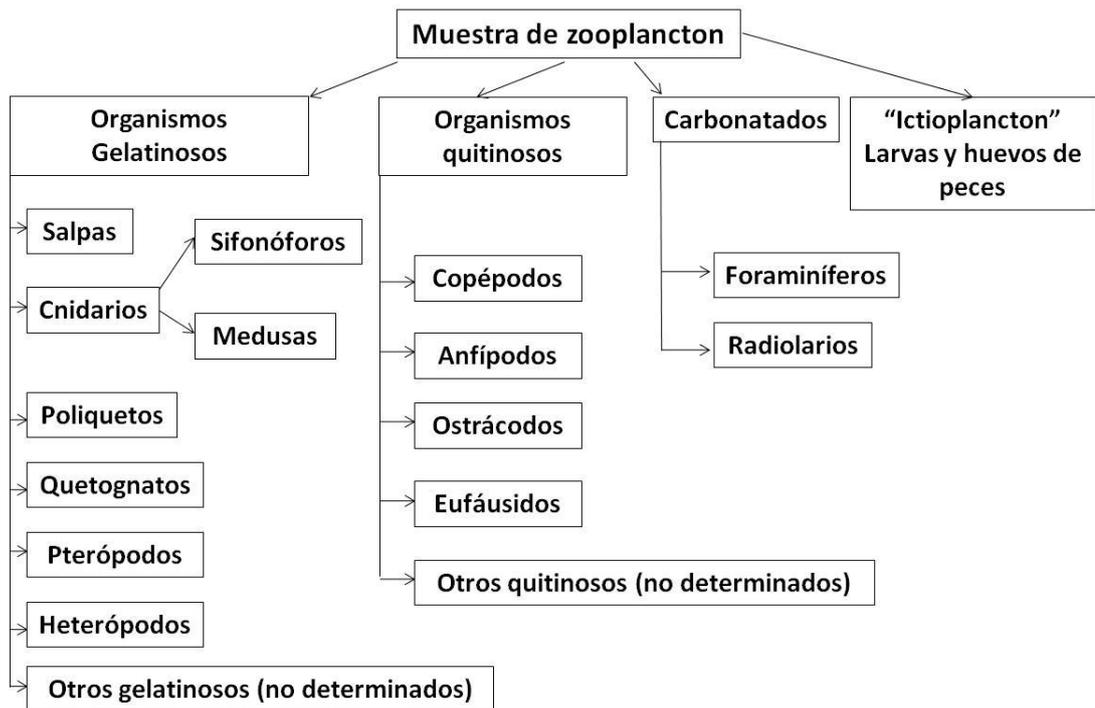


Fig. 2. Agrupación del zooplancton encontrado en los muestreos.

La abundancia numérica fue estandarizada a 100 m^3 para su interpretación.

Para conocer las estructuras hidrodinámicas de la región se analizaron los datos de temperatura, salinidad y profundidad. Para ello, se realizaron mapas de las topografías de la termoclina y de las isotermas de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y de $18.5 \text{ }^\circ\text{C}$ en virtud de que son buenos indicadores de giros.

Con la información obtenida de las abundancias zooplanctónicas, se realizó el análisis de conglomerados (dendrograma) para conocer la similitud de las abundancias del zooplancton en las localidades en cada muestreo y entre los 5 muestreos.

Para la elaboración de este dendrograma se utilizó el programa PRIMER 6, se tomaron los resultados de las abundancias obtenidas en las diferentes épocas en las distintas estaciones. Estos resultados se estandarizaron sacándoles la raíz cuadrada, con el objetivo de que se uniformizaran ya que algunos valores eran muy altos y otros muy bajos; obteniendo así, resultados confiables.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biomasa y composición del zooplancton están influenciadas en gran medida por la hidrodinámica que se presenta en los océanos. Entre los procesos hidrodinámicos, destacan los giros ciclónicos y anticiclónicos, los frentes y las surgencias. Asimismo, los fenómenos atmosféricos como los nortes, alteran el espesor de la capa de mezcla y su efecto se refleja en las comunidades del zooplancton. En este contexto se abordan los resultados obtenidos y su discusión, tanto para biomasa, composición y abundancia del zooplancton como para las características hidrográficas y atmosféricas registradas durante las respectivas épocas de los muestreos en la región del Cañón de Campeche.

9.1. Abril de 2000, época de finales de nortes (PROMEBIO III)

9.1.1. Biomasa del zooplancton

Para esta época, la mayor biomasa zooplanctónica se registró sobre el talud continental (estación 112) con un valor de $10.09 \text{ g } 100 \text{ m}^3$ (Fig. 3). Esta zona, en el sur del Golfo de México, se ha considerado como altamente productiva (Gasca *et al.*, 1995) debido a la hidrodinámica que presenta. Observando la topografía de la termoclina se aprecia una lengüeta de agua que se desplaza del noreste hacia el suroeste (Fig. 4), proveniente del Banco de Campeche. Esta masa de agua, al pasar cerca del fondo, fertiliza la zona del talud propiciando así, la alta producción biológica (Aldeco, 2009).

En esta misma época, se observaron dos regiones distintas en cuanto a valores de biomasa zooplanctónica. La primera se ubicó sobre y al noroeste del eje del Cañón de Campeche (estaciones 117, 122, 123, 127) con biomasa entre 3.52 y $4.78 \text{ g } 100 \text{ m}^3$. Esta región presenta una circulación ciclónica (Fig. 4). Es posible que la influencia de la corriente de intrusión que atraviesa el Banco de Campeche se extienda hacia la porción central, favoreciendo una mayor productividad biológica (Gasca *et al.*, 1995). Algunos autores (Wormuth *et al.*, 2000; Biggs, 1992) reportan que los giros ciclónicos que se desarrollan en el Golfo de México promueven localmente una mayor productividad del plancton.

La segunda región se localizó en el sureste y suroeste de la zona de estudio (estaciones 109, 114, 115, 125 y 124). En la localidad 124 se registró el menor valor de biomasa ($0.63 \text{ g } 100 \text{ m}^3$) (Fig. 3). De acuerdo con la topografía de la termoclina, se observó un giro anticiclónico, lo que posiblemente propició valores bajos de biomasa zooplanctónicas en estas localidades (entre 2.83 y $3.28 \text{ g } 100 \text{ m}^3$) (Tabla 3), ya que los giros anticiclónicos presentan una menor productividad y abundancia del zooplancton (Wormuth *et al.*, 2000; Hattori, 1991) debido a que son aguas calientes, oligotróficas, provenientes de la Corriente de Lazo.

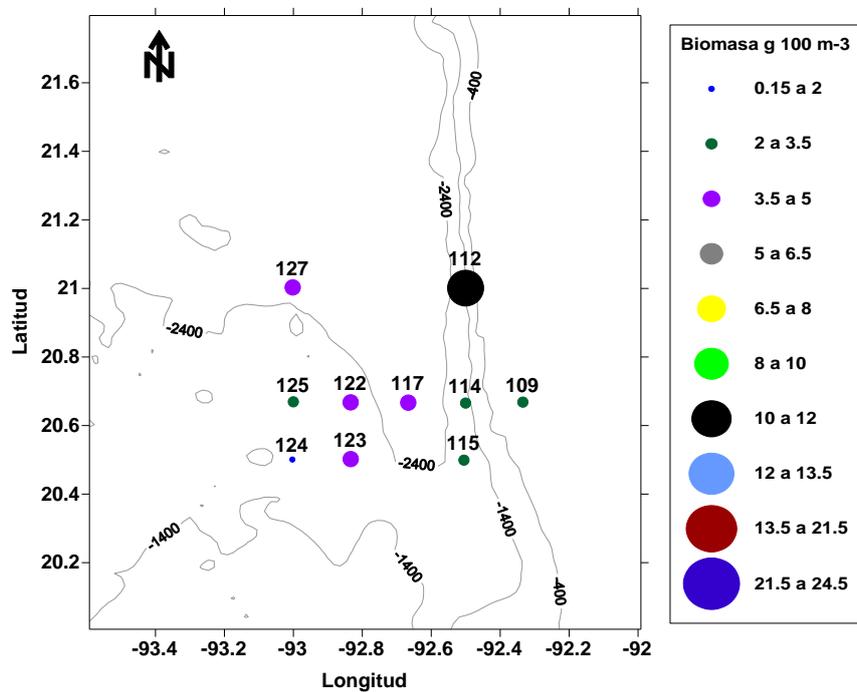


Fig. 3. Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de finales de nortes (abril de 2000).

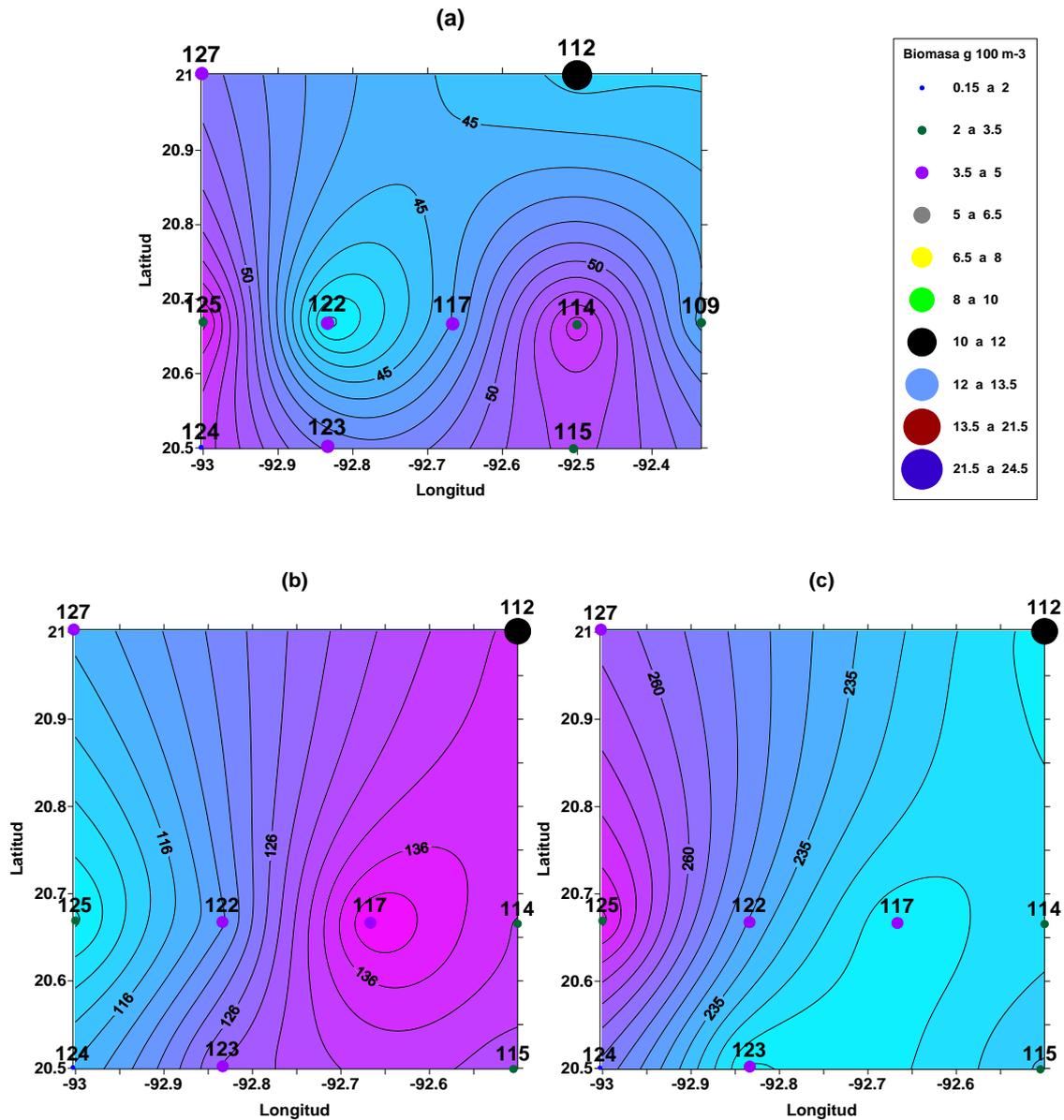


Fig. 4. Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para abril de 2000. El color azul claro muestra los levantamientos de agua (circulación ciclónica) que se presentan en esa profundidad y el color rosa son los hundimientos de agua (circulación anticiclónica).

Se sabe, que el patrón normal de migración vertical diaria de muchas especies del zooplancton corresponde a su desplazamiento hacia las aguas superficiales durante la noche para alimentarse, aumentando la biomasa en capas superiores, disminuyendo ésta en el día por la migración a aguas más profundas como un medio de evitar la depredación (Darren *et al.*, 2001; Hays *et al.*, 1994). Lo anterior fue observado en este muestreo ya que el mayor valor de biomasa se obtuvo a las 22:25 hrs (Tabla 3).

Tabla 3. Biomosas de zooplancton registradas en época de finales de nortes (abril de 2000).

ESTACION	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	HORA	BIOMASA (g 100 m ³)
109	65	16:58	2.99
112	1531	22:25	10.09
114	2000	03:43	2.83
115	2320	07:08	3.28
117	2542	12:56	3.52
122	2800	02:24	4.78
123	1708	05:42	4.04
124	1537	08:38	0.63
125	2400	12:00	2.95
127	2528	20:50	3.78

9.1.2. Composición y abundancia del zooplancton

Respecto a la composición del zooplancton, en 6 de las 10 localidades muestreadas se encontraron dieciséis grupos zooplanctónicos (Tabla 4). Se ha reportado que las áreas costeras se caracterizan por tener baja diversidad y alta abundancia de pocas especies dominantes (Flores-Coto *et al.*, 2009).

Por otro lado, se observa en la topografía de la isoterma de los 18.5°C (Fig. 4) que las localidades oceánicas que presentaron quince grupos, se localizan sobre un giro anticiclónico lo que pudiera afectar a la diversidad de los grupos. Aunado a esto, la hora en la que se realizó el muestreo (diurno) también pudo contribuir a la disminución en cuanto a la composición de los grupos zooplanctónicos y su abundancia (Tabla 3).

Con relación a las abundancias de organismos zooplanctónicos, las mayores correspondieron al conjunto de los quitinosos, seguido de los gelatinosos, con excepción de la localidad 109, en la cual se obtuvieron altas abundancias del primer conjunto antes mencionado y de los carbonatados (Fig. 5).

Tabla 4. Composición y abundancia del zooplancton (organismos en 100 m³) en abril de 2000 (época de finales de nortes).

	Grupo	Estaciones de muestreo en abril de 2000 (época de finales de nortes)									
		Est. 109	Est.112	Est. 114	Est. 115	Est. 117	Est. 122	Est. 123	Est. 124	Est.125	Est. 127
	Biomasa (g 100 m ³)	2.99	10.09	2.83	3.28	3.52	4.78	4.04	0.63	2.95	3.78
Quitinosos	Copépodos	5166	4747	6537	8415	7656	12833	862	5333	12164	8973
	Anfípodos	91	16	20	22	73	94	43	27	47	37
	Ostrácodos	26	320	947	543	620	1178	54	1630	826	826
	Eufáusidos	151	123	343	119	249	341	15	151	219	206
	Otros quitinosos	317	123	180	390	122	311	27	124	402	181
Gelatinosos	Salpas	0	12	0	35	15	60	4	4	55	37
	Medusas	72	21	7	49	19	30	0	0	7	81
	Sifonóforos	521	49	27	385	291	184	8	40	278	284
	Poliquetos	30	21	27	49	54	97	8	27	121	63
	Quetognatos	958	751	630	770	1634	1898	131	343	1501	955
	Pterópodos	0	33	60	35	69	90	15	7	40	48
	Heterópodos	117	29	57	168	100	311	27	10	62	63
Otros gelatinosos	275	131	100	267	272	274	19	26	314	203	
Carbonatados	Radiolarios	921	86	163	222	268	325	19	12	84	33
	Foraminíferos	4472	74	80	435	325	690	4	12	376	276
	Ictioplancton	230	49	47	104	73	167	46	18	69	122
	Total	13347	6585	9223	12007	11839	18885	1283	7764	16566	12387

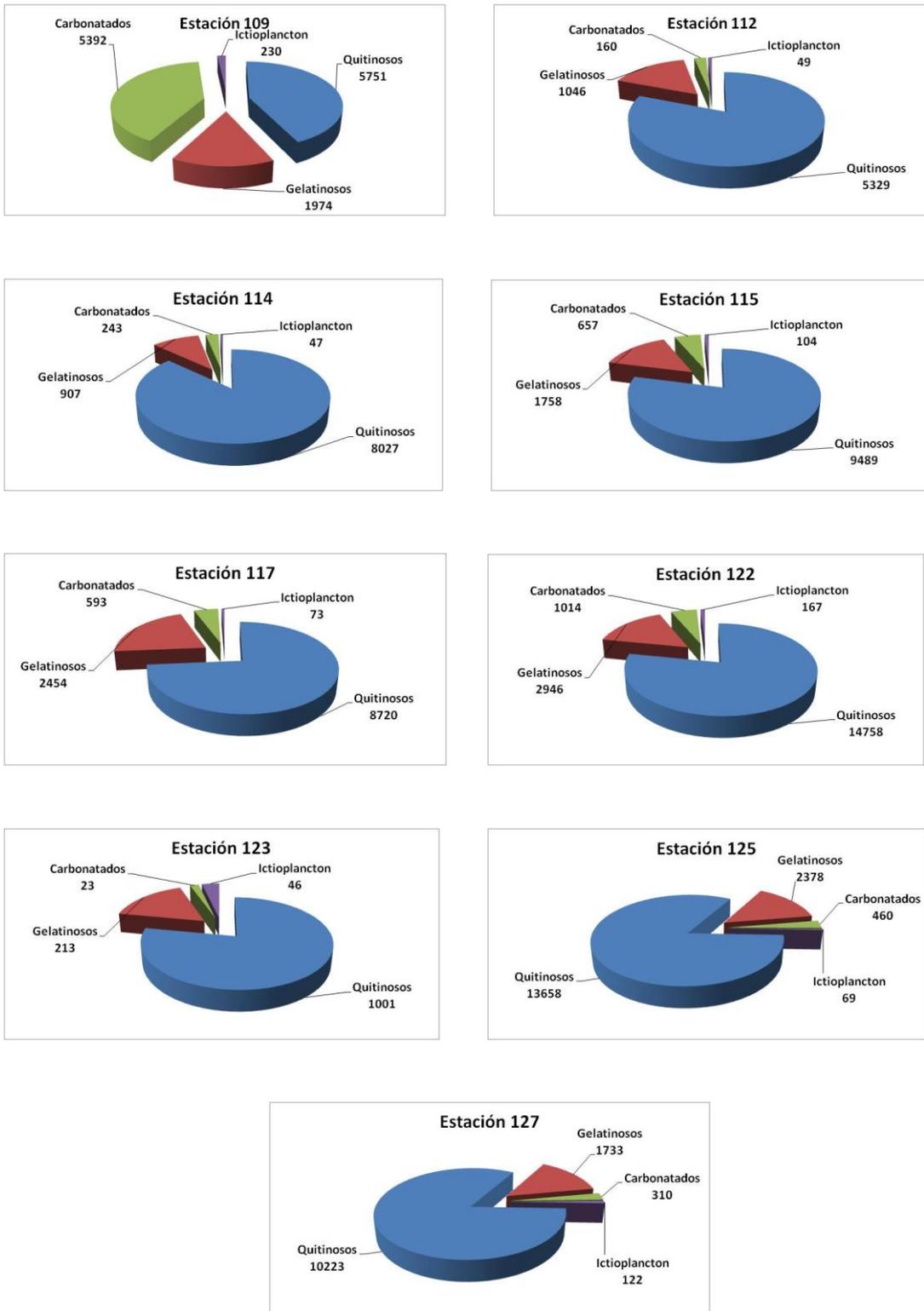


Fig. 5. Composición zooplanctónica (número de organismos en 100 m³ por grupo) en época de finales de nortes (abril de 2000).

La mayor abundancia de zooplancton se registró en el centro del Cañón de Campeche (estación 122) con 18885 organismos en 100 m³ (Tabla 4). En dicha localidad, los copépodos fueron los más abundantes. Estos organismos son los más conspicuos e importantes del zooplancton en zonas neríticas y oceánicas, llegando a formar entre el 70 y 90% de la biomasa zooplanctónica. Otro grupo abundante fue el de los ostrácodos, particularmente en la localidad 123, ubicada al suroeste del Cañón de Campeche. Los ostrácodos son sensibles a cambios en diversas condiciones de su ambiente, tales como salinidad y temperatura (Palacios-Fest y Dettman, 2001). El grupo de los eufáusidos también presentó altas abundancias, particularmente sobre el talud continental (estación 112). Estos organismos responden a cambios en la intensidad luminosa y presentan migraciones verticales; su abundancia es mayor en localidades muestreadas durante la noche (Castellanos y Gasca, 1996). Su distribución también depende de la temperatura, la salinidad, la presión, la viscosidad, la densidad del agua y la disponibilidad de alimento. Usualmente, este grupo constituye del 5 al 10 % del total de la biomasa del zooplancton y aproximadamente el 30 % de la biomasa de los crustáceos. McGowan (1974, 1977) señala que en el Pacífico, la distribución de muchas especies de eufáusidos está relacionada con la presencia de giros y de zonas de transición entre masas de agua.

Con respecto al conjunto de los gelatinosos, uno de los grupos más abundante fue el de los quetognatos (Tabla 4). Estos organismos son más abundantes en la zona epipelágica (Gasca y Suárez, 1996) y pueden llegar a representar más del 50 % de la biomasa zooplanctónica (Darren *et al.*, 2001).

Los sifonóforos fue otro grupo abundante en abril de 2000 (Tabla 4). Estos organismos son abundantes sobre la plataforma continental respecto a la zona oceánica (Gasca, 1999). En el presente estudio, las mayores abundancias se registraron sobre el Banco de Campeche y en localidades del Cañón de Campeche muestreadas durante el día (16:58 hrs). En este caso se daría una migración diurna. Se ha documentado que muchos sifonóforos epipelágicos llevan a cabo migraciones verticales diurnas desde una profundidad de 200 m (Boltovskoy, 1999). Cabe mencionar que la influencia de la corriente de intrusión, que atraviesa el Banco de Campeche, se extiende hacia la porción central, favoreciendo la abundancia de este grupo (Gasca *et al.*, 1995). En esta misma localidad, se registró una elevada abundancia de foraminíferos (4472 organismos en 100

m³), tanto planctónicos como bénticos. Cabe señalar que esta localidad es somera (65 m de profundidad total). Los foraminíferos planctónicos son comunes en sistemas de surgencias, en fronteras de masas de agua, en eventos de florecimientos de fitoplancton, en remanentes de fuertes tormentas y se desarrollan mejor entre los 50 y 100 m de profundidad (Boltovskoy, 1999; Hemleben *et al.*, 1989).

9.2. Abril de 2001, época de finales de nortes (PROMEBIO IV)

9.2.1. Biomasa del zooplancton

Las biomásas obtenidas en este muestreo fueron homogéneas, con valores promedio de 4 g 100 m³; el valor más bajo fue de 3.39 g 100 m³ (Tabla 5), registrado al noreste del Cañón de Campeche (estación 98). Asimismo, se registraron dos valores altos; uno en la parte sureste del cañón (8.33 g 100 m³), en la localidad 104 y otro al suroeste del mismo (6.32 g 100 m³), en la localidad 118 (Fig. 6).

En la parte oriental del área de estudio, Rosales Navarro (2007) reporta una lengüeta de agua fría en la superficie, la cual, al friccionar con el fondo, fertilizando la columna de agua promoviendo la productividad biológica en la región sureste del Cañón de Campeche, donde se registraron las mayores biomásas del zooplancton. Asimismo, en el sur del Golfo de México se han observado biomásas zooplanctónicas elevadas, asociadas con la termoclina (Ramírez Cruz, 2005). En esta misma región, se presentan concentraciones altas de clorofila *a*, también asociadas con la termoclina (Arriola Pizano, 2005). Tanto los procesos hidrodinámicos como la estructura hidrográfica de la columna de agua, juegan un papel muy importante en la productividad planctónica (Mann y Lazier, 1991).

Por otro lado, cabe mencionar que la mayor biomasa de zooplancton (8.33 g 100 m³), representada en un 65 % por copépodos, se registró durante el día (9:15 hrs) en la zona del talud continental (estación 104). Esta mayor biomasa podría corresponder a un parche de zooplancton asociado a las condiciones hidrodinámicas presentes en la zona del talud. En la formación de parches de zooplancton, Darren *et al.* (2001) y Foerster (1996), mencionan el papel que juegan las zonas de frontera y gradientes térmicos; sin

embargo, también es factible una acumulación mecánica de los organismos por procesos hidrodinámicos como los frentes (Frank, 1992).

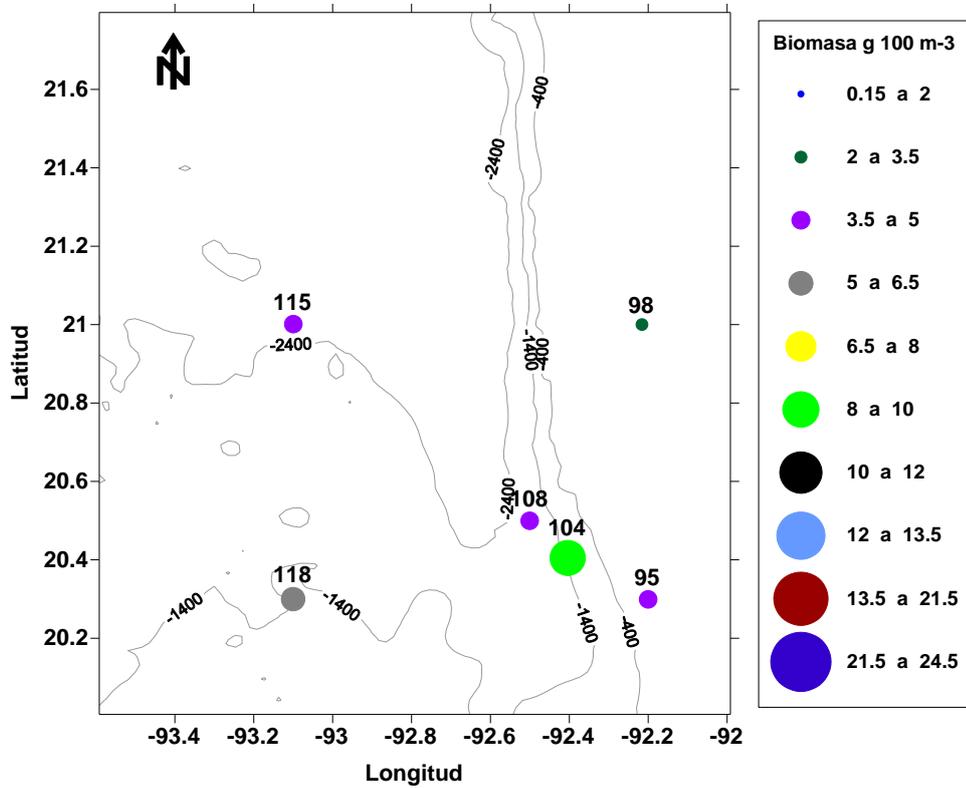


Fig. 6. Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de finales de nortes (abril de 2001).

Tabla 5. Biomosas de zooplancton registradas en época de finales de nortes (abril de 2001).

Estación	Profundidad total (m)	Hora	BIOMASA (g 100 m ³)
95	88	12:00	4.30
98	66	20:26	3.39
104	2066	09:15	8.33
108	2640	22:08	4.87
115	2234	14:12	4.29
118	2100	22:19	6.32

9.2.2. Composición y abundancia del zooplancton

Con respecto a la composición del zooplancton, en la mayoría de las localidades muestreadas en abril de 2001, se registraron todos los grupos considerados para este estudio. Se observó que el conjunto de los quitinosos fue el que predominó, siguiéndole el de los gelatinosos, los carbonatados y finalmente el ictioplancton (Fig 7).

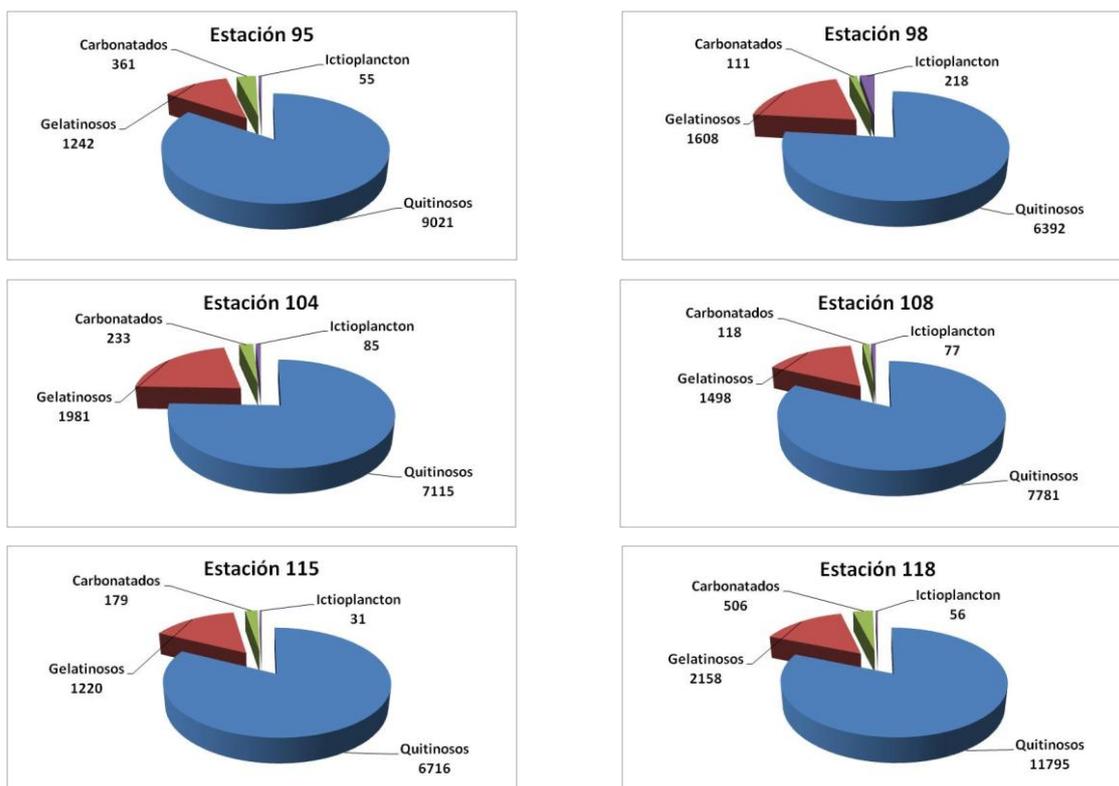


Fig. 7. Composición zooplanctónica (número de organismos en 100 m³ por grupo) en época de finales de nortes (abril de 2001).

La abundancia de organismos fue mayor (14515 organismos en 100 m³) al noroeste del Cañón de Campeche (estación 118). Al igual que en el muestreo anterior, los quitinosos fueron los mismos, sólo se sumó el grupo de los anfípodos, con una mayor abundancia al noreste, sobre el Banco de Campeche (estación 98) (Tabla 6). Los anfípodos representan al tercer grupo de mayor abundancia después de los copépodos y los eufáusidos, caracterizándose por ser más abundantes en la zona oceánica y menos en aguas costeras y con circulación ciclónica (Gasca, 2004; Gasca y Suárez, 1996); sin embargo, en este estudio la mayor abundancia se registró sobre el Banco de Campeche.

Esta alta abundancia también fue reportada por Ramírez Cruz (2005) para la zona del Banco de Campeche en abril de 2001.

Con respecto al conjunto de los organismos gelatinosos, se encontraron altas abundancias de sifonóforos y quetognatos, al igual que en el muestreo de abril de 2000, sumándose a este grupo, las medusas, con altas abundancias al sureste del Cañón de Campeche (estaciones 104 y 108). La distribución especial de las medusas depende de diversas condiciones ambientales (salinidad y temperatura, entre otras), del régimen de corrientes o movimientos de las masas de agua y de aspectos biológicos como el tipo de reproducción (Gasca y Suárez, 1996). En la región muestreada se observó una masa de agua desplazada del noreste hacia el suroeste (Fig. 8), misma que pudo transportar a estos organismos provenientes del Banco de Campeche. Se ha reportado la presencia de aglomeraciones de medusas en aguas costeras (Gasca y Suárez, 1996).

Al sur del Cañón de Campeche (estaciones 95, 104, 108 y 118), otro grupo del zooplancton que presentó altas abundancias fue el de los heterópodos. Estos organismos aprovechan la parte iluminada del día para realizar la captura de sus presas; asimismo, su distribución está restringida a aguas cálidas y superficiales (Gasca y Suárez, 1996). Rosales Navarro (2007) reportó una masa de agua caliente de los 75 a los 150 m de profundidad, al sur del Cañón de Campeche, en abril de 2001. Esta misma condición en la columna de agua se encontró en este trabajo y se puede observar en la topografía de la isoterma de 18.5°C (Fig. 8), pudiendo tener consecuencias favorables para promover altas abundancias de los heterópodos en esta región.

Con respecto al conjunto de los carbonatados, se observaron altas abundancias de foraminíferos en la mayor parte de la región muestreada, con excepción de la zona noreste, sobre el Banco de Campeche (Tabla 8). Se ha documentado que los foraminíferos son más conspicuos en los primeros 50 m de la columna de agua; por debajo de esta profundidad, su abundancia disminuye exponencialmente (Boltovskoy 1999).

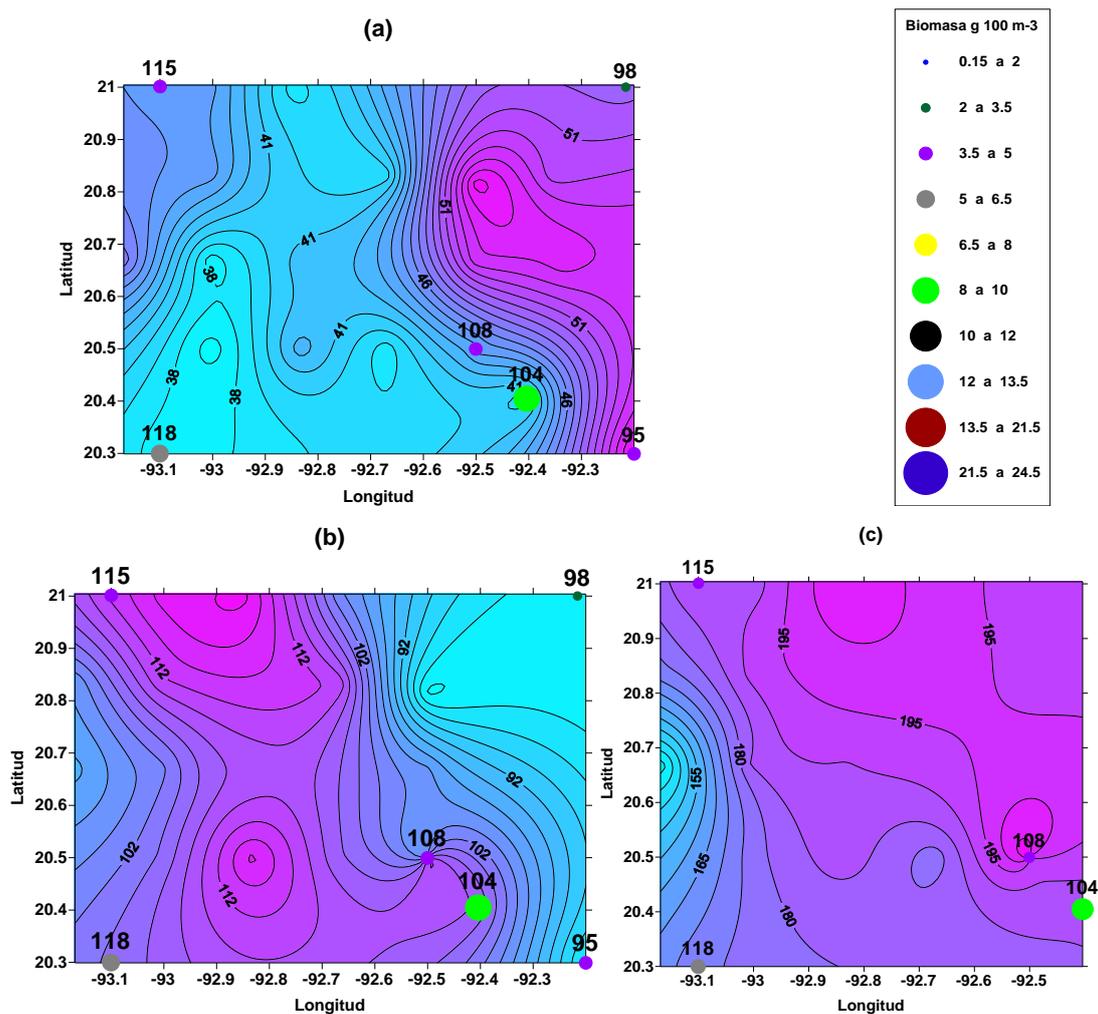


Fig. 8. Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para abril de 2001.

Por último, el ictioplancton fue abundante en la región noreste, sobre el Banco de Campeche (estación 98). Este grupo forma parte del meroplancton y su presencia en las muestras de zooplancton se puede relacionar con la actividad de desove de los peces adultos. Muchas especies desovan estratégicamente, migrando a zonas más productivas para asegurar la supervivencia de las crías y los juveniles (Boltovskoy, 1999).

Tabla 6. Composición y abundancia del zooplancton (organismos en 100 m³) en abril de 2001 (época de finales de nortes).

	Grupo	Estaciones de muestreo en abril de 2001 (época de final de nortes)					
		Est. 95	Est. 98	Est. 104	Est. 108	Est. 115	Est. 118
	Biomasa (g 100 m ³)	4.3	3.39	8.33	4.87	4.29	6.32
Quitinosos	Copépodos	7364	5573	6159	6899	6319	10326
	Anfípodos	26	295	55	28	22	41
	Ostrácodos	1306	11	648	301	159	651
	Eufáusidos	43	0	106	280	53	249
	Otros quitinosos	282	513	148	272	162	528
Gelatinosos	Salpas	50	38	42	28	8	30
	Medusas	59	27	182	102	62	78
	Sifonóforos	97	241	174	191	148	205
	Poliquetos	14	8	30	77	31	26
	Quetognatos	629	934	842	435	582	778
	Pterópodos	43	54	34	16	20	22
	Heterópodos	140	73	131	183	50	179
	Otros gelatinosos	209	233	546	467	319	841
Carbonatados	Radiolarios	7	27	13	0	8	37
	Foraminíferos	354	84	220	118	171	469
	Ictioplancton	55	218	85	77	31	56
	Total	10678	8329	9414	9474	8145	14515

9.3 Junio de 2002, época de no nortes (PROMEBIO VI)

9.3.1. Biomasa del zooplancton

En este muestreo se identificaron 4 regiones que se diferencian por las biomásas de zooplancton encontradas.

El Banco de Campeche corresponde a la región donde se encontraron las mayores biomásas de zooplancton (18.67 y 23.24 g 100 m⁻³), tanto para esta época como para todas las épocas estudiadas. Las biomásas llegaron a duplicar el valor encontrado en otras áreas y en otros muestreos (Fig 9; Tabla 7). Estos elevados valores de biomasa zooplanctónica se pueden deber a procesos físicos en zonas de retención y acumulación que se da en frentes (Franks, 1992). Otro factor a considerar respecto a las elevadas biomásas de zooplancton es la disponibilidad de alimento en los máximos de clorofila. Los máximos de clorofila han sido registrados a 50 m de profundidad y asociados con la termoclina, ambos muy cercanos al fondo sobre el Banco de Campeche (Durán Campos, 2010).

El noroeste del Cañón de Campeche (estaciones 18, 19, 21 y 28) representa la segunda región en cuanto a valores de biomasa de zooplancton (13.37, 7.03, 7.40 y 8.20 g 100 m⁻³, respectivamente). Esta zona estuvo influenciada por una circulación ciclónica en el estrato superior (Fig. 10). En aguas más profundas (aproximadamente 130 m) se observó una circulación anticiclónica. Los patrones hidrodinámicos generan zonas de frontera entre un giro y otro, propiciando condiciones favorables para la concentración del zooplancton (Foerster, 1996; Franks, 1992). Los valores más altos de biomasa zooplanctónica (13.37 y 8.20 g 100 m⁻³) se registraron en las localidades 18 y 28. La primera se localizó en el borde de una circulación ciclónica y una anticiclónica, en el plano horizontal. En la localidad 28 se observó un giro ciclónico desde los 200 m hasta los 37 m de profundidad (Fig. 10). Este giro probablemente fertilizó la zona, promoviendo una mayor productividad del plancton (Wormuth, 1982; Biggs, 1992). Los procesos de surgencia son frecuentes en el Golfo de México y tienen una concentración de nutrientes y una productividad relativamente mayores a las de las aguas oligotróficas circundantes (Biggs, 1992).

En esta zona del noroeste del Cañón de Campeche, Durán Campos (2010) reporta valores elevados de clorofila *a* en sus máximos. Por su parte, Foerster (1996) comenta que las zonas de frontera benefician la producción primaria favoreciendo a su vez al zooplancton herbívoro. Mojica Ramírez (2003) reportó altos valores de biomasa zooplanctónica en los bordes de un giro ciclónico y uno anticiclónico, presentes en la misma región en agosto de 1999.

Sobre el Cañón de Campeche se registró otra región, integrada por las localidades 26, 38, 43 y 55, con un valor promedio de biomasa zooplanctónica de $5.5 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. En este conjunto de localidades se observaron patrones de circulación ciclónica y anticiclónica (Fig. 10).

La cuarta región correspondió al suroeste del Cañón de Campeche (estaciones 52, 45 y 36) con valores bajos de biomasa de 4.59, 4.88 y $2.79 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$, respectivamente. Este conjunto presentó las mismas características hidrodinámicas que la región anterior, con bajas biomásas de zooplancton. Ambas regiones se encuentran alejadas de la influencia del Banco de Campeche.

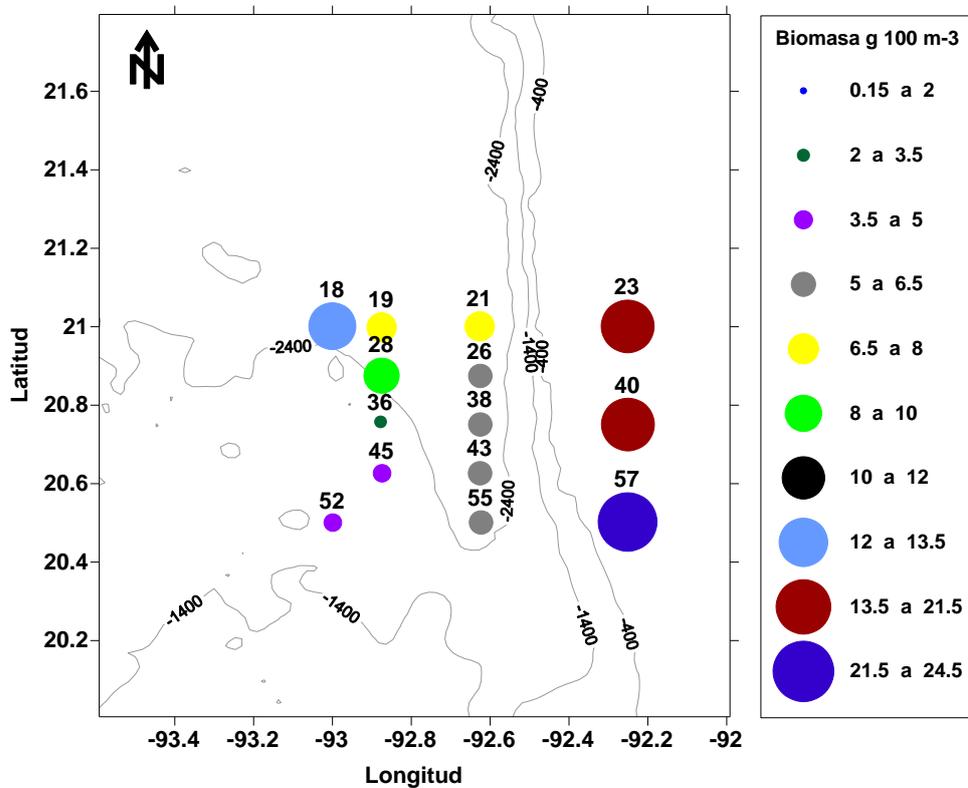


Fig. 9. Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de no nortes (junio de 2002).

Tabla 7. Biomosas de zooplancton registradas en época de no nortes (junio de 2002).

ESTACION	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	HORA	BIOMASA (g 100 m ⁻³)
18	2350	16:09	13.37
19	2775	19:50	7.03
21	2550	00:22	7.40
23	54	06:31	18.62
26	2475	16:26	5.87
28	2685	21:45	8.20
36	2287	16:55	2.79
38	-----	21:23	5.76
40	54.36	03:27	21.15
43	2480	11:58	6.13
45	1732	18:09	4.88
52	1560	07:53	4.59
55	2440	21:03	5.60
57	55	01:17	23.24

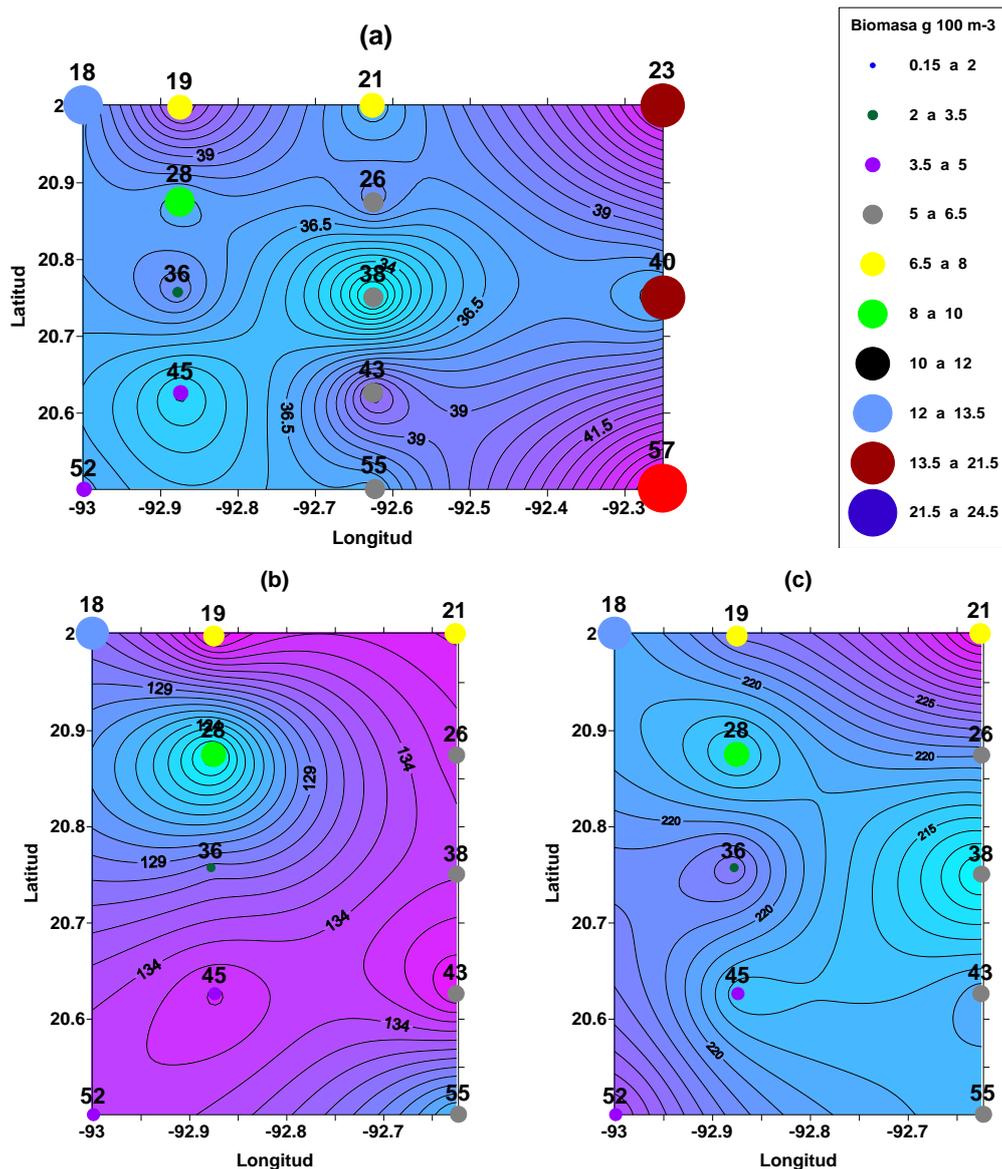


Fig. 10. Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para junio de 2002.

9.3.2. Composición y abundancia del zooplancton

Durante junio de 2002, la composición zooplanctónica estuvo constituida en su mayoría por organismos quitinosos (85% del total de la biomasa). Sólo en tres localidades se observó un cambio en la composición. Al suroeste del Cañón de Campeche (estaciones 36 y 45), los organismos quitinosos se redujeron a un 60%, mientras que el conjunto de los gelatinosos (quetognatos y heterópodos) se incrementó

hasta un 30%. Por otro lado, en la localidad 52, también situada al suroeste del Cañón de Campeche, se presentó un aumento significativo del ictioplancton (Fig. 11).

Al igual que las biomásas, las abundancias del zooplancton fueron las mayores respecto a las de cualquiera de los otros cuatro muestreos, lo que hace pensar que las abundancias zooplanctónicas sobre el Cañón de Campeche aumentan cuando las condiciones de la columna de agua no presentan mezcla intensa como la producida por el paso de un norte y que los organismos se desarrollan mejor en condiciones de agua cálida. Este muestreo presentó una hidrodinámica muy distinta a los otros cuatro muestreos, debido a la falta de fenómenos atmosféricos (nortes). La hidrodinámica estuvo dominada por circulación ciclónica-anticiclónica, manteniendo altas temperaturas en la columna de agua, en especial en la parte del Banco de Campeche, favoreciendo así, a la producción primaria. Como resultado de esto, se incrementó la biomasa y abundancia del zooplancton.

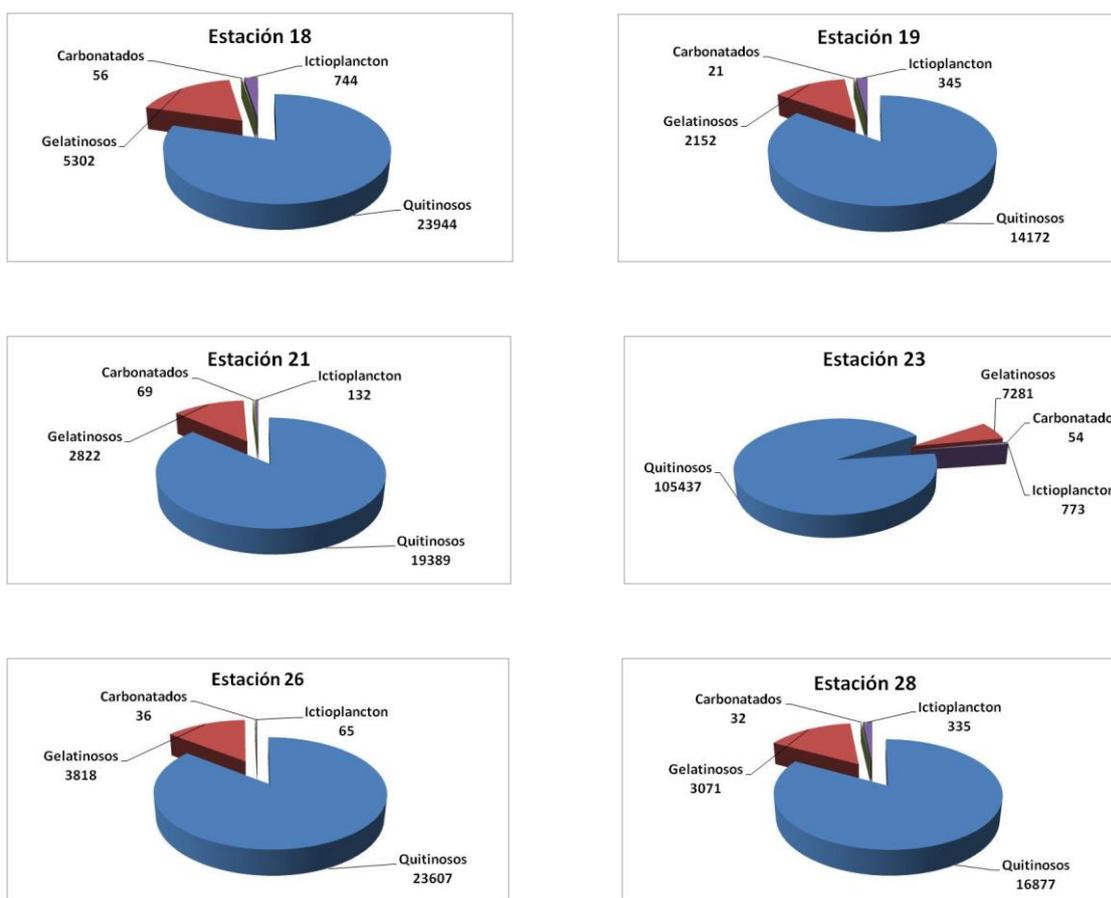


Fig. 11. Composición zooplanctónica (número de organismos en 100 m³ por grupo) en época de no nortes (junio de 2002).

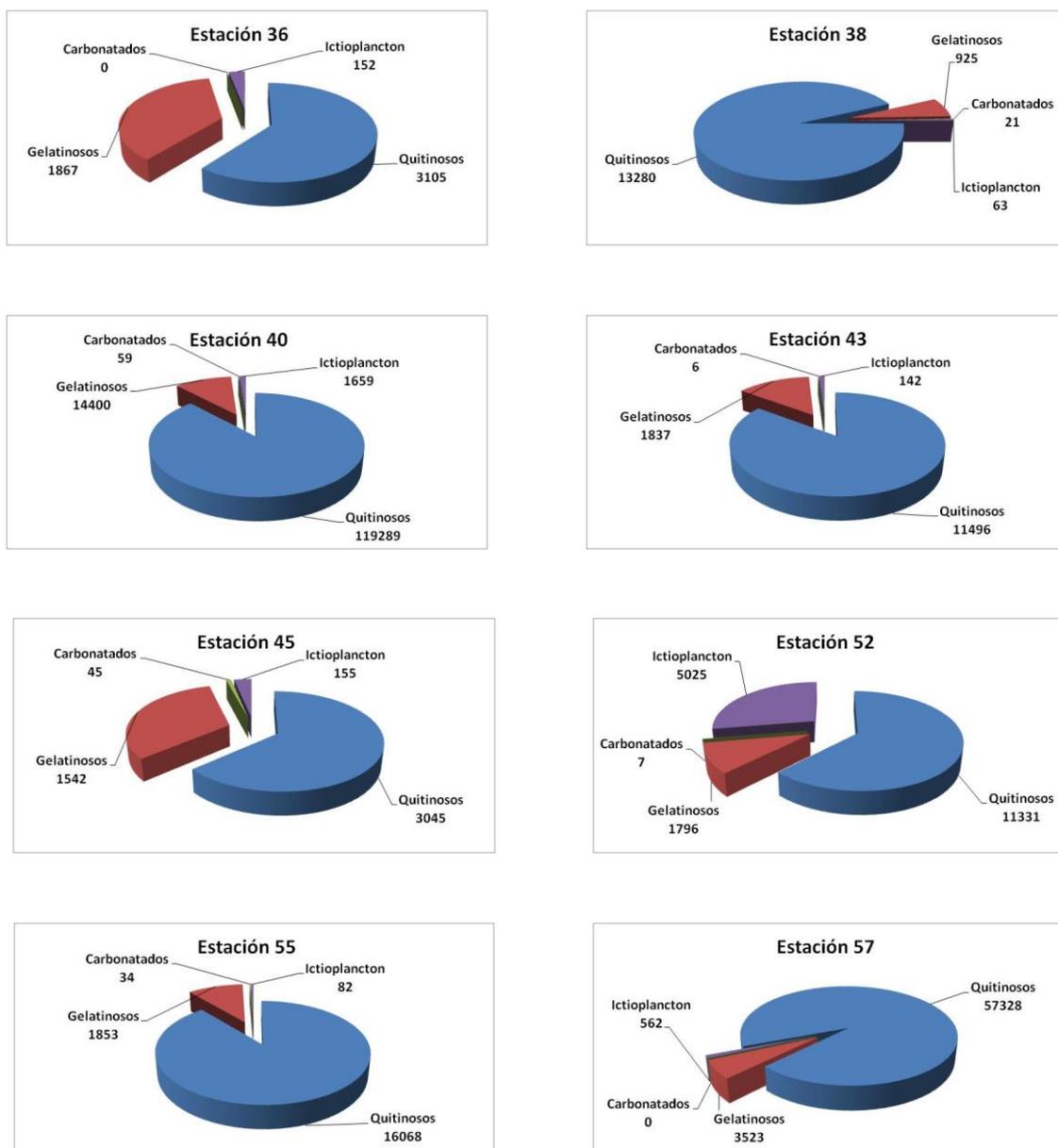


Fig. 11 Continuación. Composición zooplanctónica (número de organismos en 100 m³ por grupo) en época de no nortes (junio de 2002).

Cabe señalar que en este muestreo se aprecia un aumento en el número de los grupos que obtuvieron mayores abundancias; en los otros muestreos su abundancia no fue tan alta.

En la región del Banco de Campeche se encontraron abundancias de hasta 135481 organismos en 100 m³; las más elevadas de esta época (Tabla 8). Dentro del conjunto de los quitinosos, los grupos con mayor abundancia fueron los copépodos,

ostrácodos, anfípodos y eufáusidos. Los dos primeros fueron los más abundantes, al igual que en los muestreos anteriores; sin embargo, en junio de 2002, sus abundancias fueron mucho mayores que en las otras épocas. Los anfípodos presentaron abundancias de hasta 5156 organismos en 100 m³, valor mucho más elevado respecto a los encontrados en las otras épocas (94 organismos 100 m³ para abril de 2000, 295 organismos 100 m³ para abril de 2001, 205 organismos 100 m³ para febrero-marzo de 2003 y 183 organismos 100 m⁻³ para junio-julio de 2004). Los resultados indican que estos organismos presentan una gran abundancia cuando la columna de agua no está muy mezclada.

La mayor abundancia de anfípodos se registró en la zona del Banco de Campeche. Después de los copépodos y los eufáusidos, los anfípodos representan al tercer grupo de crustáceos más abundante en el zooplancton marino (Gasca y Suárez, 1996). Boltovskoy (1999) comenta que dentro del grupo de anfípodos, existen especies que se desarrollan mejor en aguas cálidas y otras que se desarrollan en aguas frías. En este estudio posiblemente sean especies de aguas cálidas, ya que en la zona de estudio se observaron altas abundancias de estos organismos en la época de no nortes donde se registró, en la zona del Banco de Campeche, una temperatura más elevada (30-31°C) que en los otros muestreos. García-Madrigal (2007) señala que los anfípodos se distribuyen desde la zona costera hasta zonas oceánicas. Los anfípodos que se encuentran en las zonas costeras se pueden asociar a los fondos o a capas por encima de éstos e incluso con macroalgas y pastos marinos; también pueden realizar migraciones verticales para su alimentación (Boltovskoy, 1999).

Tabla 8. Composición y abundancia del zooplancton (organismos 100 m³) en junio de 2002 (época de no nortes).

	Grupo	Estaciones de muestreo en junio de 2002 (época de no nortes)													
		Est. 18	Est. 19	Est. 21	Est. 23	Est. 26	Est. 28	Est.36	Est. 38	Est. 40	Est. 43	Est.45	Est. 52	Est. 55	Est. 57
	Biomasa (g 100 m³)	13.37	7.03	7.4	18.62	5.87	8.2	2.79	5.76	21.25	6.13	4.88	4.59	5.6	23.24
Quitinosos	Copépodos	21172	12669	16983	27959	21164	14606	2248	11207	67200	10240	2065	9338	14831	23677
	Anfípodos	223	159	19	1207	145	142	38	14	5156	18	65	95	41	1123
	Ostrácodos	1433	814	1613	70034	1767	1135	400	1600	30400	895	374	1425	773	25549
	Eufáusidos	651	283	510	108	233	574	190	202	237	136	258	58	34	17
	Otros quitinosos	465	248	265	6129	298	419	229	257	16296	207	284	415	390	6962
Gelatinosos	Salpas	37	0	25	14	29	6	0	0	178	36	0	15	14	0
	Medusas	56	14	57	231	44	58	0	0	296	59	26	29	82	0
	Sifonóforos	205	110	246	108	262	265	114	104	533	113	161	218	342	187
	Poliquetos	260	14	101	41	15	52	57	7	0	12	6	87	123	17
	Quetognatos	4056	1828	1978	2536	1316	1813	990	445	5867	1268	884	1222	1005	2213
	Pterópodos	74	48	38	3363	124	71	0	21	1185	47	58	58	41	477
	Heterópodos	167	48	202	407	1898	568	229	285	1837	172	232	80	68	170
	Otros gelatinosos	447	90	176	583	131	239	476	63	4504	130	174	87	178	460
Carbonatados	Radiolarios	56	21	38	14	15	26	0	7	59	0	0	0	27	0
	Foraminíferos	0	0	31	41	22	6	0	14	0	6	45	7	7	0
	Ictioplancton	744	345	132	773	65	335	152	63	1659	142	155	5025	82	562
	Total	30047	16690	22413	113546	27527	20316	5124	14289	135407	13481	4787	18160	18038	61413

Gasca y Suárez (1996) reportan que algunas especies de anfípodos llegan a formar agregaciones cerca de la superficie, lo que concuerda con lo registrado en la parte noroeste del Cañón de Campeche (estaciones 18, 19, 26 y 28) donde se presentaron altas abundancias de este grupo. Estos organismos juegan un papel importante en las redes tróficas marinas y se distinguen por ser un grupo clave en el funcionamiento de los ecosistemas marinos, ya que debido a su importancia ecológica, abundancia numérica y sensibilidad a tóxicos, se han considerado buenos indicadores de contaminación (García-Madriral, 2007). En la zona noroeste del Cañón de Campeche las altas abundancias de anfípodos se registraron en los bordes de los giros ciclónico-anticiclónico.

Los eufáusidos presentaron grandes abundancias en la mayoría de las estaciones muestreadas. Es uno de los grupos dominantes del zooplancton marino, especialmente sobre la plataforma continental y en áreas de alta productividad, donde resaltan por su elevada abundancia y baja diversidad (Gibbons *et al.*, 1999). Varias especies son indicadoras de masas de aguas y son fuente alimenticia importante para numerosas especies, constituyendo un enlace entre la producción fitoplanctónica y los niveles superiores. Algunas especies pueden formar concentraciones comparables en número y biomasa a las de los copépodos, e incluso los superan en ciertas épocas del año y/o en determinadas regiones (Antezana y Brinton, 1981 en Boltovskoy, 1999). Las altas abundancias de este grupo en la zona de estudio pudieron deberse a los procesos hidrodinámicos, la topografía de la plataforma, los frentes y los giros, mismos que pueden actuar como mecanismos de retención de organismos (Djurfeldt, 1989; Cáceres y Arcos, 1991; Franks, 1992), promoviendo así, altas abundancias en las zonas de mar abierto y en la plataforma continental.

Sobre el Banco de Campeche (estación 40), los organismos gelatinosos presentaron altas abundancias, particularmente el grupo de las salpas. Son filtradores y requieren de grandes concentraciones de alimento (Bathmann, 1988; Heron y Benham, 1985; Le Borgne y Moll, 1986; Lodh *et al.*, 1988; Paffenhoefer y Lee, 1987). La elevada tasa de reproducción que presentan estos organismos gelatinosos, les permiten alcanzar altas densidades en pocos días (Madin y Purcell, 1992). Algunos autores asocian la presencia de salpas con diferentes procesos hidrodinámicos de mesoescala, como la advección en giros conteniendo aguas más cálidas. Asimismo, la persistencia de grandes abundancias estaría determinada por una intensa estratificación térmica del agua, la ausencia de disturbios (Paffenhoefer y Lee, 1987; Gibbons, 1997) y la formación de frentes oceánicos (Huskin *et al.* 2003).

Sobre el Banco de Campeche, otro grupo que presentó altas abundancias dentro del conjunto de los gelatinosos fue el de las medusas. La distribución de estos organismos planctónicos depende de diversos factores como el tipo de reproducción, las condiciones ambientales, el régimen de corrientes, la salinidad, la temperatura y el alimento (Ramírez y Zamponi, 1981 en Boltovskoy 1999). En las zonas costeras de elevada productividad y en aguas poco profundas, las hidromedusas y algunas

escifomedusas pueden llegar a ser muy abundantes, constituyendo florecimientos poblacionales con densidades muy altas (Gasca y Suárez, 1996).

En este muestreo también fueron conspicuos los sifonóforos y los quetognatos. Los sifonóforos presentaron grandes abundancias en época de nortes con temperaturas bajas y menores abundancias en época de no nortes, con temperaturas más altas; mientras que los quetognatos presentaron patrones inversos. Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna (2001) determinaron que la temperatura es un factor que influye en la composición y abundancia de los quetognatos. Por su parte Darren *et al.* (2001), encontraron que más del 50% del biovolumen del zooplankton esta dado por los quetognatos y que éstos, al presentar una abundancia significativa en la región, resultarían en un estado trófico predominantemente de carnívoros.

Dentro del mismo conjunto de organismos gelatinosos, otro grupo que mostró altas abundancias fue el de los poliquetos, en la parte noroeste (estaciones 18 y 21) y en la parte sur (estación 55), sobre el Cañón de Campeche (Tabla 8). La mayoría de los organismos perteneciente a este grupo son bénticos; sólo 8 familias son pelágicas; algunos géneros desarrollan parte de su ciclo de vida en las zonas pelágicas (etapa larval y postlarval). Otros, al realizar su metamorfosis, que produce organismos sexualmente maduros, suben a la superficie y forman parches (Boltovskoy, 1999). En este estudio, las mayores abundancias se presentaron en zonas con circulación ciclónica desde los 200 m hasta la superficie (estaciones 18 y 55). Esta circulación ciclónica promueve el incremento de la biomasa planctónica en zonas de retención y acumulación de zooplancton (Franks, 1992).

El grupo de los pterópodos presentó altas abundancias sobre el Banco de Campeche en las localidades 23, 40 y 57. Son organismos de zonas oceánicas; sin embargo, existen algunos géneros que pueden llegar a desarrollarse en zonas neríticas. Su mayor abundancia se da en los estratos subsuperficiales (Boltovskoy, 1999). Lemus Santana (2011) encontró mayor abundancia de pterópodos en las estaciones más alejadas de la costa, en el sur del Golfo de México. Algunas especies se desarrollan mejor en aguas cálidas. En este trabajo, las abundancias que se encontraron fueron altas en esta época con temperaturas más elevadas, favoreciendo el desarrollo de estos organismos. Los pterópodos presentan migraciones diurnas (Gasca y Suarez, 1996).

Posiblemente, éste también pudo ser un factor que determinó el haber encontrado altas abundancias en la zona del Banco de Campeche durante el día.

Por último, dentro del conjunto de organismos gelatinosos, el grupo de los heterópodos también presentó altas abundancias en la mayoría de las estaciones muestreadas. Este grupo se caracteriza por localizarse en zonas con temperatura estable; por lo que, se considera que son organismos neríticos. Asimismo, se reporta que se restringen a los estratos superiores (0-500 m). Este grupo cuenta con ojos que les permiten ver a sus presas, lo que los hacen depredadores potenciales.

El grupo del ictioplancton presentó un aumento en su abundancia en este muestreo. Al suroeste del Cañón de Campeche (estación 52) se presentó la mayor abundancia (5025 organismos en 100 m⁻³). Flores-Coto *et al.* (2009), González-Félix (1994) Martínez-Gutiérrez, (1994), Sanvicente-Añorve *et al.* (1998) y Sanvicente-Añorve *et al.* (2000) reportan mayores abundancias en la zona nerítica, en primavera y verano y menores en la zona oceánica, en invierno.

Las altas abundancias del ictioplancton en la zona oceánica están dadas por organismos adultos que habitan y desovan ahí (Gartner 1993). Estas larvas, cuyos padres son de zona oceánica, ocupan generalmente estratos con profundidades mayores a 50 m (Kinzer y Schultz ,1985; Lancraft *et al.*, 1988). Desarrollan un patrón de distribución vertical; en el día se encuentran en capas profundas y durante la noche alcanzan capas superiores para alimentarse (Gray, 1998; Gray y Kingsford, 2003; Flores-Coto *et al.* 2000).

La variación de la composición, abundancia y distribución de larvas de peces tiene, según diversos autores, diferentes causas; puede generalizarse que tal variación obedece en primer término a las áreas y épocas de desove de los adultos; en segundo término a los hábitos alimenticios de las larvas y finalmente a diversos procesos físicos que las dispersan o concentran, principalmente en zonas frontales (Boehlert y Mundy, 1993; Leis, 1993; Marancik *et al.*, 2005; Salas de León *et al.*, 1998; Sanvicente-Añorve, *et al.*,1998, 2000, 2006; Southers y Frank, 1991). Después de la eclosión, la sobrevivencia y distribución de las larvas dependen de la biología de la especie y de la disponibilidad de alimento. La biología de las especies implica los límites de tolerancia

de cada taxón a diversos factores como luz, salinidad, temperatura (Boehlert y Mundy, 1994), límites que se asume han sido fijados a través de un largo proceso evolutivo.

9.4 Febrero-marzo de 2003, época de nortes (PROMEBIO VII)

9.4.1. Biomasa del zooplancton

Este muestreo se realizó después del paso de un norte. Se observó que en la mayoría de las estaciones se registraron valores de biomasa entre 5.5 y 9 g 100 m³ (Fig. 12).

El mayor valor de biomasa encontrado fue de 9.40 g 100 m³, en la parte sureste del Cañón de Campeche (estación 73), en el borde entre un giro ciclónico y uno anticiclónico (Fig. 13). Resultados similares fueron registrados por Mojica-Ramírez (2003) en agosto de 1999 (época de no nortes) y Ramírez-Cruz (2005) en abril de 2000 y 2001 (época de nortes). En las interfases, de los giros se concentra el zooplancton (Foerster, 1996). En la parte central del Cañón de Campeche (estación 35), se obtuvieron dos valores bajos de biomasa; el primero fue de 0.76 g 100 m³ y el segundo de 1.79 g 100 m³, al suroeste del Cañón de Campeche (estación 69) (Fig. 12; Tabla 9). La disminución en la biomasa se puede deber a la mezcla de la columna de agua derivada del paso del norte. Un patrón semejante fue reportado por Ramírez-Cruz (2005), después del paso de un norte. La homogeneidad de las biomasas en la zona de estudio podría deberse a la dispersión del zooplancton como resultado de la mezcla producida por el norte (Lagadeuc *et al.*, 1997; Mauchline, 1980).

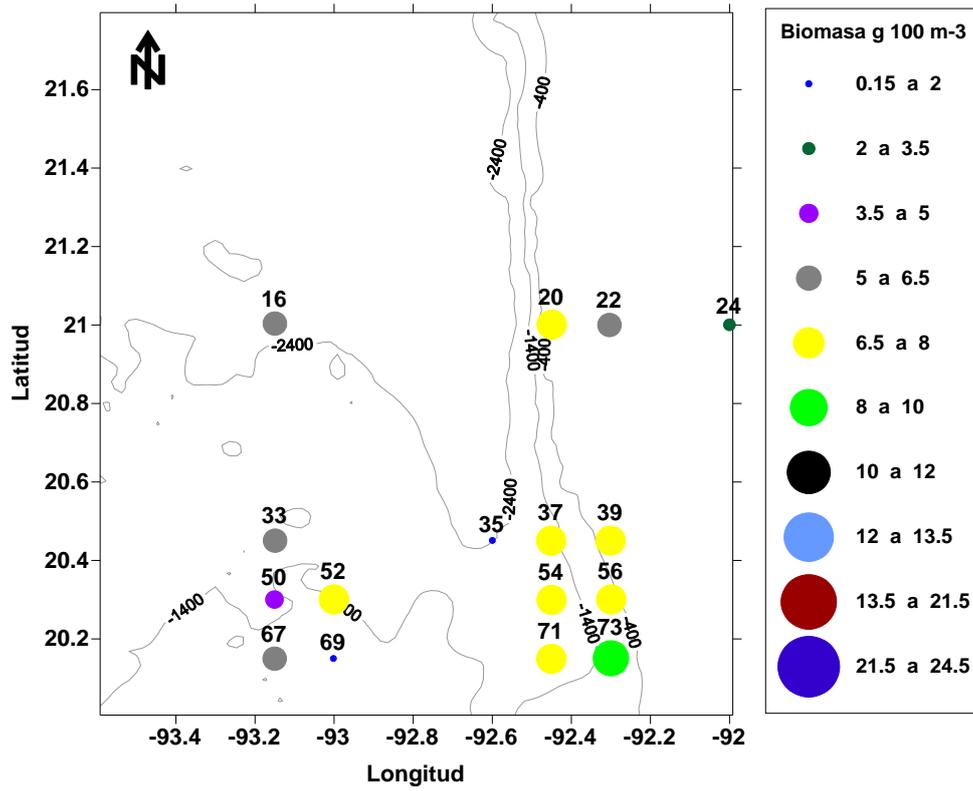


Fig. 12. Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de nortes (febrero-marzo de 2003).

Tabla 9. Biomosas de zooplancton registradas en época de nortes (febrero-marzo de 2003).

Estación	Profundidad Total (m)	Hora	Biomasa (g 100 m ³)
16	2644	21:55	5.44
20	-----	14:18	7.81
22	-----	24:00	6.11
24	51	06:08	3.40
33	1879	12:30	5.12
35	2215	18:08	0.76
37	2645	02:32	6.90
39	-----	11:05	7.87
50	1776	04:47	3.91
52	1539	09:25	6.86
54	1679	13:17	7.44
56	-----	18:55	6.55
67	1239	10:25	5.52
69	1199	06:41	1.79
71	1624	02:23	6.72
73	1917	21:30	9.40

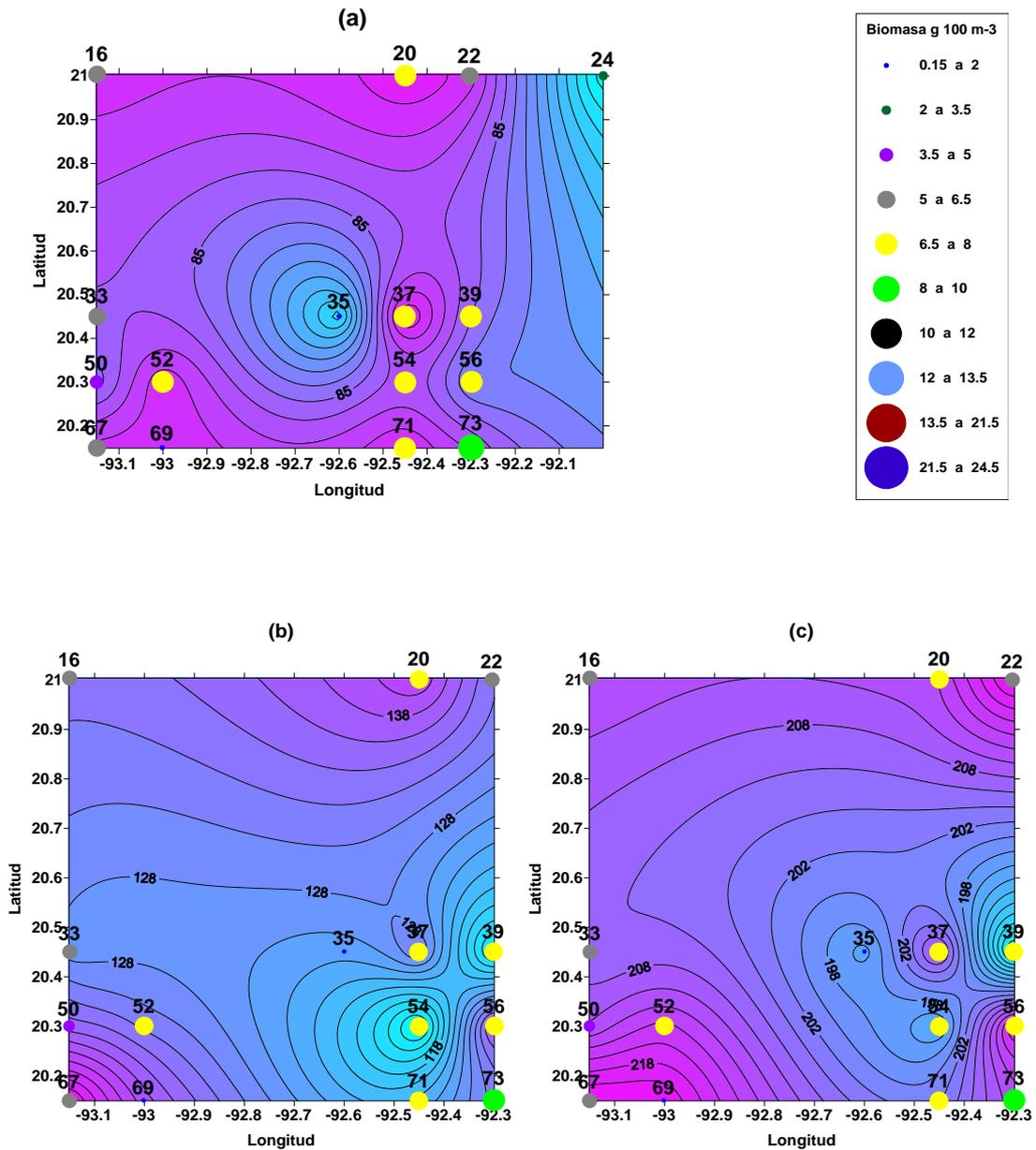


Fig. 13. Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para febrero-marzo de 2003.

9.4.2. Composición y abundancia del zooplancton

Con respecto a la composición zooplanctónica, se observó que en la mayoría de las estaciones muestreadas predominaron los organismos quitinosos. Sólo en tres estaciones se registró un cambio. En la región norte del área de estudio (estaciones 16 y 22) hubo un incremento de organismos gelatinosos en la frontera de los giros. En la localidad 24 (estación somera), los organismos gelatinosos presentaron altas abundancias (2863 organismos 100 m³) con predominancia del grupo de los quetognatos (Fig. 14), este resultado se asemeja a lo encontrado por Darren *et al.*

(2001), quienes comentan que más del 50% del biovolumen esta proporcionado por los quetognatos.

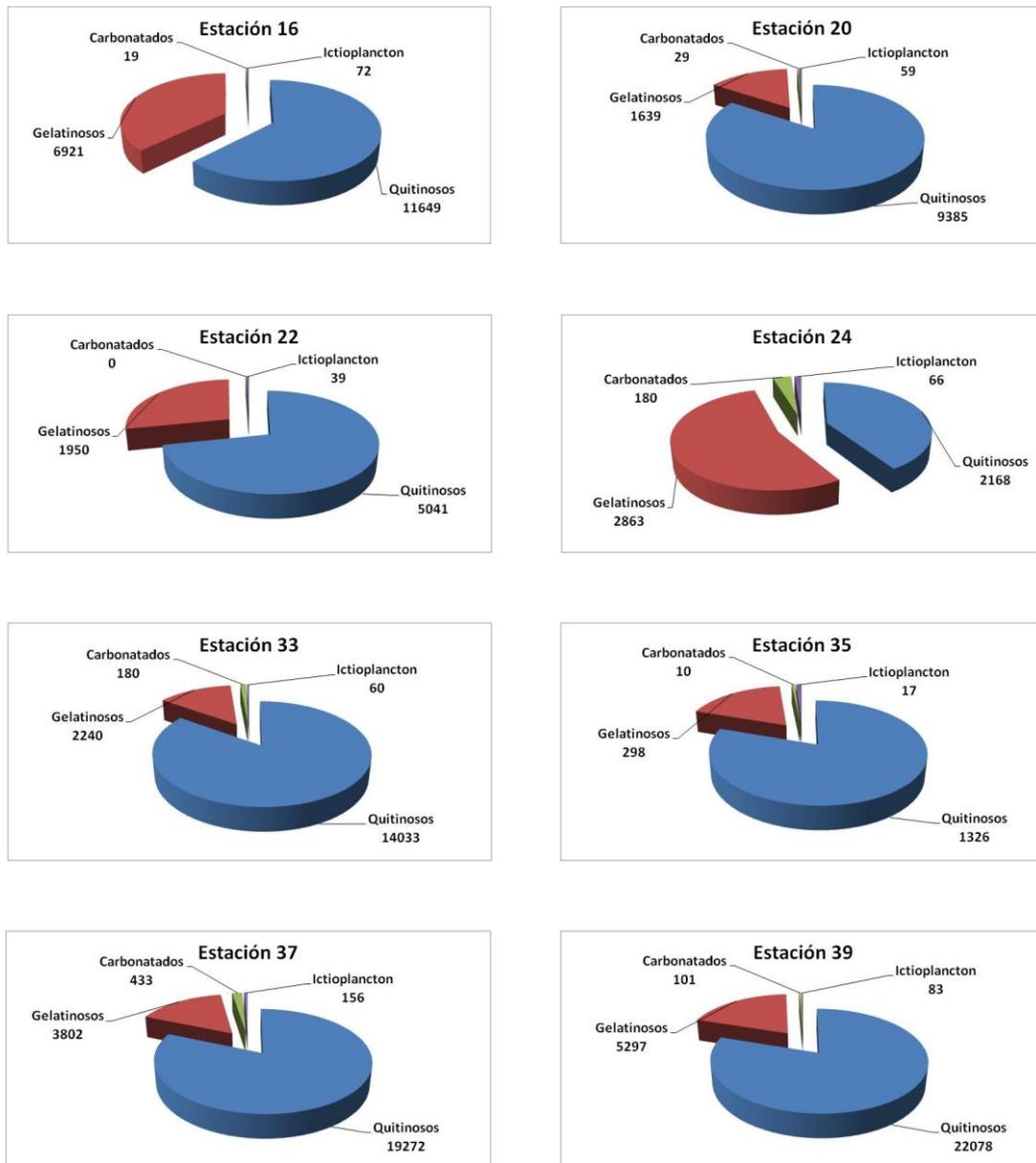


Fig. 14. Composición zooplanctónica (número de organismos 100 m^3 por grupo) en época de nortes (febrero-marzo de 2003).

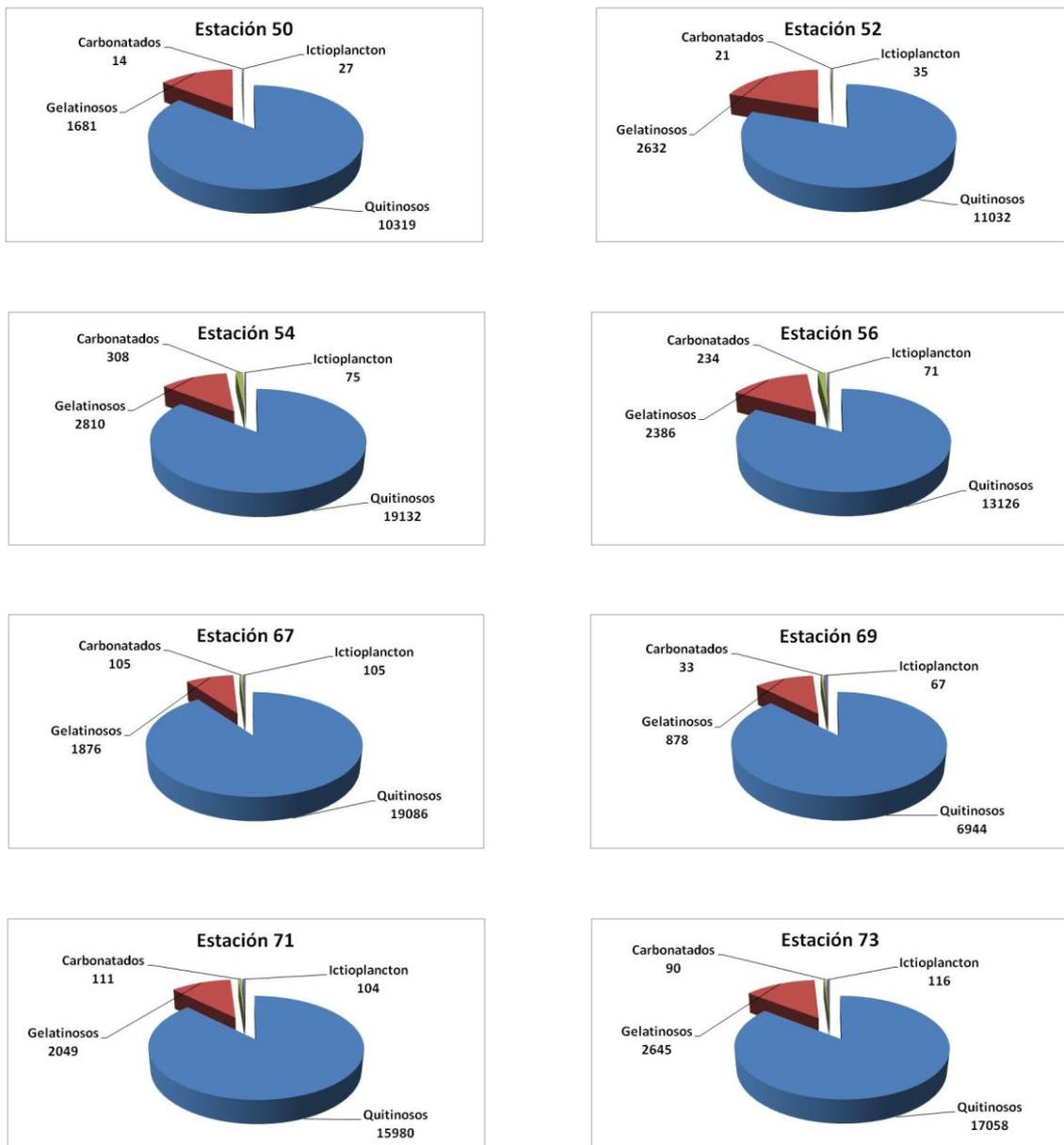


Fig. 14 Continuación. Composición zooplanctónica (número de organismos 100 m³ por grupo) en época de nortes (febrero-marzo de 2003).

Los copépodos presentaron altas abundancias, al igual que en los muestreos anteriores (Tabla 10). Dentro de este grupo existen especies muy abundantes en aguas cálidas (Gasca y Suárez, 1996). Las mayores abundancias se ubicaron en zonas influenciadas por la circulación anticiclónica (Fig.13). A los procesos hidrodinámicos se asocian variables tales como temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto, irradianza, turbidez, mismos que regulan en cierta medida la abundancia y distribución del zooplancton; así, como la disponibilidad de alimento (Gasca y Suárez, 1996).

Otro grupo abundante fue el de los anfípodos, particularmente en estaciones cercanas al talud continental, al este del Cañón de Campeche (estaciones 37 y 39) (Fig. 12). Las altas abundancias se ven influenciadas por la disponibilidad del alimento (Barnes y Hughes, 1988; Hallock y Schlager, 1986). Asimismo, las bajas temperaturas pueden tener efectos sobre el metabolismo y, por ende, en la abundancia (Kinne, 1963). Los procesos hidrodinámicos concentran o diluyen plancton y material en suspensión mediante procesos físicos de acumulación, retención o dispersión (Franks 1992).

Los ostrácodos fueron abundantes en toda la región, con excepción de la localidad 24, situada sobre el Banco de Campeche. La abundancia de los ostrácodos es mayor en la región de aguas someras de la plataforma continental (Benson, 1961). En la parte oceánica con una circulación ciclónica y efectos de frontera, se observó una mayor abundancia de ostrácodos. Tanto los giros ciclónicos como los efectos de frontera son característicos por presentar variables (temperatura, salinidad, turbidez y concentraciones de oxígeno disuelto) distintas a las de aguas vecinas y la distribución de los ostrácodos está controlada en gran medida por factores abióticos como el tamaño y forma de las partículas sedimentarias, su grado de compactación, temperatura, salinidad, luz, oxígeno disuelto y concentración de carbonato de calcio, entre otros (Quiroz-Martínez, 2005).

Los eufáusidos también presentaron altas abundancias en este muestreo, en las localidades 16, 22, 33, 37, 54, 56, 67, 71 y 73, particularmente al sureste del Cañón de Campeche (estaciones 37, 71 y 73) (Tabla 10,) en una zona frontal entre giros ciclónico-anticiclónico. Sameoto (1987) comenta que los eufáusidos son característicos de las zonas de surgencia en las cuales su abundancia es muy alta. Estas zonas son sitios de procesos de fertilización por el aporte de nutrientes de estratos subsuperficiales con gran aporte de nitrógeno, carbono y fósforo, lo cual promueve una alta producción biológica (Arenas, 1992).

Las mayores abundancias de eufáusidos se registraron en la noche, probablemente asociadas con las migraciones verticales que presenta este grupo; ascienden durante la noche y descienden durante el día; estos patrones nictemerales se vinculan con aspectos tróficos y fisiológicos (Rudjakov, 1970; Margalef, 1974). Aunque la amplitud de sus migraciones puede reducirse por la presencia de una termoclina, haloclina o pycnoclina, los eufáusidos pueden atravesar fuertes gradientes de

temperatura, densidad y presión (Gibbons et al., 1999; Nicol, 2006; Linacre y Palma, 2004). La irradianza es una de las variables físicas que mayor influencia tiene en el comportamiento migracional no sólo de los eufáusidos, sino de otros organismos marinos (Haney 1988). Sus patrones de migración vertical se sincronizan con los cambios de luz-oscuridad. Con los primeros rayos luminosos descienden hacia capas más profundas en forma vertical y se alejan de la costa, al ocultarse el sol ascienden a la superficie y se acercan a la costa (Andersen y Bordou, 1992). Las migraciones verticales también se asocian con la concentración de oxígeno disuelto y la salinidad; así como, con aspectos biológicos como la depredación, alimentación y reproducción (Haney, 1988).

Tabla 10. Composición y abundancia del zooplancton (organismos 100 m³) en febrero-marzo de 2003 (época de nortes).

	Grupo	Estaciones de muestreo en febrero-marzo de 2003 (época de nortes)															
		Est. 16	Est. 20	Est. 22	Est. 24	Est. 33	Est. 35	Est. 37	Est. 39	Est. 50	Est. 52	Est. 54	Est. 56	Est. 67	Est. 69	Est. 71	Est. 73
	Biomasa (g 100 m ³)	5.44	7.81	6.11	3.4	5.12	0.76	6.9	7.87	3.91	6.86	7.44	6.55	5.52	1.79	6.72	9.4
Quitinosos	Copépodos	9823	8400	3876	1698	12807	1099	16349	14428	8841	9804	17983	11469	17895	6133	14218	14181
	Anfípodos	68	39	39	85	47	9	205	202	27	21	48	71	48	56	85	39
	Ostrácodos	1291	722	668	21	833	158	1504	6915	1180	870	773	1005	857	522	963	1923
	Eufáusidos	181	39	155	5	127	24	517	9	95	91	123	241	124	89	390	284
	Otros quitinosos	287	185	303	358	220	35	698	524	176	246	205	340	162	144	325	632
Gelatinosos	Salpas	19	10	31	72	67	4	24	101	41	21	27	42	67	33	26	13
	Medusas	38	29	70	16	40	5	24	18	14	21	14	50	29	0	0	26
	Sifonóforos	5453	341	513	494	513	59	626	892	81	632	479	474	324	144	195	297
	Poliquetos	136	68	124	24	140	22	265	101	41	35	116	113	105	33	98	258
	Quetognatos	657	732	909	1658	947	108	1564	3421	678	1025	1258	1133	1019	333	1015	1084
	Pterópodos	162	0	70	411	127	2	265	202	68	232	109	135	48	44	91	65
	Heterópodos	294	341	23	19	160	43	397	359	325	400	410	170	38	67	377	490
	Otros gelatinosos	162	117	210	170	247	55	638	202	434	267	397	269	248	222	247	413
Carbonatados	Radiolarios	0	20	0	5	0	2	108	0	0	0	123	35	10	11	0	0
	Foraminíferos	19	10	0	175	180	7	325	101	14	21	185	198	95	22	111	90
	Ictioplancton	72	59	39	66	60	17	156	83	27	35	75	71	105	67	104	116
	Total	18660	11112	7029	5278	16513	1651	23663	27559	12041	13719	22325	15816	21171	7922	18244	19910

Dentro del conjunto de organismos gelatinosos, se obtuvieron altas abundancias de 5 grupos. Los sifonóforos fueron abundantes en toda la región con excepción de dos localidades, una situada en la parte central del Cañón de Campeche (estación 35) y otra ubicada en la parte suroeste del área de estudio (estación 50); en la primera se obtuvo la menor biomasa y estuvo influenciada por una circulación ciclónica (Fig 13, topografías de 15°C y de la termoclina). La disminución de biomasa zooplanctónica se puede deber a que se encuentra justo en el centro del giro ciclónico, lo que podría impedir que se desarrolle adecuadamente el zooplancton, de acuerdo a Salas de León y Monreal Gómez (2005) la parte central de los remolinos ciclónicos es muy turbulenta como para permitir el acceso continuo y eficiente del fitoplancton a los nutrientes. Por lo anterior, en los remolinos fríos, la biomasa zooplanctónica es muy abundante, probablemente no en su centro sino en la periferia.

Por otro lado, se ha documentado que las amplias zonas de surgencia y las condiciones físicoquímicas prevalecientes (bajas salinidades y temperaturas) parecen producir una disminución en la abundancia general de los sifonóforos. Este fenómeno ha sido observado en la zona noreste de la plataforma de Yucatán, donde se registran incluso ausencias totales de sifonóforos donde la surgencia alcanza la superficie (Gasca, 1999).

Dentro del conjunto de organismos gelatinosos, los poliquetos fueron abundantes. Se registraron en toda el área muestreada, siendo las localidades con mayor abundancia las que se encuentran en zonas de frontera entre los giros ciclónico-anticiclónico. Estas zonas son de alta productividad, con retención y acumulación de biomasa planctónica por diferentes procesos físicos (Franks, 1992).

Los pterópodos y heterópodos fueron abundantes en la región sureste del Cañón de Campeche con influencia de circulación ciclónica, dicha circulación se puede observar en las topografías de 18.5°C y de 15 °C (Fig. 13). Estos grupos son oceánicos, aunque pueden adentrarse a las zonas costeras (Van der Spoel y Dadon 1999). Lo anterior explicaría, en cierta medida, la abundancia de estos grupos en la zona sureste del Cañón de Campeche. Asimismo, el paso del norte en la zona pudo haber influido en la distribución y abundancia de estos organismos (Dadon y Masello, 1999).

En el sureste del Cañón de Campeche, los organismos carbonatados fueron muy abundantes, en particular los foraminíferos. Se ha documentado que la abundancia y distribución de este grupo se asocian con las condiciones climáticas, hidrográficas, de afloramientos, eventos de temporada como fuertes tormentas y la disponibilidad de alimentos (Hemleben *et al.*, 1989). La mayoría de estos organismos se encuentran en los primeros 50 m de la columna de agua donde la temperatura, el alimento y la irradianza son adecuados para ellos. Los foraminíferos planctónicos se pueden utilizar para inferir las condiciones hidrográficas del estrato superior de la columna de agua (Kemle-von Mücke, 1994, citado en Boltovskoy, 1999).

9.5 Junio-julio de 2004, época de no nortes (PROMEBIO IX)

9.5.1. Biomasa del zooplancton

En este muestreo las mayores biomásas zooplanctónicas se registraron en la parte oeste del Cañón de Campeche. El valor mayor fue de $11.36 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ en la localidad 115, en la cual se observó una frontera entre giros ciclónico-anticiclónico (Fig. 15 y 16; Tabla 11). Este proceso de frontera tiene características turbulentas con gradación de temperatura y acumulación de material biológico lo cual promueve un incremento de la biomasa zooplanctónica (Foerster 1996; Ramírez-Cruz, 2005; Mojica-Ramírez, 2003). El menor valor de biomasa ($0.19 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$) se registró en la región suroeste, en la localidad 118 (Fig. 15), en la cual se observó una circulación anticiclónica en toda la columna de agua (Fig. 16). Este proceso hidrodinámico implica concentraciones bajas de nutrimentos (Biggs, 1992), lo que a su vez provoca baja cantidad de clorofila y poca disponibilidad de alimento para el zooplancton. En la parte sureste del Cañón de Campeche los valores de biomasa también fueron bajos (de $1.68 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ a $3.88 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$) (Fig. 15; Tabla 11). En esta región se presentó una circulación anticiclónica en la parte inferior de la columna de agua (Fig. 16) lo que pudo frenar una fertilización en el estrato superior con la consecuente baja de la biomasa zooplanctónica.

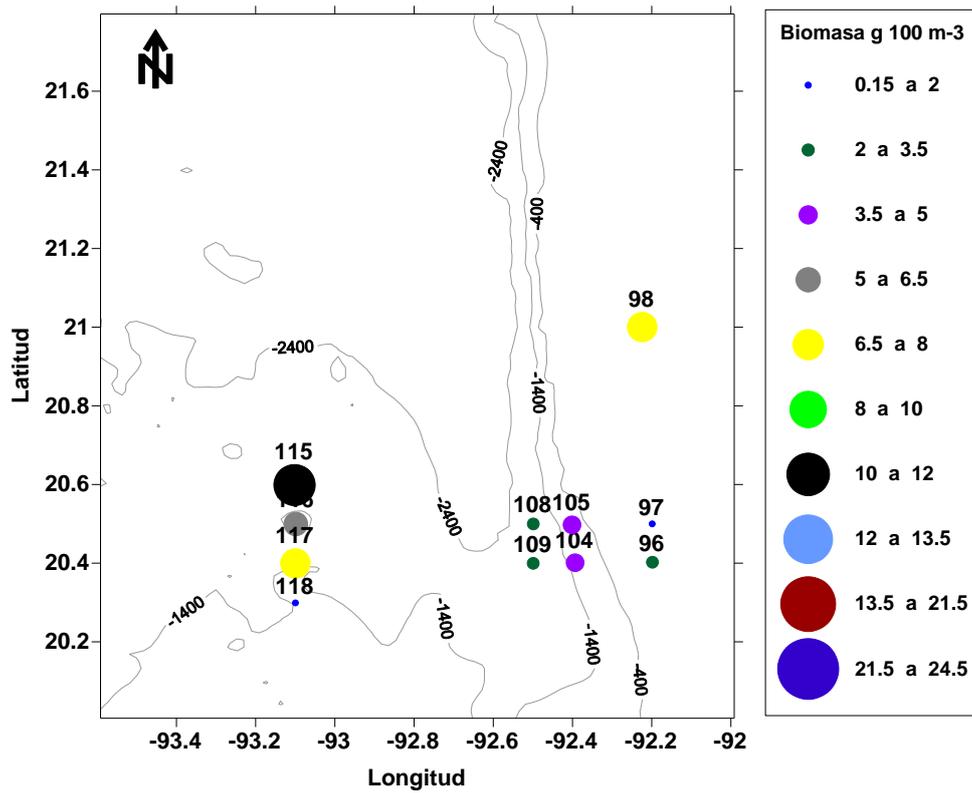


Fig. 15. Distribución horizontal de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en época de no nortes (junio-julio de 2004).

Tabla 11. Biomazas de zooplancton registradas en época de no nortes (junio-julio de 2004).

Estación	Profundidad Total (m)	Hora	Biomasa (g 100 m ³)
96	64	13:02	2.36
97	47	15:45	1.68
98	72.8	19:06	7.96
104	2545.7	16:04	3.88
105	2604.2	22:10	3.80
108	2219.8	11:30	2.95
109	2016	16:32	2.91
115	2674	15:06	11.36
116	1942.8	20:20	5.45
117	2348	01:28	6.52
118	1434	06:50	0.19

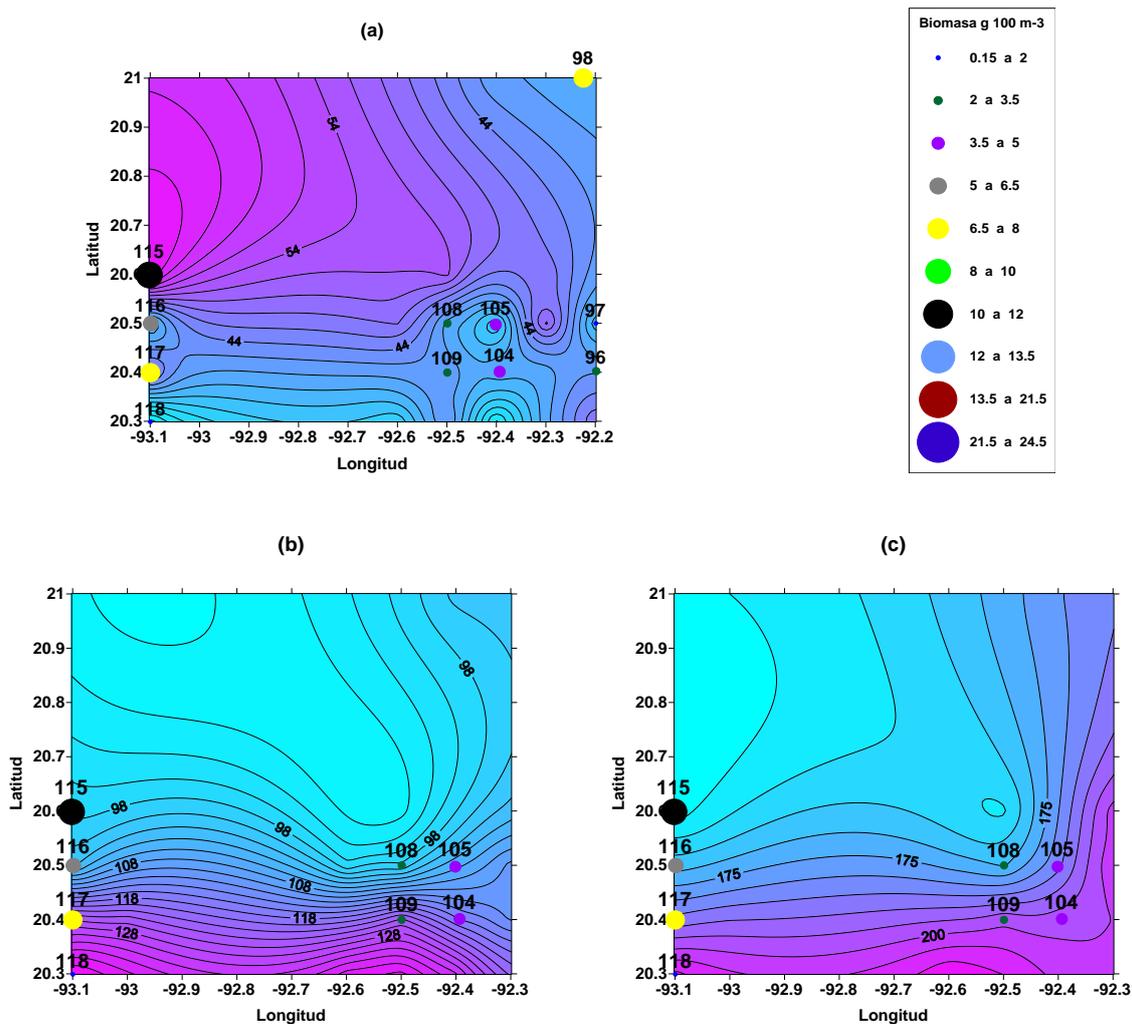


Fig. 16. Topografías en metros de: (a) termoclina, (b) isoterma de 18.5 °C y (c) isoterma de 15 °C y concentraciones de biomasa en cada estación para junio-julio de 2004.

9.5.2. Composición y abundancia del zooplancton

La composición zooplanctónica fue muy similar en las localidades muestreadas, con predominancia de organismos quitinosos; en segundo lugar los gelatinosos, los carbonatados y el ictioplancton (Fig.17). Únicamente en dos localidades (estaciones 96 y 97), la composición fue distinta, con un incremento de organismos gelatinosos (predominando el grupo de los quetognatos), los cuales superaron a los quitinosos. Estas localidades se encuentran sobre el Banco de Campeche, zona de alta productividad ya que se introduce una masa de agua proveniente del noreste, la cual, al friccionar con el fondo, fertiliza la columna de agua (Aldeco *et al.*, 2009), favoreciendo la proliferación de especies de herbívoros que a su vez son utilizados como alimento por grupos de carnívoros como los quetognatos (Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna, 1999).

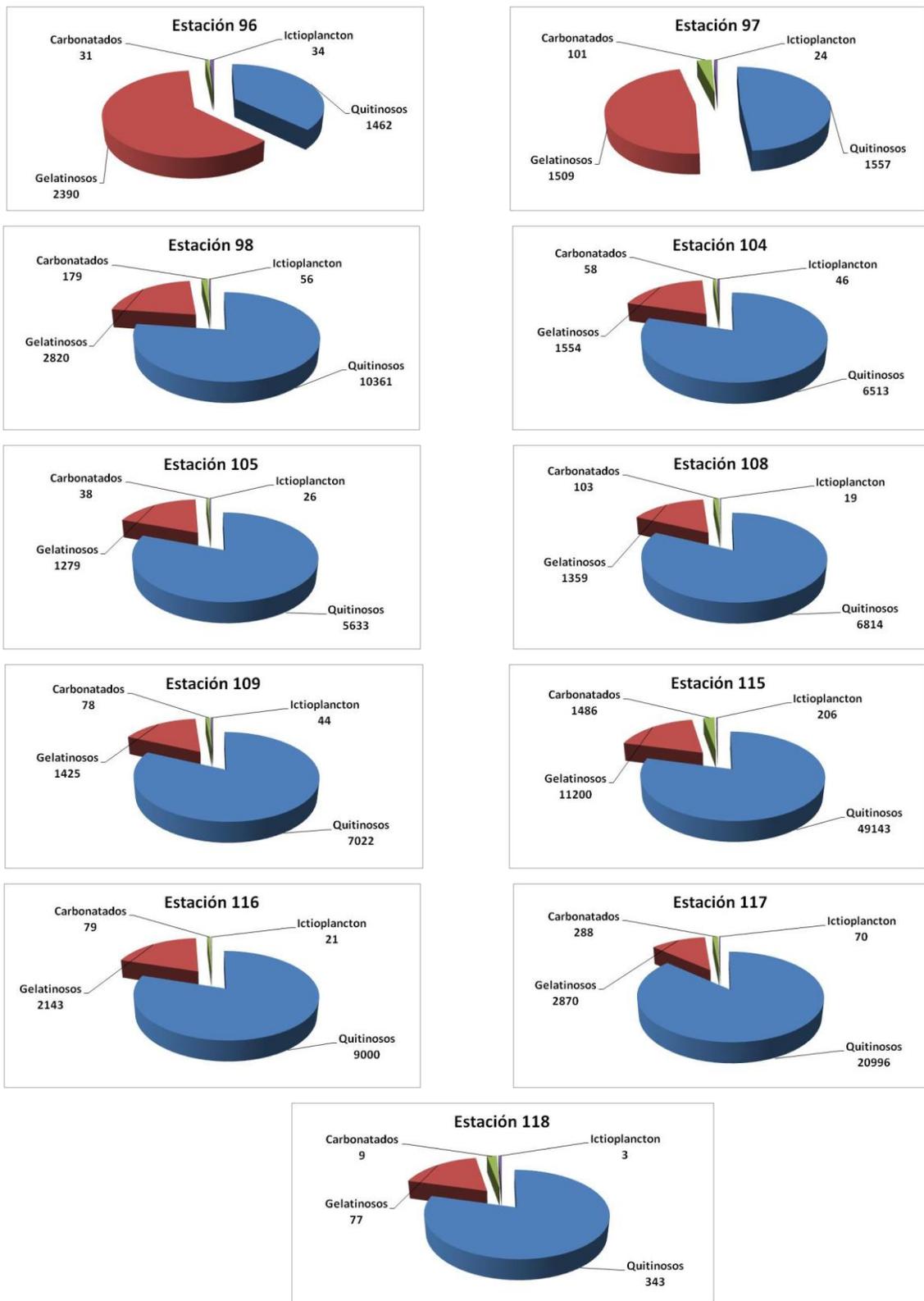


Fig. 17. Composición zooplanctónica (número de organismos 100 m³ por grupo) en época de no nortes (junio-julio de 2004).

Al igual que en los otros muestreos, se observó una predominancia de copépodos. En este muestreo sobresalen las localidades 115, 117, 98, 108 y 109 (Tabla 12), en las cuales se presentaron las mayores abundancias. Dichas localidades se ubicaron en una zona de frontera entre giros ciclónico-anticiclónico (Fig. 16). La distribución, abundancia y composición de los copépodos se ven influenciadas en gran medida por los procesos hidrodinámicos, las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, irradianza, turbidez); así como, la disponibilidad de alimento y aspectos biológicos (metabolismo, reproducción y migraciones) (Hulsemann, 1996). Varias especies han sido consideradas como indicadoras de masas de agua (López-Salgado *et al.*, 2000; Escamilla *et al.*, 2001).

Otro grupo abundante fue el de los anfípodos, al igual que en junio de 2002, particularmente en los bordes o fronteras de los giros ciclónico-anticiclónico. La mayor parte de los anfípodos pelágicos son abundantes en zonas tropicales y subtropicales, en aguas superficiales y subsuperficiales; presentan migraciones verticales (Bowman y Suárez, 1996). También, son considerados de gran importancia ecológica, por su sensibilidad a tóxicos y contaminantes (Dauvin y Gentil, 1990; Snucins, 2003).

Un patrón similar de abundancia y distribución de los anfípodos se observó para los ostrácodos y eufáusidos tal y como se ha reportado para otras zonas de frontera (Darren *et al.*, 2001; Napp *et al.*, 1993; Fernández, 1993; Sournia, 1994).

En cuanto a los organismos gelatinosos, los sifonóforos, quetognatos, poliquetos, pterópodos y heterópodos fueron abundantes en este muestreo, particularmente en el sur del Cañón de Campeche (estaciones 104, 109, 117 y 115) con excepción de la localidad 98, ubicada al noreste de la zona de estudio (Tabla 12). En el sur del cañón se observaron convergencias y divergencias, cuyas fronteras podrían favorecer el desarrollo de los organismos gelatinosos (Biggs, 1992) (Fig. 16). En el Banco de Campeche se observó un ascenso de agua que podría estar fertilizando esta zona y favorecer al zooplancton (Aldeco *et al.*, 2009) (Fig. 16).

Tabla 12. Composición y abundancia del zooplancton (organismos 100 m³) en junio-julio de 2004 (época de no nortes).

	Grupo	Estaciones de muestreo en junio-julio de 2004 (época de no nortes)										
		Est. 96	Est. 97	Est. 98	Est. 104	Est. 105	Est. 108	Est. 109	Est. 115	Est. 116	Est. 117	Est. 118
	Biomasa (g 100 m³)	2.36	1.68	7.96	3.88	3.8	2.95	2.91	11.36	5.45	6.52	0.19
Quitinosos	Copépodos	1324	1543	9628	6050	4606	6085	6778	45234	7857	19404	288
	Anfípodos	3	0	56	38	176	67	37	183	43	105	6
	Ostrácodos	14	0	336	304	608	479	43	2994	657	667	46
	Eufáusidos	24	3	56	38	121	106	44	137	129	421	0
	Otros quitinosos	97	11	285	83	121	77	119	594	314	400	3
Gelatinosos	Salpas	17	10	34	58	9	10	10	0	7	28	15
	Medusas	10	17	17	8	0	10	20	0	29	21	0
	Sifonóforos	59	7	313	146	121	100	203	434	293	379	0
	Poliquetos	7	14	28	100	23	29	27	503	64	98	3
	Quetognatos	2148	1279	1382	613	774	912	480	6674	1157	1067	28
	Pterópodos	7	0	207	71	52	58	136	983	114	140	3
	Heterópodos	17	64	84	171	107	103	129	1623	79	856	21
	Otros gelatinosos	124	118	755	388	194	138	419	983	400	281	6
Carbonatados	Radiolarios	0	0	11	0	6	3	0	229	0	0	0
	Foraminíferos	31	101	168	58	32	100	78	1257	79	288	9
	Ictioplancton	34	24	56	46	26	19	44	206	21	70	3
	Total	3917	3191	13415	8171	6976	8296	8569	62034	11243	24225	432

10. ANÁLISIS DE SIMILITUD DE ABUNDANCIAS DE ORGANISMOS DEL ZOOPLANCTON ENTRE LOCALIDADES Y ÉPOCAS

Para conocer la asociación entre las abundancias de organismos del zooplancton en las diferentes localidades de muestreo y en las diferentes épocas (época de nortes y de no nortes), se realizó un análisis de conglomerados (Fig. 18).

En el dendrograma obtenido se observan dos grandes grupos. A la izquierda de la línea roja aparecen las estaciones que presentaron un mayor número de grupos de organismos zooplantónicos y con altas abundancias, vinculados con una menor intensidad hidrodinámica. Dentro de esta primera mitad se presentan las estaciones que presentaron el mayor número de grupos zooplanctónicos con altas abundancias, grupo I (estaciones 23 y 57), estas estaciones se agruparon por presentar similitud en el número de grupos zooplanctónicos con altas abundancias (10 grupos zooplanctónicos), quedando fuera la estación 40 que presentó 13 grupos zooplanctónicos con altas abundancias, estas tres estaciones fueron las que presentaron las mayores abundancias y biomasa de los cinco muestreos realizados y las tres estaciones son de junio de 2002 época de no nortes (Fig. 18). Se sabe que los giros juegan un papel importante en la productividad biológica, ya que algunos pueden ser profundos y alcanzan a remover parte de la columna de agua y transportar nutrientes desde grandes profundidades, fertilizando las aguas sub-superficiales y superficiales, provocando importantes florecimientos de fitoplancton en mar abierto, lo que atrae al zooplancton y a otros peces que forman parte de la cadena alimenticia (Mai-Man y Williams, 2000).

Por otro lado, dentro de esta primera mitad se encuentra los grupos II y III, el primero integrado por estaciones de época de nortes y el segundo por estaciones de las épocas de nortes y de no nortes, este último grupo se cree que se integro así por la similitud que se generó en la región muestreada, por un lado la hidrodinámica característica de la región (circulación ciclónica-anticiclónica) y por el otro la mezcla de la columna de agua debido a los nortes que se presentaron en la región. Salas de León *et al.* (1998) comentan que la variación espacio-temporal de la biomasa y abundancia zooplanctónica es afectada por el patrón hidrodinámico a mesoescala que se presenta en

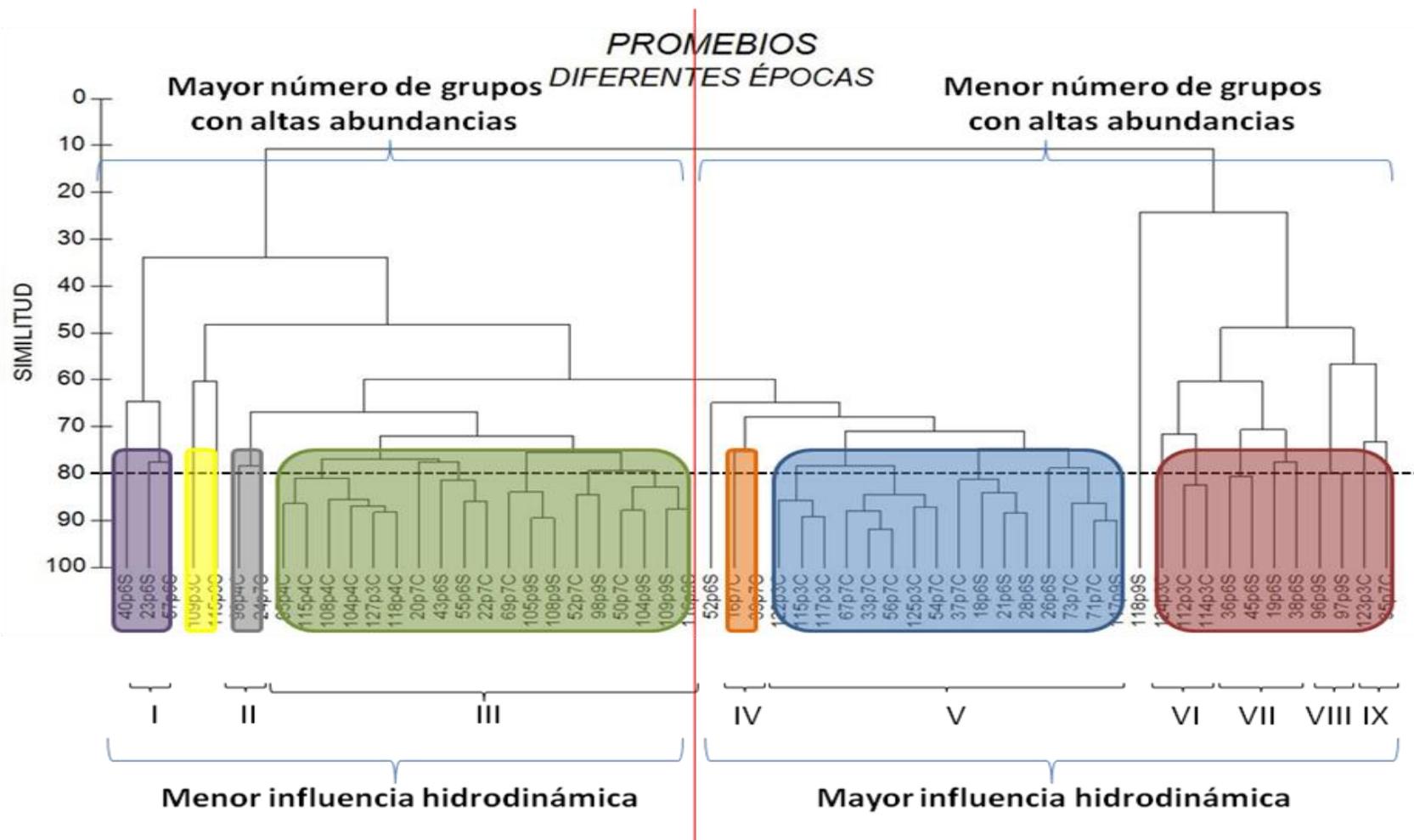


Fig. 18 Dendrograma de las abundancias zooplantónicas en las diferentes estaciones y épocas estudiadas.

La clave alfanumérica que se encuentra en el dendrograma significa lo siguiente: los primeros números corresponden al número de estación, la letra p seguida por el número es de la campaña oceanográfica y la siguiente letra s (sin nortes) y c (con nortes).

la región. Se observó un aumento de zooplancton en la periferia de los remolinos cálidos, en donde las comunidades zooplanctónicas varían estacionalmente de acuerdo a la habilidad de sus poblaciones a sobrevivir a los cambios pos-formación. Por otro lado, se plantea que la frontogénesis que existe en la zona, aporta la energía auxiliar para la creación de mecanismos de incremento de la productividad, de concentración, de retención y dispersión organismos tal y como lo reporta Pérez *et al.* (2001).

Por último, dentro de esta primera mitad se encuentran las estaciones 109 y 115 (época de nortes y de no nortes respectivamente), estas no se unieron a algún grupo debido a que presentan altas abundancias en el grupo de los foraminíferos (4472 y 1257 organismos 100 m³ respectivamente), cabe señalar que la estación 109 se ubica sobre el Banco de Campeche y que al realizar el análisis de la muestra se observó que la mayor parte de estos foraminíferos eran bentónicos por lo que se piensa que al realizar el muestreo se pudo re-suspender estos organismos, por lo que fueron capturados. Mientras que la estación 115 que se ubica en la parte noroeste del Cañón de Campeche, la alta abundancia de este grupo es debido a que estos habitan la porción superior de la columna de agua de los océanos, en la capa de mezcla y parte superior de la termoclina donde pueden alimentarse de fitoplancton y de microzooplancton. Aunado a esto, la distribución y ecología de los foraminíferos planctónicos es, en esencia, similar a la de otros organismos del zooplancton y dicha distribución está determinada por la temperatura, luz y turbulencia de las aguas (Quiroz-Martínez, 2005).

Correspondiente a la otra mitad (de la línea roja hacia la derecha), se encuentran las estaciones que presentan mayor intensidad hidrodinámica y menor número de grupos zooplanctónicos con altas abundancias, dentro de esta mitad encontramos el grupo IV, éste integrado con estaciones del muestreo de febrero de 2003 (época de nortes), estas presentan el más elevado número de grupos zooplanctónicos del conjunto de los gelatinosos (seis), cabe señalar que este muestreo se realizó después del paso de un norte; Ramírez-Cruz (2005) comenta que el paso de los nortes determina la distribución y concentración de la biomasa zooplanctónica, ya que los fuertes vientos mezclan la columna de agua durante su paso, restableciéndose ésta al final del paso del norte, permitiendo encontrar mayor concentración del zooplancton. Pudiendo ser estas características las que permitieron encontrar altas abundancias en estas estaciones.

El siguiente grupo (V), está integrado en su mayoría por estaciones de la época de nortes, que presentan menor número de grupos zooplanctónicos con altas abundancias, esto tal vez se deba a la mayor intensidad hidrodinámica que se desarrolla en esta época, ya que el paso de los nortes, causa una intensa mezcla vertical y como consecuencia el espesor de la capa de mezcla aumenta hasta 175 m. Cuando normalmente es de aproximadamente 75 m (Monreal-Gómez *et al.*, 1990). Como consecuencia de la mezcla, se produce una disminución en la biomasa y abundancia del zooplancton.

Por otro lado, se encierran en color guinda las estaciones que presentan menor número de grupos zooplanctónicos y que son similares entre sí, cabe mencionar que éstas se agrupan en 4 conjuntos, esto de acuerdo al dendrograma (VI, VII, VIII, IX). Dentro de estos si hay diferencias entre épocas ya que se formaron dos grupos de la época de nortes y dos grupos de la época de no nortes, pero los cuatro presentan mezcla en la columna de agua ya sea por procesos hidrodinámicos en su mayoría o por procesos atmosféricos.

Por último dentro de esta mitad, también se encuentran las estaciones que no se integraron a algún grupo, la estación 52 y la 118 de la época de no nortes (junio de 2002 y junio-julio de 2004). La primera destaca por ser la única estación que presentó altas abundancias en el grupo del ictioplancton, esta alta abundancia tal vez se dio por los factores físicos ya que estos determinan la distribución del ictioplancton. Dentro de ellos se puede mencionar la topografía, la hidrodinámica, la naturaleza de las masas de agua tal y como lo menciona Miller (2000) y la posición de la termoclina de acuerdo a Palomera (1991).

Concerniente a la estación 118, ésta presentó la biomasa y composición más baja de los cinco muestreos ya que solo cuenta con un grupo con alta abundancia (copépodos) quedando excluida de algún conjunto, la posible causa por la cual se obtuvo este resultado, se puede deber a que en la zona de estudio las condiciones hidrodinámicas (topografías de termoclina, 18.5°C y 15°C) (Fig. 16) no desarrollan una fertilización de la parte superior de la columna de agua provocando así una disminución en las abundancias, biomasa y composición de zooplancton.

11. CONCLUSIONES

- Las mayores biomásas de zooplancton se registraron en junio de 2002, época de no nortes.
- La menor biomasa se obtuvo en junio-julio de 2004, época de no nortes.
- De los tres muestreos que se realizaron en la época de nortes, la mayor y la menor biomasa se presentaron en abril de 2000.
- Se observa que la mezcla de la columna agua producida por la temporada de nortes disminuye y homogeneiza, en la horizontal, las biomásas del zooplancton del Cañón de Campeche.
- La hidrodinámica en la región de Campeche (circulación ciclónica y anticiclónica) influyen en las concentraciones de biomasa zooplanctónica.
- Existen grupos de zooplancton que les favorece la hidrodinámica de la región ya que aprovechan los sitios de frontera entre los giros ciclónicos y anticiclónicos.
- Las mayores abundancias zooplanctónicas se encontraron cuando la temperatura del agua fue alta.

12. REFERENCIAS

- Aldeco J (2009) Análisis de corrientes y procesos baroclínicos en la plataforma de Yucatán. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.
- Aldeco J, Monreal-Gómez MA, Signoret M, Salas-de León DA, Hernández-Becerril DU (2009) Ocurrencia de un giro anticiclónico, frentes y *Trychodesmium* spp. sobre la región del Cañón de Campeche, Golfo de México. *Cienc Mar* 354:333-344.
- Alvariño A (1985) Predation in the plankton realm; mainly with reference to fish larvae. *Invest Mar* 21: 1-122.
- Andersen V, Bordou J (1992) The diel migrations and vertical distributions of zooplankton and micronecton in the Northwestern Mediterranean Sea. 1. Euphausiids, mysids, decapods and Fishes. *J Plankton Res* 148:1129-1154.
- Arenas V (1992) Ecosistemas de surgencia importantes sumideros de carbono. *Cienc* 43: 91-95.
- Arriola Pizano GJ (2005) Distribución vertical y horizontal de la clorofila a en el sur del Golfo de México (abril-mayo de 2001). Tesina de licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana, México Distrito Federal.
- Barnes RSK, Hughes RN (1988) An introduction to marine ecology. Blackwell, Oxford.
- Bathmann UV (1988) Mass occurrence of *Salpa fusiformis* in the spring of 1984 off Ireland: implicatins for sedimentation processes. *Mar Biol*, 97: 127-135.
- Benson RH (1961) Ecology of Ostracode Assemblages. In: Moore RC (ed) *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Geological Society of America and University of Kansas Press.
- Biggs DC (1992) Nutrients, plankton, and productivity in a warm-core ring in the western Gulf of Mexico. *J Geophys Res* 97: 2143-2154.
- Biggs DC, Zimmerman RA, Gasca R, Suárez Morales E, Castellanos I, Leben RR (1997) Note on plankton and cold-core rings in the Gulf of Mexico. *Fish Bull* 952: 369-375.
- Boehlert GW, Mundy BC (1993) Ichthyoplankton assemblages at seamounts and oceanic islands. *Bull Mar Sci* 532: 336-361.
- Boehlert GW, Mundy BC (1994) Vertical and onshore-offshore distributional patterns of tuna larvae in relation to physical habitat features. *Mar Ecol Prog Ser* 107: 1-13.

- Boltovskoy D (1999) South Atlantic zooplankton. Backhuys Publishers Vol 1-2, Leiden, Holanda.
- Bowman TE, Suárez EM (1996) Amphipoda. En: Gasca y Suárez (ed) Introducción al estudio del zooplancton marino. ECOSUR-CONACYT. Chetumal, Quintana Roo.
- Cáceres M, Arcos D (1991) Variabilidad en la estructura espacio-temporal de un área de surgencia frente a la costa de Concepción, Chile. *Invest. Pesq.* 36: 27-38.
- Castellanos I, Gasca R (1996) Eufáusidos (Crustacea: Euphausiacea) de aguas superficiales del sur del Golfo de México (Invierno y Verano, 1991). *Cari J Sci*, 322: 187-194.
- Castellanos I, Gasca R (1999) Epipelagic euphausids (Euphausiacea) and spring mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Crustac* 724:391- 404.
- Cowan JH, Shaw RF (1988) The distribution, abundance and transport of larval Sciaenids collected during winter and early spring from the continental shelf waters off West Louisiana. *Fish Bull* 86: 129-142.
- Cowen RK, Hare JA, Fahay MP (1993) Beyond hydrography: can physical processes explain larval fish assemblages within the middle Atlantic Bight. *Bull Mar Sci* 53 (2): 567-587.
- Dadon JR, Masello JF (1999) Mechanisms generating and maintaining the admixture of zooplanktonic mollusks (Euthecosomata: Opisthobranchiata: Gastropoda) in the subtropical front of the South Atlantic. *Mar Biol* 135:171-179.
- Darren RC, Khalid VA, Graeme CH (2001) Zooplankton abundance and community structure over a 4000 km transect in the norte-east Atlantic. *J Plankton Res.* 234:365-372.
- Dauvin JC, Gentil F (1990) Condition of the Peracarida populations of subtidal communities in Northern Brittany ten years after the Amoco Cadiz oil spill. *Mar Pollut Bull* 21:133-130.
- De Boyd LS (1977) A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. Kenball Hunt Publishing Company, Dubuque.
- Djurfeldt L (1989) Circulation and mixing in a coastal upwelling embayment; Gulf of Arauco, Chile. *J Cont Shelf Res* 911: 1003-1016.
- Durán Campos E (2010) Patrones de distribución de la clorofila *a* a partir de la fluorescencia natural y su relación con la hidrografía en el Cañón de Campeche y Banco de Campeche, México (junio, 2000). Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.

- Escamilla-Sánchez J, Suárez-Morales E (2001) Distribución del zooplancton durante flujos de marea opuestos en el complejo lagunar de Chelem, Yucatán. *Rev Biol Trop* 49:47-51.
- Fernández E, Cabal J, Acuña JI, Bode A, Botas A, García-Soto C (1993) Plankton distribution across a slope- induced front in the Bay of Biscay. *J Plankton Res* 15: 619-641.
- Flores-Coto C, Espinosa Fuentes ML, Zavala-García F, Sanvicente-Añorve L (2009) Ictioplancton del sur del Golfo de México. *Hidrobiol.* 191:29-76.
- Flores-Coto C, Flores-Hernández F, Zavala-García F, Arenas- Fuentes V, Monreal-Gómez MA, Salas de León DA (2000) Oceanic and neritic ichthyoplankton at the edge of the continental shelf in the southern Gulf of Mexico. *Gulf Caribb Res* 12: 31-35.
- Flores Coto C, Sanvicente Añorve L, Pineda López R, Rodríguez Vanlier M (1988) Composición, distribución y abundancia ictioplanctónica del sur del Golfo de México. *Univ Cienc*, 59: 65-84.
- Foerster WJ (1996) El efecto de la frontera en el noreste del Océano Pacifico Norte. *Cienc Mar* 22: 175-190.
- Fofonoff NP, Millard Jr RC (1983) Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO Tech. Pap. Mar Sci 44: 53.
- Franks PJS (1992) Sink or swim: Accumulation of biomass at fronts. *Mar Ecol Prog Ser* 82: 1-12.
- Furnas MJ, Smayda TJ (1987) Inputs of subthermocline waters and nitrate onto the Campeche Bank. *Cont Shelf Res* 7:161-175.
- García-Madrial M del S (2007) Clave ilustrada para las familias de anfípodos gamáridos (Peracarida: Amphipoda) litorales del Pacífico oriental tropical y glosario de términos. *Cienc Mar* 1132: 3-27.
- Gartner JV Jr (1993) Patterns of reproduction in the dominant lanternfish species (Pisces: *Myctophidae*) of the eastern Gulf of Mexico, with a review of reproduction among tropical-subtropical *Myctophidae*. *Bull Mar Sci* 522: 721-750.
- Gasca R, Suárez E, Castellanos I (1995) Biomazas zoopláncticas en aguas superficiales del Golfo de México durante verano e invierno de 1991. *Caribb J Sci* 311-2:128-140.
- Gasca R, Suárez Morales E (1996) Introducción al Estudio del Zooplancton Marino. ECOSUR-CONACYT. Chetumal, Quintana Roo.
- Gasca R (1999) Siphonophores (Cnidaria) and summer mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Bull Mar Sci* 651:75-89.

- Gasca R, Castellanos I, Biggs DC (2001) Euphausiids (Crustacea, Euphausiacea) and summer mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Bull Mar Sci* 683:397-408.
- Gasca R (2004) Distribution and abundance of hyperiid amphipods in relation to summer mesoscale features in the southern Gulf of Mexico. *J Plankton Res* 269: 993-1003.
- Gibbons MJ, Spiridinov V, Tarling G (1999) Euphausiacea. En: Boltovskoy (ed) *South Atlantic Zooplankton*. Backhyus Publishers, Leiden, Holanda.
- Gibbons MJ (1997) Vertical distribution and feeding of *Thalia democratica* on the Angulhas Bank during march 1994. *J Mar Biol Assoc UK* 77: 493-505.
- Gray CA (1998) Diel changes in vertical distributions of larval fishes in unstratified coastal waters off southeastern Australia. *J Plankton Res* 20: 1539-1552.
- Gray CA, Kingsford MJ (2003) Variability in thermocline depth and strength, and relationships with vertical distributions of fish larvae and mesozooplankton in dynamic coastal waters. *Mar Ecol Prog Ser* 247: 211-224.
- González-Félix ML (1994) Variación estacional de la composición, abundancia y distribución de las larvas de los órdenes Perciformes, Pleuronectiformes y Tetraodontiformes, en el sur del Golfo del México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.
- Grimes CB, Finucane JH (1991) Spatial distribution and abundance of larval and juvenile fish, chlorophyll and macrozooplankton around the Mississippi River discharge plume, and the role of the plume in fish recruitment. *Mar Ecol Prog Ser* 75: 109-119.
- Grothues TM, Cowen RK (1999) Larval fish assemblages and water mass history in a major faunal transition zone. *Cont Shelf Res* 19: 1171-1198.
- Hallock P, Schlager W (1986) Nutrient excess and demise of coral reefs and carbonate platforms. *Palaios* 1:389-398.
- Harris R, Wiebe P, Lenz J, Skjoldal HR, Huntley M (2000) *Zooplankton methodology manual*. ICES Academic Press. San Diego, California.
- Haney JF (1988) Diel patterns of zooplankton behavior. *Bull Mar Sci* 433: 583-603.
- Hattori H (1991) Vertical distribution of zooplankton in the warm core off Sanriku (86B) and adjacent Oyashio water, with special reference to copepods record. *Bull Hokkaido Natl Fish Res Inst* 55: 59-65.
- Hays GC, Proctor CA, John AWG, Warner AJ (1994) Interspecific differences in the diel vertical migration of marine copepods: The implications of size, color and morphology. *Limnol. Oceanogr.* , 39, 1621-1629.

- Hemleben Ch, Spindler M, Anderson OR (1989) Modern Planktonic Foraminifera. Springer Verlag, New York.
- Heron AC, Benham EE (1985) Life history parameters as indicators of growth rate in three salp populations. *J Plankton Res.* 73: 365-379 p.
- Hulsemann K (1996) Copepoda. En: Gasca y Suárez (ed) Introducción al estudio del zooplankton marino. ECOSUR-CONACYT. Chetumal, Quintana Roo.
- Huskin I, Elices MJ, Anadón R (2003) Salp distribution and grazing in a saline intrusion off NW Spain. *J Mar Syst* 42:1-11.
- Jiménez-Pérez LC (1989) Análisis de la taxocenosis de los copépodos pelágicos en la zona frente a Playa San Ramón, Baja California, México. *Inv. Mar.* 42:154-174.
- Kemle-von Mücke S (1999) Foraminifera. En: Boltovskoy (ed.). South Atlantic Zooplankton. Backhyus Publishers, Leiden, Holanda.
- Kinne O (1963) The effects of temperature and salinity on marine brackish water animals (Temperature). *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 1:301-340.
- Kinzer J, Schulz K (1985) Vertical distribution and feeding patterns of midwater fish in the central Equatorial Atlantic. 1. Myctophidae. *Mar biol* 853: 313-322.
- Lagadeuc Y, Boule M, Dodson JJ (1997) Effect of vertical mixing on the vertical distribution of copepod in coastal waters. *J Plankton Res* 19(9):1183-1204.
- Lancraf TM, Hopkins TL, Torres JJ (1988) Aspects of the ecology of the mesopelagic fish *Gonostoma elongatum* (Gonostomatidae, Stomiiformes) in the eastern Gulf of Mexico. *Mar Ecol Prog Ser* 491-2: 27-40.
- Laprise R, Pepin P (1995) Factors influencing the spatio-temporal occurrence of fish eggs and larvae in a northern, physically dynamic coastal environment. *Mar Ecol Prog Ser* 122: 73-92.
- Le Borgne R, Moll P (1986) Growth rates of the salp *Thalia democrática* in Tikehau atoll (Tuamotu is). *Ocenogr. Trop.* 211: 23-29 p.
- Leis JM (1993) Larval fish assemblages near Indo-Pacific coral reefs. *Bull Mar Sci* 532: 362-392.
- Lemus Santana E (2011) Estructura de la comunidad de moluscos holoplanctónicos en el sur del Golfo de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.

- Linacre L, Palma S (2004) Variabilidad espacio-temporal de los eufáusidos frente a la costa de Concepción, Chile. *Invest Mar* 321: 19-32.
- Lodh NM, Gajbhiye SN, Nair VR (1988) Unusual congregation of salps off Veraval and Bombay, west coast of India. *J. Mar. Sci.*, 17: 128-130.
- Longhurst AR (1985) The Structure and Evolution of Plankton Communities. *Prog. Oceanog.* 15: 001-035.
- López-Salgado I, Gasca R, Suárez-Morales E (2000) La comunidad de copépodos (Crustacea) en los giros a mesoescala en el occidente del Golfo de México (julio, 1995). *Rev. biol. trop* 481:169-179.
- Mackas DL, Denman KL y Abbott MR (1985) Plankton patchiness: Biology in the physical vernacular. *Bull. Mar. Sci.* 37: 652-674.
- Madin LP, Prucell JE (1992) Feeding metabolism and growth of *Cyclosalpa bakeri* in the subarctic Pacific. *Limnol. Oceanog.* 376: 1236-1251.
- Mann KH, Lazier JR. (1991) Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-Physical Interactions in the Oceans. Blackwell, Oxford.
- Marancik KE, Clough LM, Hare JA (2005) Cross-shelf and seasonal variation in larval fish assemblages on the southeast United States continental shelf off the coast of Georgia. *Fish Bull* 103: 108-129.
- Margalef R (1974) *Ecología*. Omega, Barcelona.
- Martínez-Gutiérrez MR (1994) Variación estacional del ictioplancton en la sonda de Campeche, México (Clupeiformes a Scorpaeniformes). Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.
- Massuti, M, Margalef R (1950) *Introducción al Estudio del Plancton Marino*. Instituto de Biología Aplicada Barcelona.
- Mauchline J (1980) The biology of euphausiids. *Adv Mar Biol.* 18:373-677.
- Mei-Man L, Williams RG (2000) The role of eddies in the isopycnic transfer of nutrients and their impact on biological production. *J Mar Res* 58: 895–917
- McEven GF, Johnson MW y Folsom TR (1954) A statistical analysis of the performance of the Folsom Plankton Splitter based upon test observations. *Archiv fur Meteorologie, Geophysiks und Bioklimatologie. Serie A, Meteor. Geophy.* 117: 167-175.
- Mc Gowan JA (1974) The nature of Oceanic ecosystems. In: *The Biology of the Oceanic Pacific*. Oregon State Univ. Press. Oregon.

- Mc Gowan JA (1977) What regulates pelagic community structure in the Pacific? *Mar. Sci.* 5:423-443.
- Merino M (1997) Upwelling on the Yucatan Shelf: Hydrographic evidence. *J Mar Syst*, 13(1-4):101-121.
- Mille-Pagaza S, Carrillo-Laguna J (1999) Los quetognatos (Chaetognatha) del banco de Campeche en abril-mayo de 1986. *Rev Biol Trop* 47 1-2: 101-108.
- Mille Pagaza S, Carrillo Laguna J (2001) The chaetognatha of the southwestern Gulf of Mexico during april-may 1986. *Gulf Caribb Res* 13, 59-65.
- Mille-Pagaza S, Carrillo-Laguna J (2003) Distribución y abundancia de los quetognatos de la plataforma Tamaulipeca y océano adyacente en abril de 1987. *Hidrobiol* 133: 223-229.
- Miller JM (2000) Nearshore distribution of Hawaiian marine fish larvae: effects of water quality, turbidity and currents. *Hawaii Inst Mar Biol* 436: 217-231.
- Mojica Ramírez E (2003) Variabilidad de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche durante la campaña PROMEBIO-I (del 5 al 21 de agosto, 1999). Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.
- Monreal Gómez MA, Salas de León DA (1990) Simulación de la circulación en la Bahía de Campeche. *Geofís Int* 22:101-111.
- Napp JM, Ortner P.B, Pieper RE, Holliday DV (1993) Biovolume-size spectra of epipelagic zooplankton using a multi-frequency acoustic profiling system (MAPS). *Deep-Sea Res* 40 :445-459.
- Newell, GE, Newell RC (1977) *Marine Plankton: a Practical Guide*. Hutchinson, Publishers, London.
- Nicol S (2006) Krill, currents, and sea ice: *Euphausia superba* and its changing environment. *Biosci* 562: 111-120.
- Olson DB (1986) Lateral exchange within Gulf Stream warm core ring surface layers. *Deep-Sea Res.* 33: 1691-1704.
- Omori M, Ikeda T (1984) *Methods in marine zooplankton ecology*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Paffenhofer G, Lee TN (1987) Development and persistence of patches of Thaliacea. *S Afr J Mar Sci* 5: 305-318.

- Palacios-Fest M, Dettman D (2001) Temperature controls monthly variation in ostracode valve Mg/Ca *Cypridopsis vidua* from a small lake in Sonora, Mexico. *Geochimica Cosmochimica Acta* 65(15): 2499-2507.
- Palomera I (1991) Vertical distribution of eggs and larvae of *Engraulis encrasicolus* in stratified waters of the western Mediterranean. *Mar. Biol.* 111: 37-44.
- Pérez R, Victoria I, Cerdeira S, Muller-Karger FE (2001) Papel de la Frontogénesis en la Interconectividad Mar Caribe - Golfo de México. *Inst Oceanol.*
- Prucell JE (1981) Dietary composition and diel feed patterns of epipelagic siphonophores. *Mar Biol* 65:83-90.
- Quiroz Martínez B (2005) Foraminíferos planctónicos, bentónicos y ostrácodos en sedimentos del sur del Golfo de México y su relación con la productividad. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.
- Ramírez Cruz V (2005) Distribución de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche en fin de temporada de nortes. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.
- Raymont JEG (1983) *Plankton and Productivity in the Oceans*. Zooplankton. Pergamon Press, Oxford.
- Rosales Navarro IS (2007) Hidrografía y corrientes geostróficas en la región del Cañón de Campeche. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.
- Rudjakov JA (1970) The possible causes of diel vertical migrations of planktonic animals. *Mar Biol* 6: 98-105.
- Salas de León D, Monreal-Gómez A, Sanvicente-Añorve L, Flores-Coto C (1998) Influence de la circulation à long terme sur la distribution des organismes zooplanctoniques dans la Baie de Campeche, Mexique. *Oceanol Acta* 211: 87-93.
- Salas de León DA, Monreal Gómez MA, Signoret M, Aldeco J (2004) Anticyclonic-cyclonic eddies and their impact on near-surface chlorophyll stocks and oxygen supersaturation over the Campeche Canyon, Gulf of Mexico. *J Geophys Res* 109.
- Salas de León DA, Monreal-Gómez MA (2005) Procesos físicos que influyen en la productividad biológica de los mares mexicanos. *Cienc, Oct- Dic*: 49-59.
- Sanvicente-Añorve L, Flores-Coto C, Sánchez-Velasco L (1998) Spatial and seasonal patterns of larval fish assemblages in the southern Gulf of Mexico. 1998. *Bull Mar Sci* 62(1):17-30.

- Sanvicente-Añorve L, Flores-Coto C, Chiappa-Carrara X (2000) Temporal and Spatial Scales of Ichthyoplankton Distribution in the Southern Gulf of Mexico. *Estuar, Coast Shelf Sci* 463-475.
- Sanvicente-Añorve L, Soto LA, Espinosa-Fuentes M, Flores-Coto C (2006) Relationship patterns between ichthyoplankton and zooplankton: a conceptual model. *Hydrobiol* 559: 11-22.
- Sameoto DD (1987) Day/night vertical distribution of Euphausiids in the Eastern Tropical Pacific. *Mar Biol.* 96: 235-245.
- Santiago Arce T (2010) Análisis de la vorticidad en el Cañón de Campeche, Golfo de México. Tesis Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México Distrito Federal.
- Snucins E (2003) Recolonization of acid-damaged lakes by the benthic invertebrates *Stenacron interpunctatum*, *Stenonema fenoratum* and *Hyaella azteca*. *Ambio* 323:225-229.
- Sournia A (1994) Pelagic biogeography and fronts. *Prog Oceanogr* 34: 109-120.
- Southers IM, Frank KT (1991) Comparative persistence of marine fish larvae from pelagic versus demersal eggs off south-western Nova Scotia, Canada. *Mar Biol* 108: 175-184.
- Suárez E (1992) Lista faunística de los copépodos calanoides (Copepoda: Calanoida) del Golfo de México: consideraciones zoogeográficas. *Cienc Mar* 182:119-157.
- Suárez Morales E, Gasca R (1992) Pterópodos (Gasteropoda: Thecosomata y pseudothecosomata) de aguas superficiales (0-50 m) del sur del Golfo de México. *An Inst Cienc Mar Limnol* 192: 201-209.
- Trégouboff G, Rose M (1957) Manuel de Planctologie Méditerranéenne Tomos I y II. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- Todd, CD, Laverack AMS (1991) Coastal Marine Zooplankton: a Practical Manual for Students. Cambridge University.
- Van der Spoel S, Dadon J (1999) Pteropoda. En: Boltovskoy (ed) South Atlantic Zooplankton. Backhyus Publishers, Leiden, Holanda.
- Vidal Peñas I, López Castejón F, Mas Hernández J (2001) Influencia de la topografía submarina sobre la distribución horizontal de las comunidades de ictioplancton en el entorno de la reserva marina de cabo de Palos - islas Hormigas (sudeste ibérico). *Bol Inst Español Oceanogr* 171-2: 129-135.
- Wickstead JH (1979) Zooplankton Marino. Cuadernos de Biología. Omega, Barcelona.

Weaver P (1950) Variation in history of continental shelves. Bull Am Assoc Petrol Geol 34, 351-360.

Wormuth JH (1982) Vertical distributions of pteropods and zooplankton biomass in the upper 200 m of the western Gulf of Mexico. Trans. Amer. Geophys. Union, 63:89-90,

Wormuth JH, Ressler PB, Candy RB, Harris EJ (2000) Zooplankton and micronekton in cyclones and anticyclones in the Northeast Gulf of Mexico. Gulf Mex Sci 18 1:23-34.