

00322

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

122

FACULTAD DE CIENCIAS



VARIABILIDAD DE LA BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA EN LA
REGIÓN DEL CAÑÓN DE CAMPECHE DURANTE LA
CAMPAÑA PROMEBIO-I (5 AL 21 DE AGOSTO 1999)

T E S I S

QUE PARA OBTENER POR EL TÍTULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A

ERIKA MOJICA RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. DAVID ALBERTO SALAS DE LEÓN



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

2003

A



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.



DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Variabilidad de la biomasa zooplanctónica en la Región del Cañón de Campeche durante la campaña PROMEBIO - I (5 al 21 de agosto 1999)."

realizado por Mojica Ramírez Erika

con número de cuenta 09560299-4, quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
 Propietario

Dr. David Alberto Salas de León

Propietario

Dra. María Adela Monreal Gómez

Propietario

Dr. Cesar Flores Coto

Suplente

M. en C. Mario Alejandro Gómez Ponce

Suplente

Biól. Gabriel González Chávez

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIVERSIDAD DE ENSEÑANZA

"Cuando todo se ha conjugado en un espacio de agua salada.
Cuando las olas te acarician, mas no te golpean.
Cuando te sientes parte del cardumen.
Cuando penetra en tu corazón la marea.
Cuando la luna forma parte de tu color de piel.
Cuando el alma se regocija con el ocaso.
Cuando puedes oler el mar.
Cuando logras escuchar las historias del viento de la mañana.
Cuando sabes leer la eterna escritura de las olas.
Cuando descansas tus ojos en el horizonte.
Cuando escuchas al delfin y la yubarta.
Cuando encuentras la paz anhelada.....
Sólo..... hasta entonces, habrás empezado a entender al Mar....."

(...ecos en las profundidades
"whale"
Ing. Fausto Montoya Acosta)

DEDICATORIA

*A ti, que siempre me diste lo mejor.
Que siempre estuviste cuando yo te necesitaba.
Que me regañaste cuando era necesario y que nunca me castigaste.
Que siempre confiaste en mí.
Que me enseñaste valorar a las personas por lo que son, con sus defectos y virtudes.
Que me enseñaste a decir siempre la verdad.
Que siempre me hiciste enojar y reír.
Que siempre te pusiste después de nosotros.
Que me quisiste como soy.
Que siempre aguantaste mis berrinches y rabietas.
Que siempre me enseñaste a tratar de ser mejor.
Que aunque ya no estés conmigo, me quedo con tus enseñanzas y con tu recuerdo.
El ser al que siempre amare y respetare por siempre.
Te dedico esta tesis a ti*

PAPÁ †

(01-Agosto-2002).

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. David Salas de León y la Dra. Adela Monreal Gómez por la dirección y asesoría de este trabajo y por la confianza brindada.

A el Dr. Cesar Flores Coto por su colaboración y a su equipo de trabajo del laboratorio de zooplankton del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, en especial a la Biol. Balbina Suárez Achaval, por todo el material de laboratorio proporcionado y conocimientos para la realización de esta investigación.

Al M. en C. Alejandro Gómez Ponce, al Biol. Gabriel González Chávez por su valiosa colaboración, conocimiento y comentarios realizados a este trabajo.

Al laboratorio de Oceanografía Física y al área de computo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por todas las facilidades prestadas.

A CONACyT por el financiamiento del proyecto "Procesos Oceánicos y Mecanismos de Producción Biológica en el Sur del Golfo de México" (G-2777-B), del cual se desprende esta tesis.

A mi Papá y Mamá por brindarme y acompañarme en toda esta loca aventura educativa.

A mis hermanos y cuñadas por el apoyo brindado.

A mi Mamá Leonor por todo su cariño y apoyo en todo momento.

A José Hernández Hernández por su amistad y apoyo en las buenas y las malas a lo largo de los estudios de licenciatura y más, así como a todos mis compañeros de la Facultad de Ciencias.

Al Biol. Antonio López Serrano por su paciencia, cariño, comentarios y apoyo durante el tiempo en que se realizó este trabajo. Tango Québec.

A los laboratoristas de la Facultad de Ciencias por su amistad.

Al Dr. Carlos Robinson por haberme enseñado lo maravilloso del mar y los cruceros SIMSUP realizados con él y todos sus colaboradores del laboratorio.

A toda la gente que se involucró directa o indirectamente en este trabajo.

A todos ellos:

¡ ¡ MIL GRACIAS ! !

E

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	5
AREA DE ESTUDIO.....	6
ANTECEDENTES.....	10
MÉTODOS Y MATERIALES.....	15
RESULTADOS.....	20
DISCUSIÓN.....	40
CONCLUSIONES.....	43
REFERENCIAS.....	44

RESUMEN

Se presenta la variación espacial del zooplancton en la Región del Cañón de Campeche durante la campaña oceanográfica PROMEBIO - I (5 al 21 de agosto de 1999), donde se muestrearon 11 estaciones con una red cónica de apertura-cierre, Temperatura, conductividad y presión en un CTD Neil Bown Mark III e intensidad del eco del sonido con un ADCP de RDI. Se observó que la mayor cantidad de la biomasa zooplancónica se concentró en el intervalo de profundidad de 40-60 m debido a diversos factores entre ellos la temperatura, la salinidad, la profundidad, la estación de muestreo y la hora de colecta. Obteniendo que la distribución vertical de la biomasa de zooplancton está determinada por la termoclina, haloclina y pycnoclina, por los movimientos de migración y se concentra en áreas de afloramiento y zonas de interacción de los giros ciclónicos y anticiclónicos observados sobre el Cañón de Campeche.

ABSTRACT

The present work show the variation in the spatial distribution of zooplankton in Campeche Canyon Region at the oceanographic cruise PROMEBIO - I where 11 sampling stations with a conic open-close net, CTD and ADCP were made. The zooplanktonic biomass was concentrated in the interval of 40-60 m of depth provided by some factors like temperature, salinity, depth, sampling station and sampling hour. The variation in the distribution of zooplankton biomass is determinate by the clines, migration movements, as well as in areas of upwelling and convergence zones of cyclone-anticyclone eddy was concentrated.

INTRODUCCION

La producción primaria es el primer eslabón en la escala trófica y está vinculada con el fitoplancton, que junto con los animales herbívoros y carnívoros, forman la producción total del mar. El plancton es el primer eslabón en la red trófica de los organismos marinos. Su rápida respuesta a cambios ambientales le dan importancia desde el punto de vista ecológico y sus modificaciones a gran escala espacio-temporal es uno de los mejores indicadores de la variabilidad climática en la actualidad. Al mismo tiempo es importante para desarrollar proyectos de cultivo de algunas especies comerciales como camarones, ostras, mejillones y peces (Wickstead, 1976).

El zooplancton o animales del plancton conforman la máxima biomasa de los herbívoros, que se alimentan de fitoplancton. Estos consumidores primarios convierten el tejido del fitoplancton en tejido animal, volviéndose el "intermediario" del siguiente nivel trófico, el zooplancton carnívoro o consumidores secundarios (Duxbury y Duxbury, 1989).

El zooplancton no se encuentra distribuido homogénea ni aleatoriamente en el océano, pues presenta movimientos tanto verticales como horizontales. Se distribuye en formas de agregaciones o parches que dependen de factores tanto físicos como químicos y biológicos (Gasca *et al.*, 1996; Harris *et al.*, 2000; Heywood, 1996; Rudjakov, 1970). Los crustáceos, principalmente los copépodos, son los más

abundantes en las zonas neríticas y costeras abarcando entre el 50 y el 80 % del total del zooplancton (Gasca et al., 1996).

En la actualidad muchos trabajos le dan mas importancia al estudio del plancton como una entidad dinámica, mostrando como interactúa este con el medio (Salas-de-León et al., 1998; Wickstead, 1976).

Uno de los parámetros más usados para evaluar la densidad de la comunidad del zooplancton es la medición de la biomasa, la cual nos brinda información sobre la productividad de la zona de colecta. La biomasa zooplanctónica está asociada con factores bióticos como disponibilidad de alimento para el zooplancton, tasa fotosintética y factores físicos como salinidad, temperatura, densidad, entre otras (Breers, 1981; Franco-Gordo et al., 2001; Omari, 1984; Sánchez-Ramírez, 1997). Para determinar cuantitativamente la biomasa hay tres métodos que son: *gravimétricos* en el cual se determina el peso o masa de los organismos; *volumétricos* que determina el espacio ocupado por el plancton, el agua estructural y la ambiental; y los métodos *químicos* que determinan el contenido de C, N, P, proteínas, lípidos, carbohidratos y material genético. Para determinar el número de organismos en una muestra y considerando que generalmente son muy abundantes esta se fracciona. Existen diversos medios como la pipeta de Stempel, un fraccionador de Folsom o por medio de los pesos de los organismos (Bolotovskoy, 1981; Flores-Coto, 1978; Gasca et al., 1996).

Existe otro método relativamente nuevo el cual usa la acústica, principalmente ecosondas y ADCP (perfiles acústicos Doppler), para determinar la biomasa.

Los ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) fueron diseñados para medir la velocidad de la corriente, aunque pueden generar datos físicos y biológicos a la par, y dar una estimación confiable de la concentración y abundancia del zooplancton, pero aún es difícil y costoso obtener información para la identificación de los organismos dispersores como pueden ser el tamaño de estos (Flagg y Smith, 1989; Griffiths y Díaz, 1996; Roe y Griffiths, 1993; Zimmerman y Biggs, 1999). En fechas recientes se han construido ADCP multifrecuenciales a nivel experimental, los cuales permiten conocer grupos de tallas de los organismos que producen los ecos. Estas mediciones de biomasa obtenidos por estos equipos pueden complementar los programas de muestreo tradicionales en zooplancton, micronecton y necton en las mismas escalas de tiempo y espacio; así como generar datos físicos importantes para entender la distribución y abundancia del zooplancton (Roe y Griffiths, 1993). Sin embargo, hay que conocer bien los rangos del eco que el zooplancton emite y respaldarlo con los muestreos de las redes.

El estudio del zooplancton es de gran importancia por las implicaciones prácticas que tiene en pesquerías, en ecología y por la necesidad de generar conocimiento básico en biología.

OBJETIVOS

- **Caracterizar la variación espacial de la biomasa zooplanctónica a partir de muestras obtenidas en la región del Cañón de Campeche durante la campaña oceanográfica PROMEBIO-I (5 al 21 de agosto de 1999).**
- **Determinar los factores que pueden influir en la distribución vertical de la biomasa zooplanctónica.**

ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México se encuentra localizado en la zona subtropical entre las latitudes 18° y 30° N y las longitudes 82° y 98° W, es una cuenca semicerrada que se comunica con el Océano Atlántico y con el Mar Caribe por el Estrecho de Florida y por el Canal de Yucatán respectivamente. La batimetría varía considerablemente y alcanza profundidades cercanas a los 4,000 m en su región central.

El Golfo de México es influenciado por el paso de masas de aire frío y seco proveniente de los Estados Unidos y Canadá, que al encontrarse con las masas de aire propias del golfo de origen marítimo y características tropicales forman frentes atmosféricos. La circulación en el golfo es dominada por la Corriente de Lazo que entra a través del Canal de Yucatán y sale por el Estrecho de Florida. Presentan giros anticiclónicos (núcleos cálidos) y ciclónicos (núcleos fríos) que se forman por diferentes mecanismos (Hurlburt y Thompson, 1985; Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1997). Una de las causas más importantes en la formación de los anticiclones es la intrusión de la Corriente de Lazo. Los giros cálidos se desplazan hacia el oeste del golfo, hasta llegar a la plataforma de Tamaulipas llevando salinidades con valores de 36.50. Al desaparecer dichos giros la biomasa del zooplancton se incrementa en los lugares donde estaban estos debido al transporte de masas de agua oceánica de la región central del Golfo de México hacia el talud y la plataforma continental occidental del golfo. La interacción del

anticiclón con el par ciclónico provoca el afloramiento de agua en el borde de los giros. La hidrografía de estos remolinos (ciclónicos y anticiclónicos) afecta los patrones de distribución del zooplancton (Salas-de-León *et al.*, 1998; Sanvicente-Añorve, 1990; Vidal *et al.*, 1990).

La Bahía de Campeche esta situada en la región sur del Golfo de México entre los 18° y 21° de latitud Norte y los 90° y 97° de longitud Oeste con profundidades que pasan de los 2800 m. Con relación al régimen de vientos y lluvias se presentan tres épocas climáticas: una temporada de lluvias de julio a octubre; una temporada de nortes o con frontogénesis atmosférico de noviembre a abril y la tercera de secas de mayo a junio (Fuentes-Yaco *et al.*, 2001). La marea es de carácter diurno con una amplitud pequeña (Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1997).

En la Bahía de Campeche se presenta un giro ciclónico semipermanente que generalmente es débil de abril a mayo. Cuando se desarrolla completamente su circulación puede cubrir alrededor del 75 % de la misma (Vásquez-de-la-Cerda, 1993).

Villalobos y Zamora (1975) y Czitrom *et al.* (1986) reportan que los aportes de aguas continentales, son por lo general fríos y forman gradientes térmicos verticales en las zonas costeras. Las variaciones espacio-temporal en los valores de salinidad son más intensas que los de temperatura. Según Bogdanov (1969)

aguas bajas en salinidad llegan al Banco de Campeche en primavera y verano desde el noreste con la Corriente de Yucatán.

En particular, en este trabajo de tesis la zona de estudio es la región sobre el Cañón de Campeche localizada dentro de la Bahía de Campeche entre los $20^{\circ} 12'$ y $21^{\circ} 36'$ N y los $92^{\circ} 24'$ y $93^{\circ} 24'$ W en el lado occidental de la plataforma de Yucatán (Figura 1). El origen del Cañón es tectónico (Weaver, 1950) y considerado como una región compleja topográficamente debido a que presenta una profundidad máxima de 160 m en la parte superior del talud y de 2800 m en su parte más profunda.

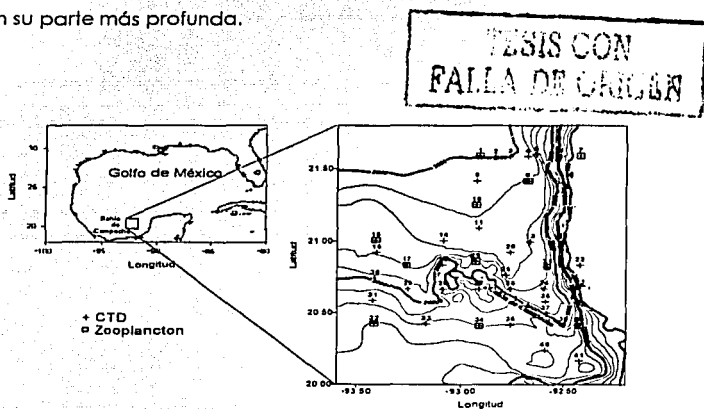


Figura 1. Localización del área de estudio y red de estaciones de muestreo.

Salas-de-León *et al.* (somefido) encuentran que la región del Cañón de Campeche registra temperaturas altas en la superficie ($\approx 29^{\circ} \text{C}$). Por debajo de la capa de mezcla se presenta un giro anticiclónico centrado en los $20^{\circ} 40'$ N y 93°

W con un diámetro de 70 Km aproximadamente, alcanzando una profundidad de influencia de 300 m. La termoclina y la haloclina se encuentran alrededor de los 40 m de profundidad, encontrando los valores mas elevados de temperatura y salinidad en el centro del giro anticiclónico. Asociado a este giro anticiclónico (al norte) se presenta un giro ciclónico, donde los valores mas bajos tanto de temperatura como de salinidad se encuentran en el centro del giro, al mismo tiempo se genera también una surgencia subsuperficial pegada al talud continental la cual juega un papel importante en la productividad.

ANTECEDENTES

La mayoría del zooplancton tiende a agregarse en la zona de la termoclina, y presenta una distribución determinada por esta y las migraciones verticales ontogenéticas y estacionales así como también, por las respuestas pasivas a cambios hidrográficos. Fragopoulou y Lykakis (1990) muestran este patrón en un estudio en la región de la plataforma continental del Golfo de Patraikos en Grecia, al relacionar el desarrollo de la termoclina estacional con la distribución vertical y migración del zooplancton principalmente en chaetognatos.

Biggs (1992) encuentra que la gran cantidad de biomasa planctónica, obtenida durante los meses de septiembre y octubre de 1988 en el Golfo de México en regiones de altas concentraciones de nutrientes cercanas a la superficie, coinciden con áreas de circulación ciclónica, esto debido a que el agua contenida en estos giros es rica en nutrientes. Biggs *et al.* (1997) encuentran que la biomasa de zooplancton, solo puede incrementarse cuando la corriente en los giros ciclónicos disminuye su intensidad y que las poblaciones tanto de plancton como de necton, pueden mantenerse por la mezcla de aguas cercanas y subsistir como agregaciones locales.

Mille-Pagaza y Carrillo-Laguna (2001) encontraron en el Golfo de México un número bajo de especies de chaetognatos y una mayor densidad de estos, durante abril y mayo de 1986. El máximo se encontró en el área de la Sonda de

Campeche con varias especies de chaetognatos de mayor densidad y otras de menor densidad, lo que refleja que la mayoría de las especies de chaetognatos colectados son cosmopolitas; epiplanctónicas con distribución amplia tanto en aguas tropicales como subtropicales del Golfo de México. Estos autores concluyen que la temperatura influye en la composición de la comunidad de chaetognatos así como en la densidad de las especies y que su distribución está regida principalmente por la disponibilidad del alimento.

Como resultados de un muestreo efectuado durante julio de 1988 Gasca (1999) reporta una abundancia máxima de sifonóforos sobre el talud continental; en las estaciones oceánicas, mostraron valores altos comparado con las estaciones neríticas que fueron extremadamente variables y presentaron bajas densidades. Por otro lado, observó que en el área donde se encontraba un giro de núcleo frío (ciclónico) las densidades de zooplancton fueron mayores que en donde se encontró un giro cálido (anticiclón), y lo atribuye a que la nutriclina se encuentra somera en el giro ciclónico y profunda en el anticiclónico. Concluyendo que tanto la circulación a mesoescala como las migraciones verticales, tienen un efecto reducido en la composición de la comunidad de sifonóforos.

En un estudio realizado por Castellanos y Gasca con eufausidos en el Golfo de México en abril y mayo de 1999, concluyen que la Bahía de Campeche es un área altamente productiva. Estos autores establecen la existencia de tres grupos de estaciones de acuerdo a su densidad: el primero agrupa estaciones neríticas y

oceánicas con una densidad extrema de eufausidos relacionadas con la influencia de aguas costeras y del talud. El segundo abarca casi todas las estaciones oceánicas con densidades medias, relacionada esta con comunidades mixtas de afinidades oceánicas y del talud. El último grupo abarca casi todas las estaciones oceánicas que van a lo largo del borde del talud continental con bajas densidades y un menor número de especies. Estos autores observaron que la riqueza y abundancia de especies de eufausidos fue alta en la noche, así como las áreas de giros ciclónicos son de mayor productividad teniendo una relativa alta densidad de eufausidos tanto de día como de noche.

Gasca *et al.* (2001) concluyen que existe una variabilidad estacional-interanual en la estructura de la comunidad de eufausidos en la parte sur del Golfo de México, donde la composición de especies de eufausidos esta compuesta principalmente por eufausidos del caribe oriental. Los ritmos de migración vertical en ciclos nictimeriales determinan las variaciones en número de los adultos de eufausidos en los primeros 200 m, sugiriendo que el patrón de migración vertical puede ser afectado por las condiciones ambientales.

En lo referente a ictioplancton, Flores-Coto *et al.* (1988) diferencian dos zonas de biomasa zooplanctónica y composición ictioplanctónica. La primera, nerflica con alta biomasa, cuya diversidad ictioplanctónica está dada por especies que habitan la provincia nerflica en estado adulto; la segunda zona es oceánica y tiene una biomasa zooplanctónica baja y una alta diversidad de larvas de

diversas especies de peces, que habitan la provincia mesopelágica en estado adulto en la Plataforma de Yucatán, es un área arrecifal con influencia nerítica prácticamente nula. En otro estudio, Sanvicente-Añorve (1990) diferencia cuatro comunidades ictioplanctónicas: nerítica, nerítica con afinidad fluvio-lagunar, oceánica, y de mezcla. Estas comunidades tienen variaciones en su biomasa de acuerdo a la época del año. En invierno, la biomasa zooplanctónica y la densidad ictioplanctónica tienen un aumento debido a la influencia del giro ciclónico sobre la comunidad oceánica. En primavera se presenta una alta biomasa zooplanctónica y una menor densidad ictioplanctónica en la parte media de la plataforma de Campeche, y durante el verano se presenta biomasa zooplanctónica y densidad ictioplanctónica mínima en la zona oceánica y en el borde del talud continental.

La figura 2 muestra algunos procesos oceánicos que ocurren en ciertos intervalos espacio-temporales, y que en conjunto determinan el patrón de agregación del zooplancton. Como ejemplo tenemos los giros que se caracterizan por ser eventos intensos que afectan un área amplia. En este estudio se encuentra un giro anticiclónico que abarca 70 km de diámetro. No obstante siempre hay que tener en cuenta el traslape de eventos de menor escala, como la competencia por el alimento que se da entre los organismos, y que afecta directamente a la comunidad del zooplancton en áreas amplias y periodos de tiempo mayor. Es debido a esto que resulta tan difícil el separar los eventos espaciales de los temporales en la mayoría de los estudios enfocados a la biomasa del

MÉTODOS Y MATERIALES

Los datos y muestras usados en este trabajo fueron obtenidos en la campaña oceanográfica PROMEBIO - I realizada en la región del Cañón de Campeche a bordo del B/O "Justo Sierra" perteneciente a la UNAM del 5 al 21 de agosto de 1999. Se estableció la red de estaciones con una distancia entre estación y estación de 9 km en dirección perpendicular al talud del Banco de Campeche y de 23 km en dirección paralela, obteniendo así 41 estaciones de muestreo (figura 1). Durante dicha campaña se obtuvieron muestras de zooplancton solo en 12 estaciones mediante arrastres horizontales estratificados hasta en 6 niveles (0-10 m, 10-20 m, 20-30 m, 40-60 m, 60-80 m, 80-100 m). Se usaron redes cónicas de apertura-cierre de 75 cm de diámetro de boca, con una luz de malla de 505 μm y 2.35 m de largo. En la boca de las redes se colocó un contador de flujo para determinar el volumen de agua filtrada y obtener la densidad de organismos colectados por unidad de volumen.

Las muestras de zooplancton obtenidas se fijaron en formaldehído al 4 % y se trasvasaron a alcohol al 70 % para preservarlas. En el laboratorio, se utilizó el método cuantitativo volumétrico descrito anteriormente. Para obtener la biomasa zooplancónica se determinó como peso húmedo y volumen desplazado sometiendo cada muestra a un sistema de vacío a fin de extraer el agua intersticial de las muestras para la determinación de la biomasa. Una vez obtenido

el peso húmedo y el volumen desplazado, se obtuvo la biomasa en 100 m³ mediante la relación obtenida por Zavala-García y Flores-Colo (1989):

$$\text{Biomasa Zooplancónica (100 m}^{-3}\text{)} = \frac{\text{Peso Neto (g)}}{\text{Volumen Filtrado (ml)}} \times 100$$

Asimismo se registraron datos de conductividad, temperatura y presión con un CTD Neil Brown Mark III la salinidad y la densidad potencial (σ_θ) se calcularon usando las fórmulas de la UNESCO (Fofonof y Millard, 1983). Una vez obtenidos los valores tanto de temperatura como de salinidad y sigma θ , los datos fueron estandarizados mediante el criterio de Z (área bajo la curva).

Para obtener los datos de intensidad acústica se utilizó un ADCP de 75 kHz de frecuencia, modelo RD-VM0075 diseñado para su uso en buques, fabricado por RD Instruments (1992), el cual se programó para emitir una señal cada 0.7 s y promediarlas cada 5 min en celdas consecutivas de 16 m de profundidad. Los datos obtenidos se almacenaron en una computadora conectada al ADCP. En los archivos además de los datos de intensidad acústica, se guardaron los datos generales del crucero (mes, día, año, hora), los datos de navegación (latitud, longitud, velocidad y dirección del barco) y la temperatura de la cabeza del transductor. La onda acústica perfila hasta 665 m de profundidad para la velocidad con un máximo de 128 celdas o capas, con una precisión de ± 3 dB para la intensidad del eco al calibrarse y un error estadístico de ± 0.5 dB.

Los datos de intensidad del eco se transformaron a un coeficiente de intensidad acústica (S_v) mediante la ecuación proporcionada por RD Instruments:

$$S_v = 10 \log_{10} \left[\frac{4.47 \times 10^{-20} K_2 K_s (T_x + 273) \left(10^{\frac{K_r |E - E_r|}{10}} - 1 \right)}{c P K_1 10^{\frac{-2\alpha R}{10}}} \right]$$

Donde:

K_2 : Factor de ruido del sistema.

K_s : Constante del sistema, depende de la frecuencia del ADCP.

T_x : Temperatura en tiempo real del transductor (conteo, °C).

K_e : Factor de conversión de la intensidad del eco (dB/conteo).

E : Intensidad del eco (conteo).

E_r : Nivel de referencia en tiempo real para la intensidad del eco (conteo).

c : Velocidad del sonido en cada celda (m/s).

P : Duración del pulso transmitido (m).

K_1 : Potencia en tiempo real dentro del agua (W).

R : Rango de inclinación de la celda (m).

α : Coeficiente de absorción del sonido sobre un rango de perfilación (dB/m, una vía).

La velocidad del sonido en el agua, se calculó directamente de los datos de temperatura, salinidad y presión obtenidos por el CTD, en el área de muestreo mediante los algoritmos de la UNESCO (Foffonó y Millard, 1983).

Posteriormente con los datos acústicos transformados a Intensidad acústica (Sv) mediante la ecuación descrita, los datos de temperatura, salinidad, densidad (sigma θ), los datos de biomasa zooplanctónica, profundidad de la muestra de zooplancton, el número de estación de muestreo, la hora en que se realizó la colecta se elaboró una matriz de datos. Con esta se realizaron gráficos de dispersión por nivel de colecta de la biomasa zooplanctónica como función de la temperatura, salinidad, sigma θ e intensidad acústica (Sv) con el propósito de seleccionar el análisis estadístico que nos condujera a describir mejor el comportamiento de nuestro objeto de estudio (biomasa zooplanctónica).

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un método de extracción de componentes principales, con la finalidad de determinar los factores que influyen en la distribución del zooplancton. Este análisis establece el efecto conjunto que puede existir entre las variables medidas en un conjunto de datos y al mismo tiempo condensa la información en un número pequeño de variables (factores) con una pérdida mínima de información. Las variables utilizadas para este análisis fueron temperatura, salinidad, profundidad, estación de muestreo y hora de muestreo como variables independientes.

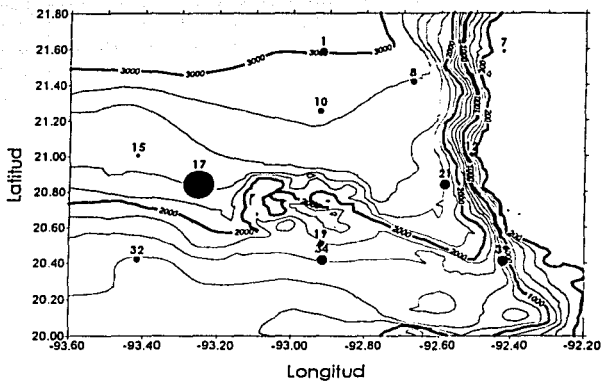
Así mismo, se elaboró un análisis de agrupamiento (cluster) para determinar el posible patrón de asociación geográfica (estaciones de muestreo) en función de las semejanzas con los valores de la biomasa zooplanctónica en peso húmedo.

RESULTADOS

Los resultados de la determinación de la biomasa zooplanctónica por nivel muestra para el primer nivel (0-10 m) (Fig. 3a) que la estación 17 presenta la mayor biomasa con $10.28 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ mientras que las estaciones 7 y 15 tuvieron 0.62 y $0.64 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ respectivamente. En el segundo nivel (10-20 m) (Fig. 3b) los máximos de biomasa se presenta en las estaciones 39, 21 y 34 con valores de 5.92 , 4.27 y $4.01 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$, los valores mínimos fueron de 1.54 y $1.25 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ en las estaciones 8 y 19. En el tercer nivel (20-30 m) las estaciones 10, 17 y 21 con 3.83 , 4.96 y $5.66 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ presentaron la mayor biomasa y las estaciones 7, 15 y 19 fueron las de menor biomasa con 1.86 , 1.76 y $1.65 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ (Fig. 3c). En el cuarto nivel (40-60 m) (Fig. 3d) las estaciones 1, 15 y 39 presentaron la menor biomasa con 1.38 , 2.94 y $2.03 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ y las estaciones 7 y 8 tuvieron la mayor biomasa con 8.74 y $7.03 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. En el quinto nivel (60-80 m) (Fig. 3e) en la estación 15 se presentó la mayor biomasa con un valor de $10.42 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ mientras que la estación 19 tuvo la menor biomasa con $1.36 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$. En el sexto nivel (80-100 m) las estaciones con biomasa altas, de 5.11 y $4.36 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$, fueron la 8 y la 15 y las estaciones con menor biomasa fueron la 17 y 19 con valores de 0.19 y $0.74 \text{ g } 100 \text{ m}^{-3}$ (Fig. 3f).

a)

0-10 m



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

b)

10-20 m

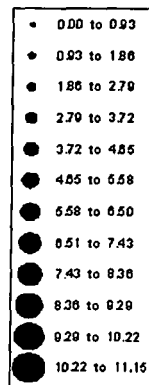
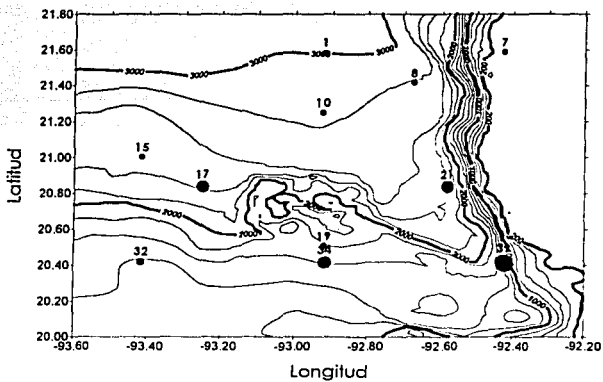
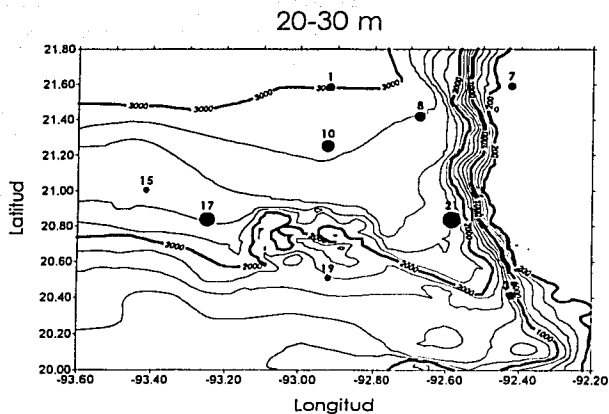


Figura 3. Distribución de la Biomasa zooplanctónica en peso húmedo ($\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$). Las isólinas representan la profundidad (m).

c)



d)

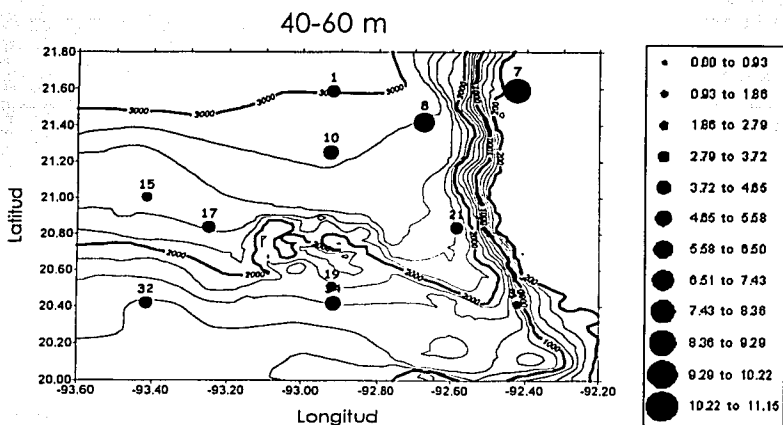
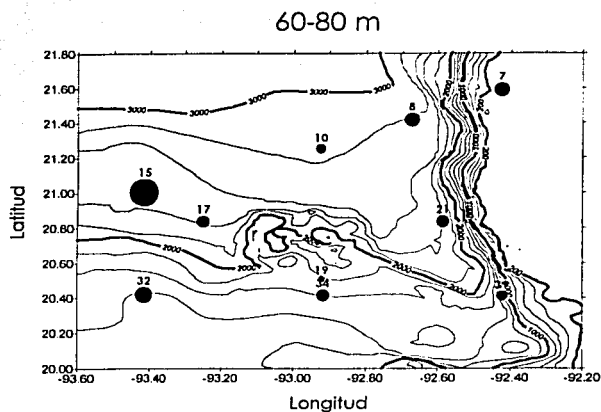


Figura 3. Continuación. Distribución de la Biomasa zooplanctónica en peso húmedo ($\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$). Las isólinas representan la profundidad (m).

e)



f)

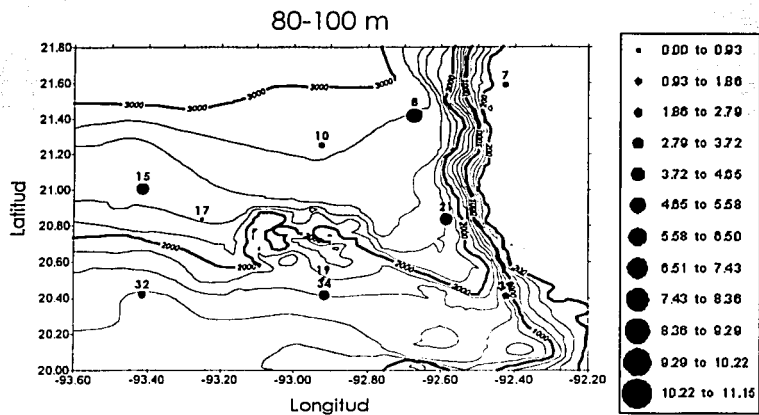


Figura 3. Continuación. Distribución de la Biomasa zoopláctónica en peso húmedo ($\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$). Las isóneas representan la profundidad (m).

Con respecto a la distribución vertical de las variables físicas en la columna de agua y de la biomasa de zooplancton, se puede observar que la termoclina, haloclina y picroclina varían en la columna de agua en cada estación (Fig. 4). En las estaciones 7, 8, 10 y 15 se encuentran aproximadamente a los 20 m de profundidad, en las estaciones 17, 19, 21, 32 y 39 se hallan a los 30 m de profundidad y en las estaciones 1 y 34 se ubica a los 40 m. En cuanto al valor máximo de biomasa de zooplancton, varía con la profundidad en cada estación presentándose en la estación 17 a los 10 m de profundidad y por arriba de la termoclina, haloclina y picroclina; en la estación 39 el primer valor máximo se localiza a los 20 m de profundidad también por arriba de estas y el segundo se localiza a los 80 m por debajo de estas. En la estación 21 se encontró al mismo nivel de la termoclina, haloclina y picroclina, en las estaciones 1, 7, 8, 10, 19 y 34 se encontró el mayor valor de biomasa a los 60 m de profundidad es decir por debajo de la termoclina, haloclina y picroclina, y en las estaciones 15 y 32 el mayor valor de biomasa se encontró a los 80 m estando por debajo de estas.

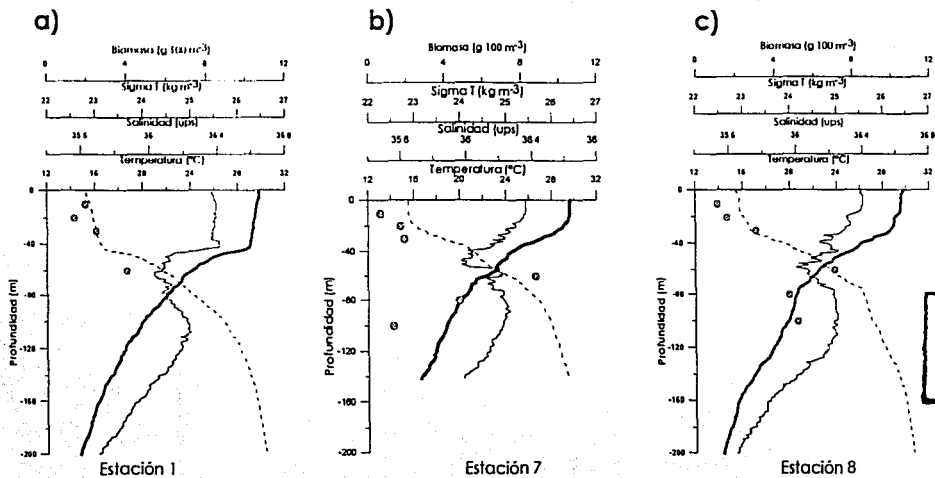


Figura 4. Perfiles verticales de Temperatura (°C, línea gruesa), Salinidad (línea delgada), Sigma θ (Kg m^{-3} , línea punteada) y biomasa zooplanctónica en peso húmedo (g 100 m^{-3} , puntos grises).

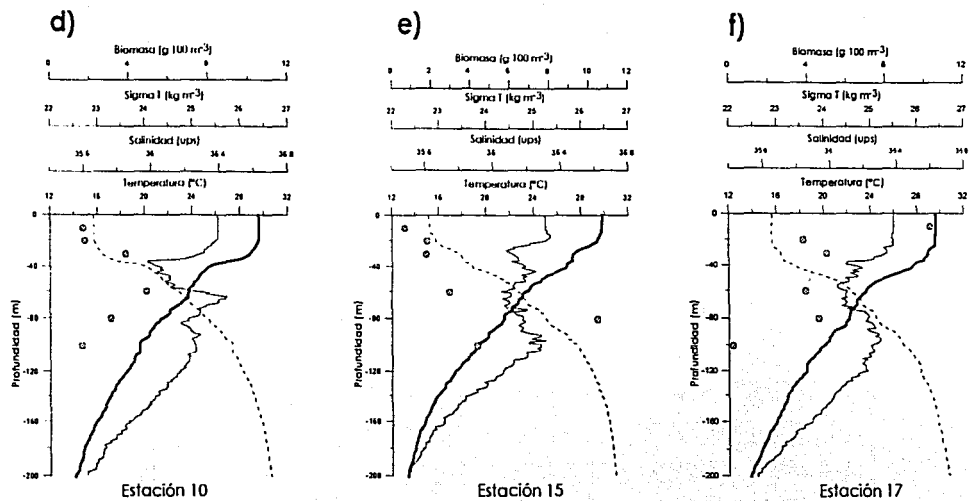


Figura 4. Continuación. Perfiles verticales de Temperatura (°C, línea gruesa), Salinidad (línea delgada), Sigma θ (Kg m⁻³, línea punteada) y biomasa zooplánctónica en peso húmedo (g 100 m⁻³, puntos grises).

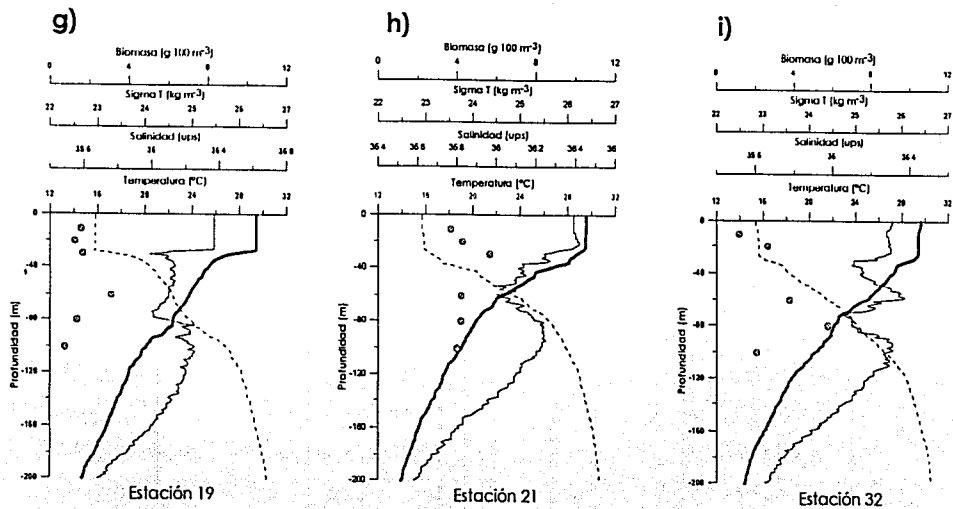


Figura 4. Continuación. Perfiles verticales de Temperatura (°C, línea gruesa), Salinidad (línea delgada), Sigma θ (Kg m⁻³, línea punteada) y biomasa zooplancónica en peso húmeda (g 100 m⁻³, puntos grises).

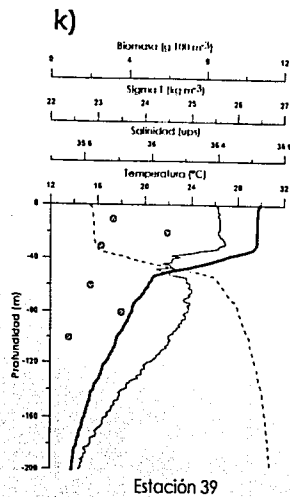
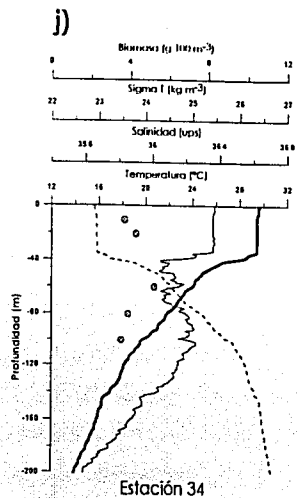


Figura 4. Continuación. Perfiles verticales de Temperatura (°C, línea gruesa), Salinidad (línea delgada), Sigma θ (Kg m⁻³, línea punteada) y biomasa zooplanctónica en peso húmedo (g 100 m⁻³, puntos grises).

En casi todas las estaciones la biomasa tiende a aumentar con la profundidad hasta un máximo, una vez que es alcanzado, la biomasa disminuye, a excepción de la estación 17 en la cual el máximo valor de biomasa se encuentra en los 10 m pero disminuye conforme va aumentando la profundidad, y en la estación 39 donde se presentan dos picos de valores altos con una tendencia a disminuir entre ellos.

En las gráficas de biomasa versus temperatura (Fig. 5a), la temperatura que se presenta en los tres niveles superficiales (0-10, 10-20, 20-30m) oscila entre 28.8 °C y 29.7 °C y los valores de biomasa se encuentran entre 0.62 y 5.92 g 100 m⁻³ a excepción de un máximo de 10.28 g 100 m⁻³ presente en el nivel de 0-10 m. La temperatura en los tres niveles más profundos, fue menor comparado con los tres niveles superficiales, presenta valores de 17.5 °C a 24.8 °C con biomásas de 0.19 a 8.74 g 100 m⁻³ con un valor de biomasa de 10.42 g 100 m⁻³ en el nivel de 40-60 m. En los niveles de 40-60 m y 60-80 m se observa un incremento en los valores de biomasa y decrecen en el nivel de 80-100 m.

La salinidad (Fig. 5b) en los tres niveles superficiales oscila entre los valores de 36.28 y 36.41 ups y en los tres niveles siguientes fue menor con valores que oscilan entre 36.01 y 36.29 ups. Se observa que la biomasa de zooplancton tiende a aumentar en salinidades que oscilan entre los 36 y 36.30 ups, las cuales corresponden a los niveles de 40-60 m y 60-80 m, aunque en el nivel de 80-100 m se presentan estos valores de salinidad la biomasa disminuye.

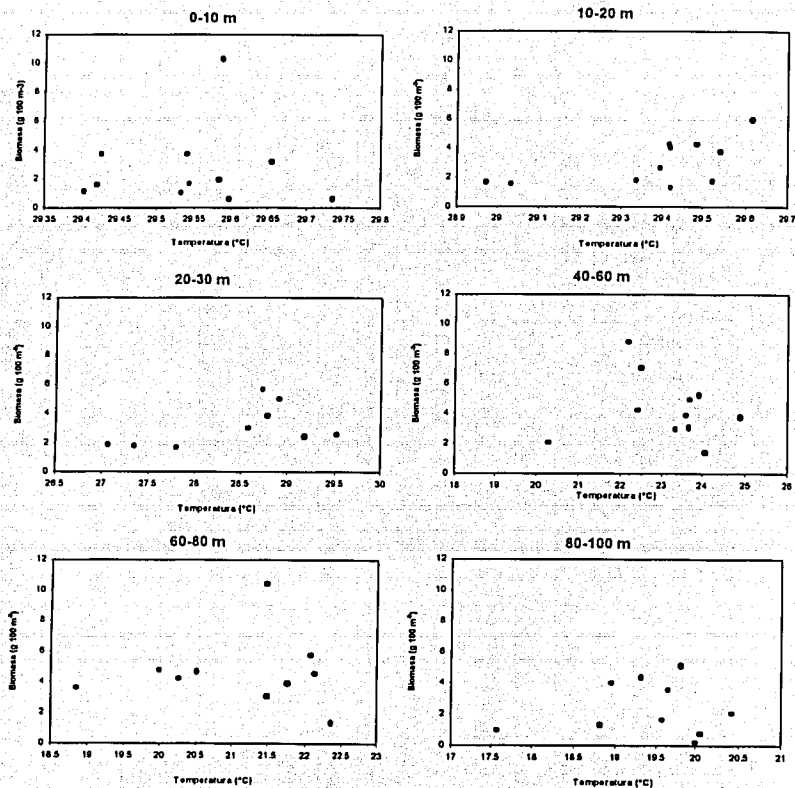


Figura 5a. Diagramas de dispersión de datos de biomasa zooplancónica en peso húmedo por nivel de colecta como función de la temperatura.

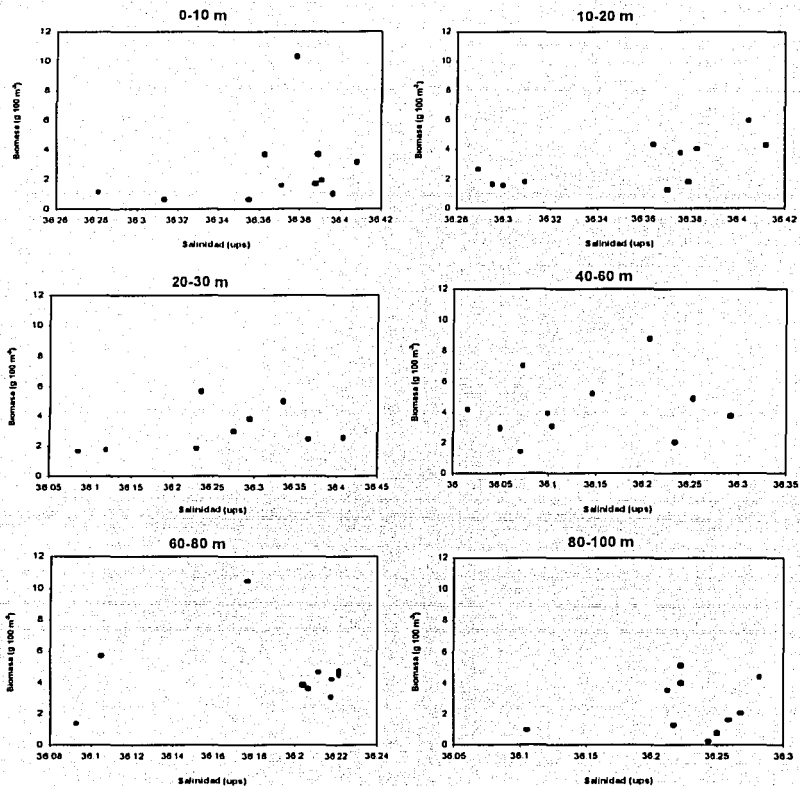


Figura 5b. Diagramas de dispersión de datos de biomasa zooplancónica en peso húmedo por nivel de colecta como función de la salinidad.

Con respecto a sigma θ (Fig. 5c) los valores de ésta en los tres niveles superficiales van desde 22.80 a 23.68 kg m^{-3} , en los tres niveles profundos los valores fueron mayores yendo de 24.35 a 26.22 kg m^{-3} . Los valores de biomasa se incrementan de 24.35 a 25.09 kg m^{-3} que corresponden con los niveles de 40-60 m y de 60-80 m, y decrece en valores de densidad de 25.5 a 26.00 kg m^{-3} .

En el gráfico de biomasa como función de la profundidad (Fig. 5d) se observa que la biomasa se incrementa hasta llegar al nivel de 60-80 m de profundidad donde se localiza la mayor biomasa y decrece a los 100 m.

En cuanto a la dependencia de la biomasa zooplanctónica con la estación de muestreo (Fig. 5e) los valores de biomasa en los tres niveles superficiales se observan uniformes a excepción de una estación en el nivel de 0-10 m que presenta un valor mayor. Se distingue en los dos niveles siguientes un incremento en los valores de biomasa en todas las estaciones y en el nivel de 80-100 m la biomasa disminuye en todas las estaciones.

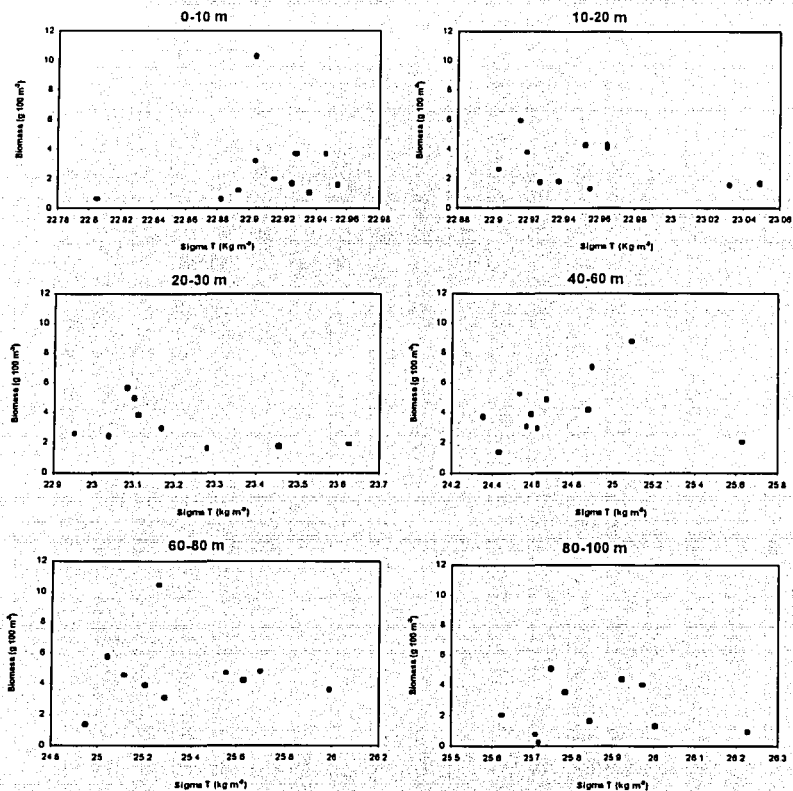


Figura 5c. Diagramas de dispersión de datos de biomasa zoopláctónica en peso húmedo por nivel de colecta como función de sigma T.

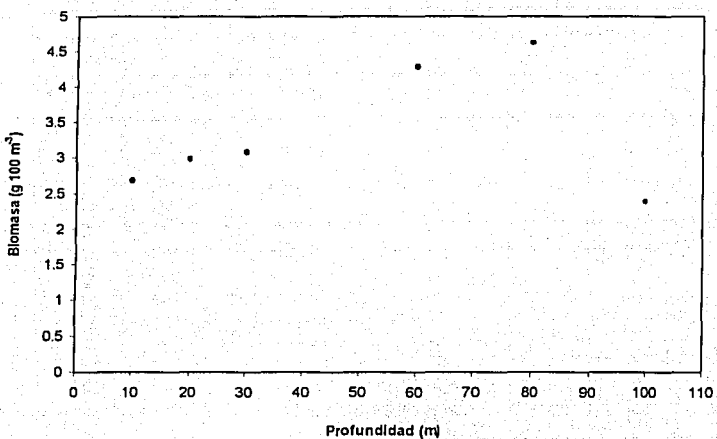


Figura 5d. Diagrama de dispersión de datos de biomasa zooplantónica en peso húmedo por nivel de colecta como función de la profundidad.

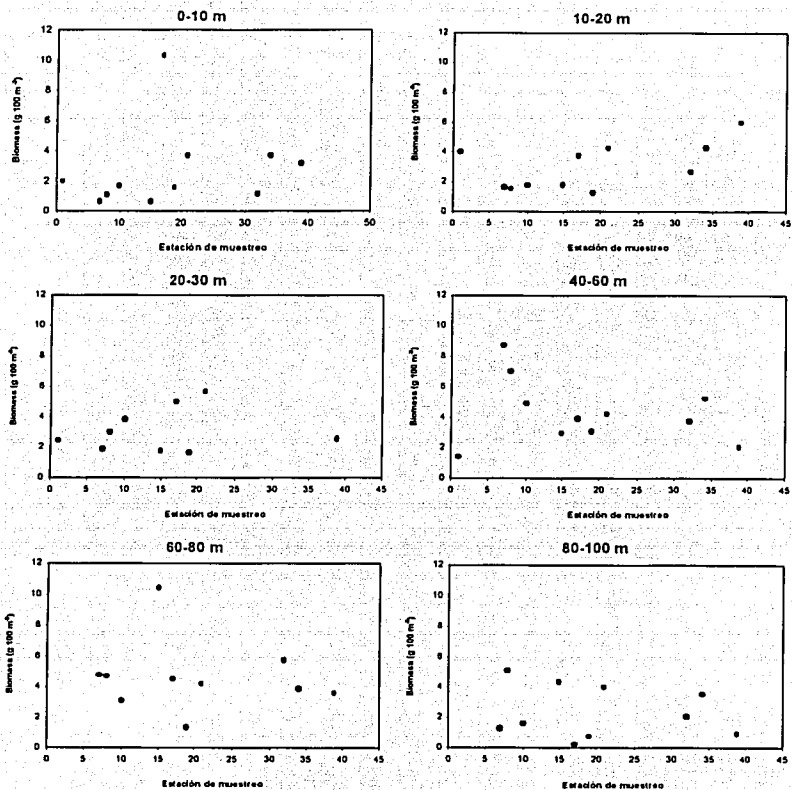


Figura 5e. Diagramas de dispersión de datos de biomasa zooplanctónica en peso húmedo por nivel de colecta como función de la estación de muestreo.

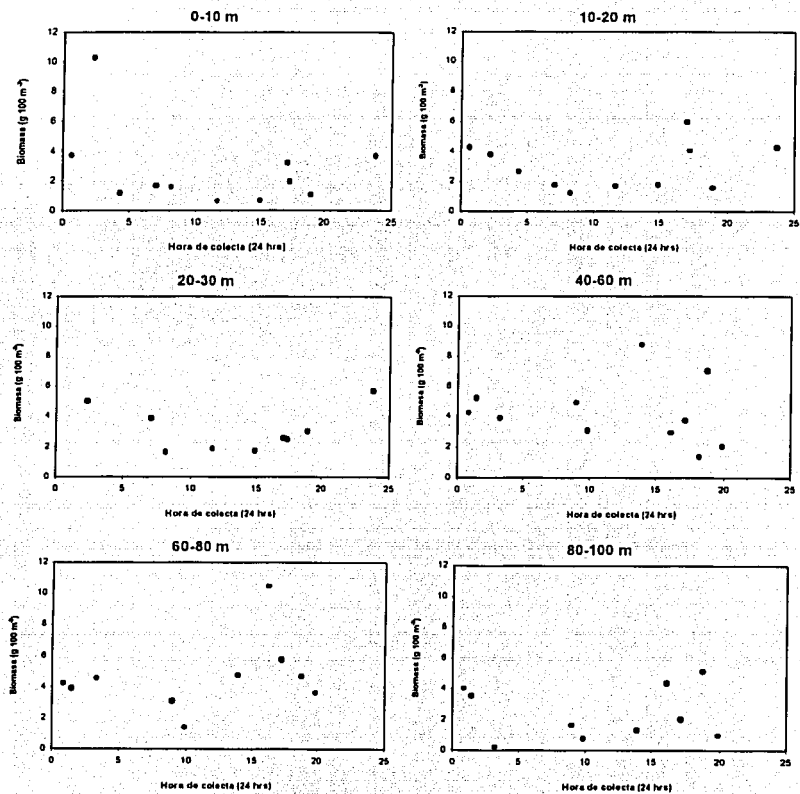


Figura 5f. Diagramas de dispersión de datos de biomasa zooplancónica en peso húmedo por nivel de colecta como función de la hora de colecta.

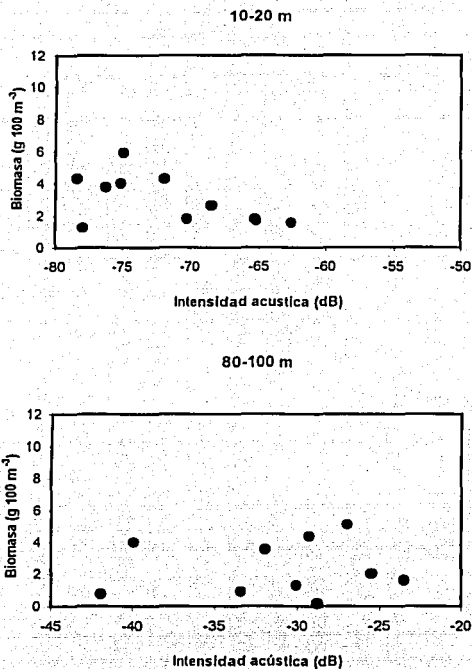


Figura 5g. Diagramas de dispersión de datos de biomasa zooplanctónica en peso húmedo por nivel de colecta como función de la intensidad acústica.

En las gráficas de dispersión de biomasa en función de la hora de colecta (Fig. 5f) se observa en los tres niveles superficiales (0-10, 10-20 y 20-30 m) los movimientos de migración que realiza el zooplancton, disminuyendo los valores de biomasa de las 5:00 a las 17:00; después de esta hora tiende a aumentar la biomasa. En el nivel de 40-60 m se observa que a partir de la 1:00 y hasta las 15:00 h la biomasa

se mantiene aproximadamente constante y a partir de las 16:00 hasta las 20:00 h la biomasa disminuye. Los dos niveles más profundos presentan el mismo comportamiento que los niveles superficiales aunque no tan marcadamente.

En cuanto a biomasa versus intensidad acústica (Fig. 5g) solo se utilizaron el nivel más superficial y el más profundo debido a que son las profundidades en las cuales coincidieron los datos acústicos y biológicos, se observa que en el estrato de 10 a 20 m la intensidad acústica aumenta cuando la biomasa disminuye su valor y en el estrato de 80 a 100 m conforme la biomasa aumenta la intensidad acústica aumenta.

El análisis de factores en su modalidad de componentes principales (tabla 1) nos da dos factores que influyen en la distribución de la biomasa de zooplancton. El primer factor está dado por la temperatura y la profundidad los cuales contribuyen con más del 0.9332. La salinidad contribuye con un 0.8206 y en conjunto representan el 50.37 % de la varianza total de la biomasa zooplanctónica. La temperatura y la salinidad presentan una asociación lineal negativa y la profundidad muestra una asociación lineal positiva. Esto es, conforme aumenta la temperatura y la salinidad la biomasa del zooplancton disminuye, y cuando aumenta la profundidad la biomasa de zooplancton aumenta. El segundo factor está determinado por la hora y la estación contribuyendo con 0.8090 y 0.7773 respectivamente y en proporción conjunta explican más del 25.8 % de la varianza total de la biomasa zooplanctónica, con

una relación lineal negativa para la estación de muestreo y una relación lineal positiva para la hora de colecta, conforme aumenta la hora de muestreo aumenta la biomasa de zooplancton.

Tabla 1. Tabla del análisis de factores por componentes principales.

	Factor 1	Factor 2
TEMPERATURA	-0.933225617	-0.081971317
SALINIDAD	-0.820649893	-0.113064874
PROFUNDIDAD	0.950690325	0.122286758
ESTACION	0.230355209	-0.777360292
HORA	-0.131608439	0.809022253
Expl.Var	2.518572697	1.293263532
Prp.Totl	0.503714539	0.258652706

El resultado del análisis de agrupamiento (cluster, Fig. 6) muestra la agrupación de acuerdo a las semejanzas en los valores de biomasa zooplanctónica de las estaciones de muestreo, asociándolos en 4 grupos: el primero esta conformado por las estaciones 15 y 19, el segundo por las estaciones 7, 8, 10 y 32, el tercero por las estaciones 17, 21 y 34, y el cuarto por las estaciones 1 y 39.

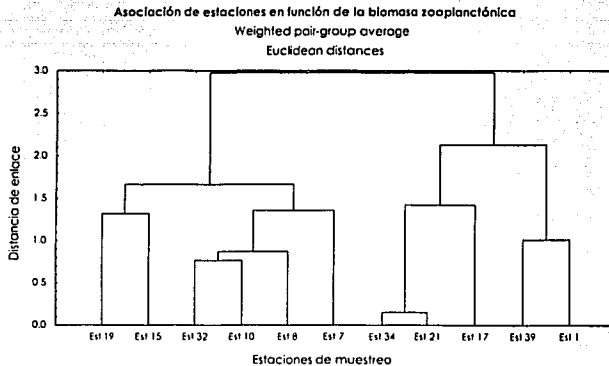


Figura 6. Cluster de biomasa de zooplancton.

DISCUSIÓN

Los máximos valores de biomasa zooplanctónica obtenidos en el Sur del Golfo de México, frente a la desembocadura de los ríos Grijalva-Usumacinta durante el verano, se han encontrado a 40 m de profundidad, por debajo de la termoclina, pycnoclina o haloclina, en zonas de influencia de las descargas fluvio-lagunares (Lara-López, 2000; Sánchez-Ramírez, 1997). La localización de ésta se debe a que los aportes del Sistema Grijalva-Usumacinta a la zona costera genera una frente halino, el cual provoca que una gran cantidad de nutrientes queden atrapados generando un área de alta productividad (Czilrom *et al.*, 1986; Legendre, 1986; Salas-de-León, 1998)

En el presente estudio, los valores máximos de biomasa zooplanctónica se presentan en diferentes estaciones de muestreo a diferentes profundidades, debido a los movimientos de migración vertical que efectúan los diferentes organismos del zooplancton como una estrategia para acceder alimento con un menor riesgo de ser depredados, y al estadio del ciclo de vida de estos que pueden presentarse a diferentes profundidades de acuerdo a los requerimientos de cada grupo en particular (Gardiner, 1978).

A diferencia de lo obtenido en el Sistema Grijalva-Usumacinta, en el Cañón de Campeche la distribución vertical de los valores máximos de biomasa zooplanctónica, se localizaron a los 60 m de profundidad en la mayoría de las

estaciones, por debajo de la termoclina, haloclina y pycnoclina; debajo de estas la temperatura es baja, y habiendo mayor salinidad y densidad hace estas profundidades poco favorables para el zooplancton. La mayor profundidad en los máximos de biomasa zooplanctónica puede deberse también a que el área del Cañón de Campeche es una zona oceánica que no presenta la influencia directa del aporte de los ríos, no presenta un frente halino, y es afectada principalmente por la Corriente de Lazo cuyo transporte es mayor en el verano y por la Corriente de Yucatán, es una región de formación de giros anticiclónicos y ciclónicos los cuales hundien y afloran agua profunda respectivamente (Behringer *et al.*, 1977; Molinari, 1977; Molinari *et al.*, 1978; Molinari y Morrison, 1988; Salas-de-León *et al.*, sometido).

Los resultados obtenidos mediante el análisis de factores, muestra que la temperatura, la salinidad y la profundidad afectan en un mayor grado la distribución de la biomasa zooplanctónica. Por otro lado las asociaciones geográficas, lo reportado por Castellanos y Gasca (1999) y Salas-de-León (sometido) permiten suponer que la distribución de la biomasa entre las estaciones de muestreo 7, 8, 10 y 32 se debe a que se localizan en una zona frontal entre el par ciclónico-anticiclónico, las estaciones 1 y 39 se asocian debido a que ambas se encuentran en una zona de bajo oxígeno, las estaciones 17, 21 y 34 se ubican en la parte externa del borde del giro anticiclónico, y las estaciones 15 y 19 en una región de características internas de las corrientes de dichos giros,

lo cual les da configuración física similares que afectan la agrupación del zooplancton.

Es importante señalar que se deben seguir realizando este tipo de investigaciones para obtener un mejor conocimiento de la región ya que la zona de plataforma próxima al Cañón coincide con una de las zonas de incidencia de la flota de pesca de escama en el Golfo de México (Quiroga-Brahms, 2003).

CONCLUSIONES

- Las variables que más influyen en la distribución de la biomasa son la profundidad de muestreo, la temperatura y la salinidad.
- La mayor biomasa se encuentra debajo de la termoclina por lo que la variación en la distribución espacial del zooplancton esta determinada por la termoclina, haloclina, pycnoclina y por los movimiento de migración.
- La frontera entre los giros ciclónicos y anticiclónicos son áreas donde se concentra la biomasa.

REFERENCIAS

- Brees, J. R. 1981 Determinación de la biomasa del zooplancton. En D. Boltovskoy, ed. *Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Pub. Esp. INIDEP. Mar del Plata, Argentina. pp 133-141.
- Behringer, D. W., R. L. Molinari y J. F. Festa. 1977. The variability of anticyclonic current patterns in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 82(34): 5469-5476.
- Biggs, D. C. 1992. Nutrients, plankton, and productivity in a warm-core ring in the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 97: 2143-2154.
- Biggs, D. C., R. A. Zimmerman, R. Gasca, E. Suárez-Morales, J. Castellanos y R. R. Leben. 1997. Note on plankton and cold-core rings in the Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin* 95(2): 369-375.
- Bogdanov, D. V. 1969. Some oceanographic features of the Gulf of Mexico and Caribbean sea. En: A. S. Bogdanov Ed. *Soviet Cuban Fishery Research* pp. 13-15.
- Boltovskoy, D. 1981. *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental*. INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 936 pp.
- Castellanos, I. A. y R. Gasca. 1999. Epipelagic euphausiids (Euphausiacea) and spring mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Crustaceana* 72(4): 391-404.

- Czilrom Bauss, S. P. R., F. Ruz, M. A. Alatorre y A. R. Padilla. 1986. Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, Mexico. En: J.C.J. Nihove. *Marine interfaces ecohydrodynamics*. Elsevier. Amsterdam. pp.301-311.
- Duxbury, A. C. y A. B. Duxbury. 1989. *An introduction to the world's oceans*. Brown Publishers. USA pp. 338-339
- Flagg, Ch. N. y S. L. Smith. 1989. On the use of the acoustic Doppler current profiler to measure zooplankton abundance. *Deep-Sea Research part A*. 36(3): 455-474.
- Flores-Coto, C. 1978. Eficiencia de la pipeta de Stempel para la obtención de alícuotas de muestras de zooplancton. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. 5(1): 226-239.
- Flores Coto, C., L. Sanvicente Añorve, R. Pineda López y M. Rodríguez Vanlier. 1988. Composición, distribución y abundancia ictioplancónica del Sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*. 5(9): 65-84.
- Fofonoff, N. P., y R. C. Jr. Millard. 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. *UNESCO Technical Papers in Marine Science* 44: 53 pp.
- Fragopoulou, N. y J. J. Lykakis. 1990. Vertical distribution and nocturnal migration of zooplankton in relation to the development of the seasonal thermocline in Patraikos Gulf. *Marine Biology* 104: 381-387.
- Franco-Gordo, C.; E. Godínez-Domínguez y E. Suarez-Morales. 2001. Zooplankton biomass variability in the Mexican Eastern Tropical Pacific. *Pacific Science* 55(2): 191-202

- Fuentes-Yaco, C., D. A. Salas-de-León, M. A. Monreal-Gómez y F. Vera-Herrera. 2001. Environmental forcing in a tropical estuarine ecosystem: the Palizada River in the southern Gulf of México. *Mar. Freshwater Res.* 52: 735-744.
- Gardiner, M. S. 1978. *Biología de los invertebrados*. Omega, Barcelona, España. 940 pp.
- Gasca, R., L. Segura P. y E. Suárez M. 1996. El zooplancton marino. En: Gasca, R. y E. Suárez. 1996. *Introducción al estudio del zooplancton marino*. El colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)/CONACYT. México. pp. 1-35.
- Gasca, R. 1999. Siphonophores (Cnidaria) and summer mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 65(1):75-89.
- Gasca, R., I. Castellanos y D. C. Biggs. 2001. Euphausiids (Crustacea, euphausiacea) and summer mesoscale features in the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 68(3): 397-408.
- Griffiths, G. y J. I. Díaz. 1996. Comparison of acoustic backscatter measurements from a ship-mounted acoustic Doppler current profiler and an EK500 scientific echo-sounder. *ICES Journal of Marine Science*. 53: 487-491.
- Harris, R., P. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal y M. Huntley. 2000. *ICES Zooplankton methodology manual*. Academic Press. USA. 684 pp.
- Heywood, K.J. 1996. Diel vertical migration of zooplankton in the Northeast Atlantic. *Journal of Plankton Research* 18(2): 163-184.
- Hurlburt, H. E. y J. D. Thompson. 1980. A numerical study of Loop Current intrusion and eddy shedding. *J. Phys. Oceanogr.* 10: 1611-1651.

- Lara-López, A. L. 2000. Determinación de la biomasa zooplanctónica frente a la desembocadura del Sistema Grijalva-Usumacinta utilizando un perfilador acústico Doppler. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 60 pp.
- Legendre, L., S. Demers y D. Lefaivre. 1986. Biological production at marine ergoclines. En: Nihoul, J. C. J. 1986. *Marine Interfaces Ecohydrodynamics*. Elsevier. Ámsterdam. 1-29 pp.
- Libes, S. M. 1992. *An Introduction to marine biogeochemistry*. John Wiley & Sons. New York; pp. 30-58.
- Mille-Pagaza, S. y J. Carrillo-Laguna. 2001. The chaetognaths of the southwestern Gulf of Mexico during april-may, 1986. *Gulf and Caribbean Research* 13: 59-65.
- Molinari, R.L. 1977. Synoptic and mean monthly 200 topographies in the eastern Gulf of Mexico. *NOAA Tech. Memo. ERI. AMOL-27*, 33 pp., Atl. Oceanogr. And Meteorol. Lab., Miami. Flo.
- Molinari, R. L., J. F. Festa y D. W. Behringer. 1978. The circulation of the Gulf of Mexico derived from estimated Dynamic High Fields. *J. Phys. Oceanogr.* 8: 987-996
- Molinari, R. L. y J. Morrison. 1988. The separation of the Yucatán Current from the Campeche bank and the intrusion of the loop Current into the Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.* 93: 10645-10653.
- Monreal-Gómez, M. A. y D. A. Salas-de-León. 1997. Mares y circulación residual en el Golfo de México. En: *Monografía No. 3 de la Unión Geofísica Mexicana "Oceanografía Física en México"*, M. F. Lavín Peregrina Ed. 201-223 pp.

- Mullin, M. M. 1986. Spatial and Temporal scales and patterns. pp: 216-273. En: Bowman, M. S., R. T. Barber y C. N. K. Mores. 1986. *Lecture notes on Coastal and Estuarine studies vol. 15. Plankton dynamics of the Southern California Bight*. Springer-Verlag Ed. Berlin.
- Omori, M. y T. Ikeda. 1984. *Methods in marine zooplankton ecology*. Jhon Wiley & sons Ed. U.S.A. 319 pp.
- Pickard, G. L. y W. J. Emery. 1990. *Descriptive physical oceanography. An introduction*. Pergamon press: U.S.A. 319 pp.
- Quiroga Brahm, C. 2003. Caracterización de la pesquería de arrastre de escama en el sur del Golfo de México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 118 pp.
- RD Instruments. 1992. *Calculating Absolute Backscatter. Shelf Contained Acoustic Doppler Current Profiler. Technical Manual*. USA.
- Roe, H. S. J. y G. Griffiths. 1993. Biological information from an Acoustic Doppler Current Profiler. *Marine Biology*. 115(2): 339-346.
- Rudjakov, J. A. 1970. The possible causes of diel vertical migrations of planktonic animals. *Marine Biology* 6: 98-105.
- Sabatés, A., J. M. Gill y F. Pagès. 1989. Relationship between zooplankton distribution, geographic characteristics and hydrography patterns off the Catalan COSAT (Western mediterranean). *Mar. Biol.* 103: 153-159.

- Salas de León, D. A., M. A. Monreal Gómez, L. Sanvicente Añorve y C. Flores Coto. 1998. Influence de la circulation à long terme sur la répartition des organismes zooplanctoniques dans la Baie de Campeche, Mexique. *Oceanologica Acta*. 21 (1): 87-93.
- Salas-de-León, D. A., M. A. Monreal-Gómez, M. Signoret y J. Aldeco. Sometido. Subsurface anticyclonic-cyclonic structure and some biological characteristics over the Campeche Canyon, Gulf of Mexico. *J. of Geof. Resear.*
- Sánchez-Ramírez, M. 1997. *Alimentación, crecimiento y mortalidad de larvas de Chloroscombrus chrysurus (PISES: Carangidae) en el sur del Golfo de México*. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. 85 pp.
- Sanvicente-Añorve, L. E. 1990. *Comunidades ictioplanctónicas en el sureste del Golfo de México*. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar. Universidad Nacional Autónoma de México. 65 pp.
- Vidal, V. M. V., F. V. Vidal y A. F. Hernández O. 1990. *Atlas oceanográfico del Golfo de México volumen II*. Instituto de Investigaciones Eléctricas y Grupo de estudios oceanográficos.
- Villalobos, A. y M. E. Zamora. 1975. Importancia biológica de la Bahía de Campeche. *Memorias del I Simposium Latinoamericano de Oceanografía Biológica (México)* pp. 375-382.
- Weaver, P. 1950. Variation in history of continental shelves. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 34: 351-360.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Wickstead, J. H. 1976. *Marine zooplankton*. Edward Arnold Pub. Gran Bretaña. 60 pp.

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

Zimmerman, R. A. y Biggs, D. C. 1999. Patterns of distribution of sound-scattering zooplankton in warm- and cold-core eddies in the Gulf of Mexico, from a narrowband acoustic Doppler current profiler survey. *Journal of Geophysical Research*. 104(c3): 5251-5262.