

TESIS DEFENDIDA POR  
**María Fernanda Hernández Nava**  
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

---

Dr. Saúl Álvarez Borrego  
*Director del Comité*

---

Dr. Oscar Sosa Nishizaki  
*Miembro del Comité*

---

Dr. Alejandro Francisco Parés Sierra  
*Miembro del Comité*

---

Dr. Axayacatl Rocha Olivares  
*Coordinador del programa de posgrado  
en Ecología Marina*

---

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales  
Director de Estudios de Posgrado

*02 de junio de 2011*

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DE ENSENADA**



---

**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS  
EN ECOLOGÍA MARINA**

---

**Zooplancton de Bahía de los Ángeles (Golfo de California) durante la  
temporada de arribo del tiburón ballena (*Rhincodon typus*)**

**TESIS**

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

*Presenta:*

**María Fernanda Hernández Nava**

Ensenada, Baja California, México, a 2 de junio de 2011

**RESUMEN** de la tesis de María Fernanda Hernández Nava, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en ECOLOGÍA MARINA. Ensenada, Baja California, 2 de junio de 2011

**Zooplancton de Bahía de los Ángeles (Golfo de California) durante la temporada de arribo del tiburón ballena (*Rhincodon typus*)**

Resumen aprobado por

---

Dr. Saúl Álvarez Borrego  
Director de Tesis

Bahía de Ángeles (BLA) es un área influenciada por intensos procesos oceanográficos que ocurren en el Canal de Ballenas, los cuales favorecen la productividad primaria dentro de la bahía. Esto sustenta cadenas tróficas con abundancias elevadas, desde organismos planctónicos hasta vertebrados. El zooplancton representa el eslabón entre el fitoplancton y diversos vertebrados, como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*) que sostiene una industria de turismo ecológico. El tiburón ballena es el pez más grande del planeta, que se alimenta de forma activa mediante la filtración, principalmente de zooplancton, peces pequeños y calamares. El tiburón ballena se congrega en BLA de junio a noviembre para alimentarse. Éste trabajo tuvo la finalidad de analizar el zooplancton en El Rincón (parte sur de BLA), documentado como área preferencial de alimentación del tiburón ballena. Se analizaron 36 muestras de zooplancton superficial de septiembre, noviembre y diciembre de 2009. Se identificaron 22 grupos taxonómicos, 11 pertenecientes al meroplancton y 11 al holoplancton. De éste último el más abundante fue el de los copépodos, el cual ha sido descrito como presa preferente del tiburón ballena, por lo que este grupo se identificó hasta género y cuando fue posible hasta especie. El porcentaje en abundancia de copépodos varió considerablemente de  $25\pm 16\%$  en septiembre a  $70\pm 12\%$  en noviembre, y se mantuvo de esta manera durante diciembre. El género *Acartia* fue el más abundante en septiembre y noviembre, mientras que en diciembre disminuyó, siendo sustituido por la familia *Paracalanidae* y los copepoditos que aumentaron en este último mes. Esto se debió al cambio de temperatura de  $28.27^{\circ}\text{C}$  a  $19.62^{\circ}\text{C}$  en el período de muestreo. El mayor número de avistamientos del tiburón ballena se dio en noviembre, con una mayor abundancia de zooplancton, sobre todo con la mayor abundancia de copépodos del género *Acartia*. El tiburón ballena está altamente relacionado al género *Acartia*, y esto fue notorio cuando al cambiar la composición de copépodos el tiburón ballena no se presentó en el área de estudio. La temperatura superficial del agua de este estudio para noviembre es menor a la reportada en la literatura asociada a la presencia del tiburón ballena. Es posible que la alta disponibilidad de alimento tomando en cuenta la abundancia y la composición específica sea el factor determinante para la congregación del tiburón ballena en BLA.

Palabras clave: Zooplancton, Bahía de los Ángeles, tiburón ballena

**ABSTRACT** of the thesis presented by María Fernanda Hernández Nava as a partial requirement to obtain the MASTER OF SCIENCE degree in MARINE ECOLOGY. Ensenada, Baja California, México, June 2, 2011

**Zooplankton of Bahía de los Angeles (Gulf of California) during the arrival season of the whale shark (*Rhincodon typus*)**

Bahía de Angeles (BLA) is greatly influenced by the intense oceanographic processes that occur in Canal de Ballenas. This favors primary productivity in the bay. In turn, this supports a rich trophic web with high abundances of all type of organisms, from plankton to vertebrates. Zooplankton is the link between phytoplankton and a diversity of vertebrates, including the whale shark (*Rhincodon typus*), which sustains an industry of ecological tourism. The whale shark is the largest fish of the world. It feeds actively by filtering mainly zooplankton, small fish and squid. It congregates at BLA from June to November to feed. The goal of this work was to analyze the zooplankton of El Rincón (southern BLA), documented as preferred feeding grounds for the whale shark. Thirty-six surface zooplankton samples were collected in September, November, and December 2009. Twenty-two taxonomic groups were identified, 11 were meroplankton and 11 holoplankton. The most abundant of the latter were copepods, which has been described as the preferred pray of the whale shark. This group was identified up to genus, and when it was possible up to species. The percentage of copepods (in abundance) varied considerably from  $25\pm 16\%$  in September to  $70\pm 12\%$  in November and it remained practically the same thereafter. The genus *Acartia* was the most abundant in September and November, while it diminished in December when it was substituted by the family Paracalanidae and copepodites that increased their abundance in this last sampling month. This was caused by a temperature change from  $28.27^{\circ}\text{C}$  to  $19.62^{\circ}\text{C}$  during the sampling period. The greatest whale shark sighting numbers occurred in November, with greater zooplankton abundance, mainly a greater abundance of copepods of the genus *Acartia*. The whale shark is highly correlated to the genus *Acartia*, and this was notorious when the composition of copepods changed and the whale shark was not present in the study area. Surface seawater temperature reported in this study for November was lower than that reported in the literature associated to the presence of the whale shark. Possibly, the determinant factor for the presence of the whale shark at BLA is the high abundance and the specific composition of food.

Keywords: Zooplankton, Bahia de los Angeles, whale shark

A mis padres y hermanas  
Por siempre apoyarme en  
Cada paso de mi vida

Si consigo ver más lejos  
es porque he conseguido  
auparme a hombros de gigantes

Isaac Newton (1642-1727)

## Agradecimientos

Al CONACYT por la beca que me otorgó, para la realización de esta maestría.

Al CICESE, a todos los investigadores que compartieron su conocimiento conmigo durante estos dos años, y a todo el equipo de trabajo, Gracias.

A mi familia por todo el apoyo, cariño, compañía y esfuerzo para que yo pudiera realizar otra de mis locuras. Mil gracias por todo.

Dr. Saúl Álvarez Borrego no tengo palabras para agradecerle todo el apoyo que me dio en estos últimos meses.

Dr. Oscar Sosa y Dra. Sharon Herska, por la concepción de este proyecto, muchas gracias.

Dr. Alejandro Parés por su paciencia, espero ahora si me recuerde.

Ricardo y Karla gracias por ser mi compañía en esos largos días de laboratorio, sin ustedes el trabajo habría sido muy largo y tedioso. Y gracias por ayudarme y aconsejarme son como mis hermanos mayores los quiero. Luis gracias por tu irreverencia es muy refrescante en este lugar. Voy a extrañar nuestra banca (vortex de flojera).

Erick y Nancy muchas gracias por ser como ustedes, son un ejemplo no solo académico sino también como personas, nunca cambien.

Un agradecimiento enorme a la familia Loya, que me hizo parte de su familia y me apoyo durante mi estadía en Ensenada.

Violeta, Niño Gracias por ser una constante en mi vida y por estar cuando más los necesitaba. Los quiero muchísimo.

A mis amigos de la UABC, Luz, Jenny, Adriana, Iván, Gaby y todos los demás, gracias por dejarme ser parte de su vida.

Mariana y Rafa que puedo decirles, no hay palabras, ustedes saben lo mucho que les agradezco y lo mucho que los quiero.

Alex, Gemma (Gebba), Héctor, Amayaly, Mariana, Andrea, Alex, Mauricio y al los que no menciono, no es por mala onda solo que en este momento no me acuerdo. Muchas gracias por todas las pachangas, las risas, las tristezas, las celebraciones, por todo, es un placer conocerlos y convivir con ustedes.

Elizabeth Farías muchas gracias, por ser no solo una excelente secretaria, sino por soportar a todos los alumnos y sus quejas y escucharnos cuando tenemos problemas.

Y como olvidar a la gente hermosa de Bahía, Abraham gracias por la confianza que depositaste en mi, para analizar tus muestras. Isabel, Güero sin ustedes Bahía no sería Bahía, es un placer conocerlos. Mil Gracias por todo.

Y a mi querido equipo técnico, desde el DF. Lalo, Raquel y Sergio (yo soy tu fan) muchas gracias por su apoyo, sus ánimos, sus porras, y por todo el amor que me mandan vía electrónica; muchas Gracias.



<b>CONTENIDO</b>	<b>página</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	<b>4</b>
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
<i>III.1 Objetivo General</i> .....	6
<i>III.2 Objetivos particulares</i> .....	6
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>7</b>
<i>IV.1 Área de Estudio</i> .....	7
<i>IV.2 Colecta de Zooplancton</i> .....	10
<i>VI.3 Trabajo de Laboratorio</i> .....	12
<i>VI.4 Análisis de datos</i> .....	12
<b>V. RESULTADOS</b> .....	<b>13</b>
<i>V.1 Factores abióticos</i> .....	13
<i>V.2 Composición zooplanctonica</i> .....	17
<i>V.3 Grupos taxonómicos de copépodos</i> .....	27
<b>VI. DISCUSIÓN</b> .....	<b>35</b>
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	<b>40</b>
<b>VIII. SUGERENCIA PARA TRABAJO FUTURO</b> .....	<b>41</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>42</b>
<b>Anexo I</b> .....	<b>46</b>

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>página</b>
Figura 1. Bahía de los Ángeles mostrando la batimetría (m). (1) Isla Ventana, (2) Isla Cabeza de Caballo (Modificado de Bernard y Grady, 1968). El círculo negro representa al poblado de Bahía de los Ángeles. ....	8
Figura 2. Circulación en Bahía de los Ángeles de acuerdo a Amador Buenrostro <i>et al.</i> (1991) cuando los vientos soplan del norte en invierno (a) y del este en verano (b). ....	9
Figura 3. Temperatura de Bahía de los Ángeles a 5 m de profundidad tomada con un termógrafo de junio 2002 a junio 2003 (tomada de Blanco-Betancourt <i>et al.</i> , 2004) .....	10
Figura 4. Ensenada de El Rincón (parte sur de la Bahía) con las estaciones de muestreo. ...	11
Figura 5. Temperatura promedio superficial del mar para cada muestreo en 2009.....	13
Figura 6. Distribución de temperatura superficial del mar (°C). a) septiembre, b) noviembre y c) diciembre. Nótese que la paleta de colores es diferente para poder visualizar la variación de temperatura la zona. ....	14
Figura 7. Distribución superficial de salinidad. a) septiembre, b) noviembre y c) diciembre. ....	15
Figura 8. Vientos en Bahía de los Ángeles ciclo anual 2009 (Promedio diario).....	16
Figura 9. Vientos en Bahía de los Ángeles de septiembre a diciembre de 2009 (los recuadros rojos muestran los días que se tomaron las muestras).....	17
Figura 10. Abundancia de los tipos de zooplancton para cada localidad. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en transito, rojo alimentándose). ....	20
Figura 11. Abundancia de grupos holoplanctónicos. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en transito, rojo alimentándose). ....	25
Figura 12. Abundancia de grupos meroplanctónicos. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul: en transito, rojo alimentándose). .	26
Figura 13. Abundancias de géneros del Orden Calanoida. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en transito, rojo alimentándose). .	32

**LISTA DE FIGURAS (continuación)]****página**

Figura 14. Abundancias de géneros del Orden Poecilostomatoida y Cyclopoida (*Oithona*). Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en tránsito, rojo alimentándose).....33

Figura 15. Abundancias de géneros del Orden Harpacticoida y copepoditos. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena(azul, en tránsito, rojo alimentándose). .....34

<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>página</b>
Tabla I Grupos taxonómicos presentes en el zooplancton muestreado en Bahía de los Ángeles el 26 de septiembre, 10 de noviembre y 9 diciembre de 2009.	19
Tabla II. Media (M) de las abundancias y porcentaje con relación a la abundancia total (F%) de los grupos taxonómicos encontrados	21
Tabla III. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis de las abundancias de los grupos zooplanctónicos encontrados en BLA. (el grupo de los heterópodos fue excluido de la tabla ya que sólo se presentó en una sola ocasión)	22
Tabla IV. Resultados de la prueba de Mann-Whitney de la abundancia de los grupos zooplanctónicos	23
Tabla V. Media (M) de las abundancias ( $\text{ind m}^{-3}$ ) y porcentajes (F%) con relación a la abundancia total de los géneros y especies de copépodos	29
Tabla VI. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a la abundancia de los copépodos identificados	30
Tabla VII. Resultados de la prueba de Mann-Whitney aplicada a la abundancia de los copépodos.	31

## I. INTRODUCCIÓN

Bahía de los Ángeles está situada en la costa oriental del Estado de Baja California, adyacente al Canal de Ballenas (Fig. 1). El Canal de Ballenas y zonas adyacentes son considerados como de alta producción biológica en el Golfo de California (Millán-Núñez y Yentsch, 2000). La alta tasa de intercambio que tiene el Canal de Ballenas con Bahía de los Ángeles favorece la importación de biomasa planctónica al interior de la Bahía (Gilmartin y Revelante, 1978). La alta producción primaria del Canal se debe a los intensos procesos de mezcla que tienen un efecto ecológico similar a surgencias constantes, con aporte de nutrientes a aguas superficiales todo el año (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Delgadillo-Hinojosa *et al.*, 1997). Estos procesos de mezcla se deben a fenómenos asociados a las mareas, así como a la interacción de las corrientes con las islas, la topografía y los vientos que inducen la mezcla de la columna de agua (López *et al.*, 2006). Esto incrementa la abundancia de plancton dentro de Bahía de los Ángeles y la convierten en un hábitat propicio para la alimentación de organismo planctófagos, algunos de gran tamaño como el pez comúnmente llamado tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith 1828) (Nelson y Eckert, 2007; Rodríguez-Dowdell *et al.*, 2008).

Delgadillo-Hinojosa *et al.* (1997) encontraron que en el área cercana a Punta La Gringa, el estrés del viento juega un papel principal en la generación de la mezcla vertical y reportaron que durante situaciones de baja velocidad del viento la columna de agua se encuentra termalmente estratificada con diferencia de 2°C entre la superficie y 10 m de profundidad. La salinidad también mostró diferencias de 0.05 durante este periodo; mientras que en situaciones donde se presentan altas velocidades de viento (superiores a 10 m s<sup>-1</sup>), la columna de agua se encuentra totalmente mezclada con gradientes de temperatura y salinidad mínimos. Muñoz Barbosa *et al.* (1991) determinaron que la productividad primaria depende de las condiciones de marea e indicaron que en invierno la producción es mayor con mareas muertas, con 337 mgC m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. El efecto del viento es el factor

que más influye en el transporte horizontal y la mezcla vertical que regulan la biomasa planctónica dentro de la bahía (Amador-Buenrostro *et al.* 1991).

El zooplancton es el eslabón que convierte y transfiere la energía del fitoplancton hacia los niveles tróficos superiores, a pesar de esto los estudios relacionados con el tema son escasos para Bahía de los Ángeles. Los herbívoros del zooplancton juegan un papel de vital importancia, ambos como depredadores y presas. Dentro de la gran variedad de grupos integrantes del zooplancton, el más abundante es el de los copépodos, que constituyen entre el 50 y el 80% del total de la abundancia del zooplancton, tanto en aguas oceánicas como costeras (Gasca *et al.*, 1996). A pesar de su relativa abundancia en el medio marino y la importancia de su posición en las cadenas tróficas, el único estudio publicado para Bahía de los Ángeles es el de Nelson y Eckert (2007). Dichos autores identificaron los grupos zooplanctónicos en diferentes zonas de la bahía, principalmente en los sitios de alimentación del tiburón ballena. Su muestreo fue realizado en verano y otoño, y observaron altas densidades de copépodos ( $>10,000 \text{ ind m}^{-3}$ ) en zonas donde este pez se alimentaba activamente.

El zooplancton de Bahía de los Ángeles es también un alimento para larvas de invertebrados, peces de importancia comercial como la sardina de California (*Sardinops caeruleus*), anchoveta (*Engraulis mordax*), así como la damisela mexicana (*Chromis limbaughi*) endémica del Golfo de California (Viesca-Lobatón *et al.*, 2008). Otras especies que dependen directa e indirectamente del zooplancton, son los corales ahermatípicos (Reyes-Bonilla *et al.*, 2008), y mamíferos marinos como la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*), el rorcual tropical (*B. edeni*) y la ballena azul (*B. musculus*) (Heckel *et al.*, 2008) que se alimentan en la bahía.

Bahía de los Ángeles es uno de los pocos sitios en el mundo donde se presenta de manera estacional el tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith 1828), en los meses de Junio a Noviembre cuando se alimenta activamente de zooplancton (Rodríguez-Dowdell *et al.*, 2008). Es la especie de tiburón más grande del planeta. Se alimenta filtrando grandes cantidades de agua en zonas con altas

concentraciones de comida, y su dieta se basa principalmente en plancton, peces y calamares pequeños. Los especímenes aparecen regularmente en los mismos lugares en momentos específicos del año, posiblemente para aprovechar el florecimiento del plancton y eventos tales como el desove del coral (Cárdenas-Torres *et al.*, 2007). El área de alimentación preferida por el tiburón ballena es la parte sur de Bahía de los Ángeles, donde se han tenido un mayor número de avistamientos y donde las densidades de zooplancton son significativamente mayores (Nelson y Eckert, 2007).

El objetivo del presente estudio fue el determinar la composición y abundancia del zooplancton por grandes grupos taxonómicos en la zona principal de alimentación del tiburón ballena dentro de Bahía de los Ángeles (El Rincón, Fig. 1 y 4), con el propósito de colaborar con el conocimiento de la ecología del tiburón ballena. En el caso de los copépodos se realizó el conteo e identificación hasta el nivel de especie, en otros casos sólo se contaron hasta el nivel de género o familia. Se muestreó en septiembre, noviembre y diciembre con el propósito de complementar el conocimiento existente en la bahía sobre la ecología del tiburón ballena.

## II. ANTECEDENTES.

El tiburón ballena es un atractivo turístico de Bahía de los Ángeles desde hace un poco más de diez años. Este pez representa un gran atractivo para el buceo y otras actividades turísticas, por lo que el aprovechamiento del tiburón ballena a través del ecoturismo resulta una actividad de gran importancia económica para el poblado y para los prestadores de servicios. Esto deriva en la necesidad de conocer más acerca de la ecología de dicha especie, para poder generar medidas de protección, conservación y manejo del tiburón ballena (Enríquez-Andrade *et al.*, 2003)

Clark y Nelson (1997) analizaron el comportamiento alimentario del tiburón ballena en la Bahía de La Paz en noviembre de 1993 y establecieron que los avistamientos están asociados a parches de zooplancton, en especial cuando dichos parches están constituidos principalmente por copépodos. La identificación realizada por Palomares-García (Tabla 1 de Clark y Nelson, 1997) reveló que en Bahía de La Paz los copépodos del género *Acartia* aportaron el 95 % de la biomasa total, por lo que este género es la presa preferente del tiburón ballena.

Ketchum-Mejía (2003) confirmó que el tiburón ballena se alimenta en zonas con alta densidad de zooplancton y determinó que existen dos temporadas en las que se presentan en la Bahía de La Paz, de mayo a junio y de septiembre a noviembre. Los tiburones adultos consumen preferentemente larvas del eufáusidos *Nectiphanes simplex*, y los juveniles prefieren grandes cantidades de copépodos y larvas de crustáceos. Hacohe-Domené (2004) seleccionó 15 muestras de zooplancton de Ketchum-Mejía (2003), correspondientes a las dos temporadas de avistamiento del tiburón ballena, para identificar la presa preferencial del pez. Hacohe-Domené (2004) estableció que los copépodos presentaron los niveles más elevados de biomasa y que el género *Acartia* tuvo la mayor abundancia, tanto en zonas costeras como oceánicas.

Nelson y Eckert (2007) muestrearon de julio a octubre de 1999, con 16 estaciones a lo largo de Bahía de los Ángeles, dividiéndola en secciones norte y sur. Identificaron 13 grupos taxonómicos. Los copépodos tuvieron el 85% de la



abundancia total del zooplancton analizado. Observaron la relación entre el comportamiento alimenticio del tiburón ballena y la composición y abundancia del zooplancton y determinaron que existe una relación directa entre los mismos. García-García (2002) realizó un estudio en la misma bahía y encontró una asociación entre la presencia del tiburón ballena y altas biomásas zooplanctónicas. Esta última autora identificó 15 grupos del zooplancton, y sugirió que la alta disponibilidad de este, en especial de copépodos, es un factor que determina la presencia de la especie en Bahía de los Ángeles. Posiblemente sean los enjambres del copépodo *Acartia clausi* el blanco del tiburón ballena, como fue reportado por Clark y Nelson (1997) para la Bahía de La Paz.

Ladrón de Guevara-Porras (2008) realizó una investigación en 2003-2004 sobre la ecología alimentaria del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en el Canal de Ballenas e incluyó a Bahía de los Ángeles. Ella observó que el rorcual no ingresa a la bahía, mientras que el tiburón ballena si lo hace, debido posiblemente a diferencias en la composición y abundancia del zooplancton. Mientras que la rorcual común se alimenta específicamente de eufáusidos, el tiburón prefiere hacerlo de copépodos. La cantidad de eufáusidos fue muy baja en 2003-2004 en Bahía de los Ángeles pero los copépodos fueron muy abundantes. Datos no publicados (B. Lavaniegos, comunicación personal, CICESE) confirman la predominancia de *A. clausi* en el zooplancton de Bahía de los Ángeles.

### III. OBJETIVOS

#### III.1 Objetivo General

Caracterizar el zooplancton en la zona de avistamientos del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) de Bahía de los Ángeles.

#### III.2 Objetivos particulares

- ☒ Cuantificar los grupos taxonómicos del zooplancton;
- ☒ Determinar la composición de especies y/o géneros dominantes de la clase copépoda.
- ☒ Probar la hipótesis de diferencias significativas de las abundancias de los grupos del zooplancton entre los meses muestreados.
- ☒ Analizar la asociación entre la composición y abundancia del zooplancton y la presencia de tiburón ballena (*Rhincodon typus*).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### IV.1 Área de Estudio

Bahía de los Ángeles es una bahía oblonga ubicada en la costa este de Baja California (Fig. 1). Está limitada al norte por Punta La Gringa ( $29^{\circ}2'N$ ,  $113^{\circ}33'W$ ) y al sureste por Punta Roja ( $28^{\circ}57'N$ ,  $113^{\circ}29'W$ ). Se encuentra protegida por diez islas, siendo las más grandes Ventana y Cabeza de Caballo. Además de la protección que estas ofrecen, hay otras dos islas (Coronado y Piojo) un poco más alejadas que la separan del Canal de Ballenas, Golfo de California. Bahía de los Ángeles mide 16 km de largo por 6.4 km en la parte más ancha y tiene una orientación NW-SE (Amador-Buenrostro *et al.*, 1991). El fondo presenta forma de cuenca ligeramente inclinada de oeste a este (Barnard y Grady, 1968), con una pendiente suave y profundidad de 50 m en el centro de los canales que comunican con el Canal de Ballenas y de 40 m en la porción centro-sur.

Aun con la presencia de las islas, la comunicación de la bahía es amplia con el Canal de Ballenas. Las corrientes de marea son relativamente lentas, del orden de  $3 \text{ cm s}^{-1}$ . En contraste, las corrientes inducidas por el viento muestran magnitudes relativamente altas, de hasta  $25 \text{ cm s}^{-1}$  en algunas áreas (Amador-Buenrostro *et al.*, 1991).

Bahía de los Ángeles se encuentra en una región con clima árido, influenciado por la parte desértica de la península, alta radiación solar, escasa precipitación ( $60.5 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ ) y gran evaporación durante todo el año. Presenta un sistema de vientos dominantes y la combinación de los regímenes de vientos y la batimetría juegan un papel predominante en la circulación del agua de la bahía (Cavazos, 2008). De acuerdo a la simulación numérica realizada por Amador-Buenrostro *et al.* (1991), usando el viento como inductor de la circulación, durante el invierno los vientos dominantes del norte y noroeste generan una circulación de norte a sur paralela a la costa con entrada principal entre punta La Gringa e Isla Ventana y salida de la bahía por el canal sur (entre Punta Roja e Isla Cabeza de

Caballo). En el verano los vientos dominantes son del este y sureste (Fig. 2) y el flujo se invierte con entrada del agua por el canal sur. Posteriormente el flujo se bifurca y una parte gira hacia el oeste saliendo de BLA por el canal central mientras la otra parte recorre la bahía de sur a norte. La primavera y el otoño son estaciones de transición con dirección variable del viento (Amador-Buenrostro *et al.*, 1991).

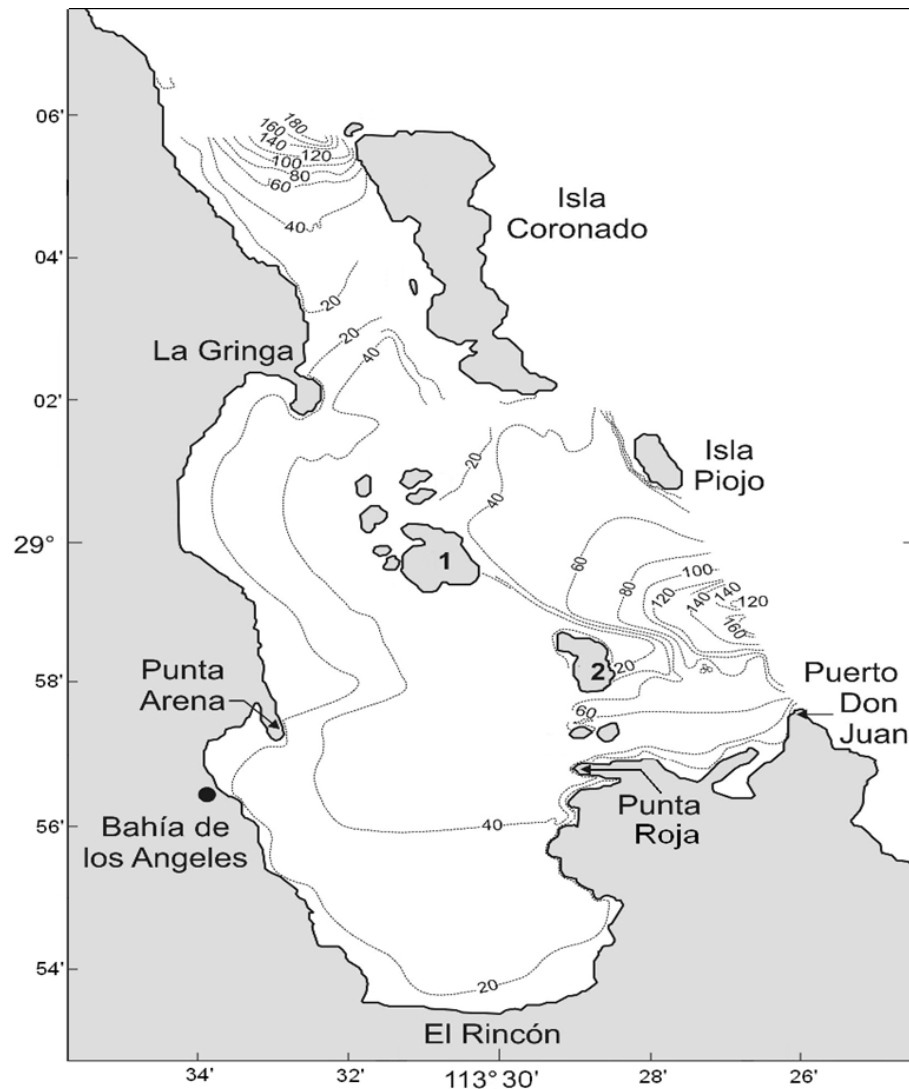


Figura 1. Bahía de los Ángeles mostrando la batimetría (m). (1) Isla Ventana, (2) Isla Cabeza de Caballo (Modificado de Bernard y Grady, 1968). El círculo negro representa al poblado de Bahía de los Ángeles.

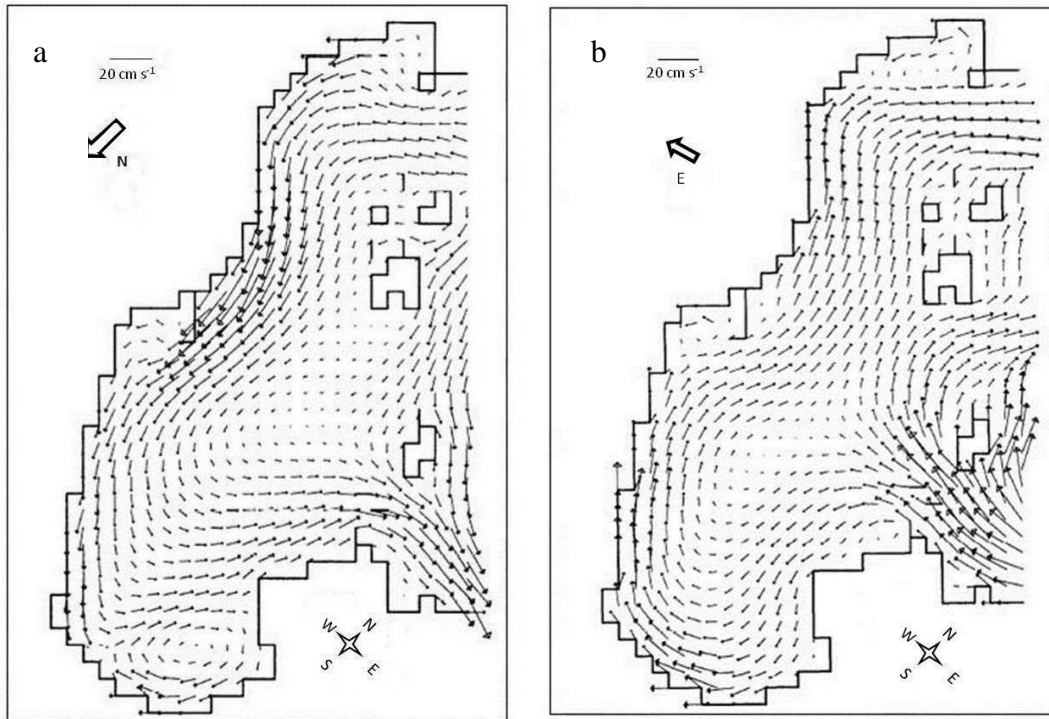


Figura 2. Circulación en Bahía de los Ángeles de acuerdo a Amador Buenrostro *et al.* (1991) cuando los vientos soplan del norte en invierno (a) y del este en verano (b).

La temperatura superficial media anual del agua es  $22.7 \pm 1.4$  °C. Enero y febrero son los meses más fríos con 15-17 °C, y julio y agosto los más cálidos con temperaturas entre 28.5 y 29.8 °C. (Bernard y Grady, 1968; Blanco-Betancourt *et al.*, 2004) (Fig. 3). La salinidad superficial es ~35.14 en invierno y ~35.6 en verano.

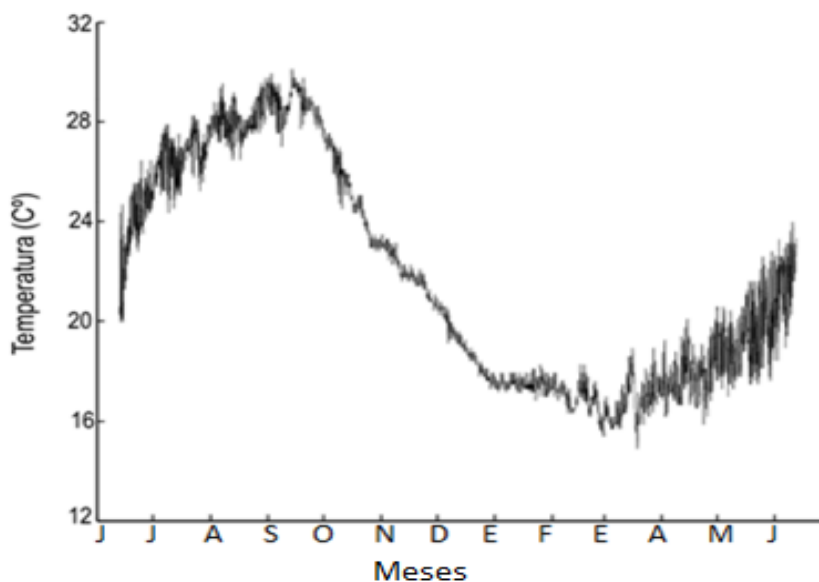


Figura 3. Temperatura de Bahía de los Ángeles a 5 m de profundidad tomada con un termógrafo de junio 2002 a junio 2003 (tomada de Blanco-Betancourt *et al.*, 2004)

#### IV.2 Colecta de Zooplancton.

Las muestras de zooplancton fueron tomadas en la parte sur de la bahía, en la ensenada de El Rincón. Las 12 estaciones se establecieron en dicha zona por los frecuentes avistamientos del tiburón ballena (Fig. 4). Las fechas de muestreo fueron el 26 de septiembre, 10 de noviembre y 9 de diciembre de 2009.

Se realizaron arrastres superficiales horizontales con una red cónica de 50 cm de diámetro en la boca y luz de malla de 150  $\mu\text{m}$ , atada a un cabo. Se largaron 10 m de cabo al paio y se recuperaron manualmente lo más rápido posible. El volumen de agua filtrado ( $\sim 2 \text{ m}^3$ ) fue calculado con base en el área de la boca de la red y la distancia de arrastre. Los arrastres se realizaron desde una lancha de 7 metros de eslora, con motor fuera de borda.

El plancton colectado se colocó en frascos de vidrio de boca ancha y las muestras se preservaron en formaldehído al 4%, con una solución saturada de borato de sodio como amortiguador. .

Simultáneamente a la toma de muestras se registraron las coordenadas geográficas por medio de GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin modelo eTrex, la temperatura superficial del agua y salinidad fueron tomados con una sonda hidrográfica multiparamétrica (CTD, Idronaut Sr1). Los datos fueron analizados con el programa Ocean Data View. Cabe mencionar que a partir del uso de GPS (sistema de posicionamiento global por satélite) por civiles en los años 1970s se observó que se requiere hacer una corrección a los mapas geográficos (S. Álvarez Borrego, comunicación personal, CICESE). Al hacer el posicionamiento de las estaciones de muestreo en el mapa, se observó que las estaciones 1, 4 y 7 se localizaban sobre tierra por lo que la posición de la línea de costa en el mapa debe ser corregida. La línea de costa en el mapa de Bahía de los Ángeles requiere una corrección hacia el oeste de aproximadamente 100 metros. Lo pequeño de estas correcciones es sorprendente dado que los datos originales para elaborar los mapas fueron obtenidos con observaciones astronómicas con sextante. Los datos de viento fueron obtenidos de North American Regional Reanalysis ( <http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/rrean/>).



Figura 4. Ensenada de El Rincón (parte sur de la Bahía) con las estaciones de muestreo.

### **VI.3 Trabajo de Laboratorio.**

Para el conteo de zooplancton cada muestra fue filtrada para remover el formol y se enjuagó en agua destilada. El volumen de las muestras se igualó a 200 ml. Posteriormente se homogenizó la muestra y se tomó una alícuota con Pipeta Stempel de 12.5 ml. Las alícuotas obtenidas se colocaron en cajas Petri y fueron analizadas al microscopio estereoscópico. Se realizó el conteo de grupos del zooplancton usando principalmente las ilustraciones de Yamaji (1977). Los grupos taxonómicos de holozooplancton que se identificaron y contaron fueron: hidromedusas, sifonóforos, ctenóforos, quetognatos, pterópodos, heterópodos, cladóceros, ostrácodos, copépodos, apendicularias y doliólidos. También se contaron huevos y larvas de peces como un solo grupo, y larvas de invertebrados por niveles taxonómicos diferentes (nemertinos, forónidos, briozoarios, poliquetos, cirripedios, decápodos, equinodermos). Únicamente los copépodos se identificaron en el nivel de género y/o especie, para lo cual se utilizó la clave de identificación para el Pacífico mexicano de Palomares *et al.* (1998). La abundancia de los grupos, así como de las especies y los géneros de los copépodos, se expresa en número de individuos por cada metro cúbico ( $N m^{-3}$ ).

### **VI.4 Análisis de datos**

Se hicieron las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza, y no se cumplieron los supuestos para realizar análisis paramétrico. Se realizó el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar las abundancias de los grupos de zooplancton entre los meses de muestreo, así como las abundancias de las especies (o géneros) de copépodos. Cuando se obtuvo una diferencia significativa se compararon por pares los meses con una prueba de Mann-Whitney con el fin de ubicar exactamente cuando ocurrió el cambio.



## V. RESULTADOS

### V.1 Factores abióticos

Las temperaturas superficiales promedio (y sus respectivos errores estándares) fueron 28.29 ( $\pm 0.05$ ) °C, 23.17 ( $\pm 0.04$ ) °C y 19.63 ( $\pm 0.01$ ) °C para septiembre, noviembre y diciembre, respectivamente. La variación entre cada mes fue un descenso entre 5 y 3.5 °C, aproximadamente (Fig. 5).

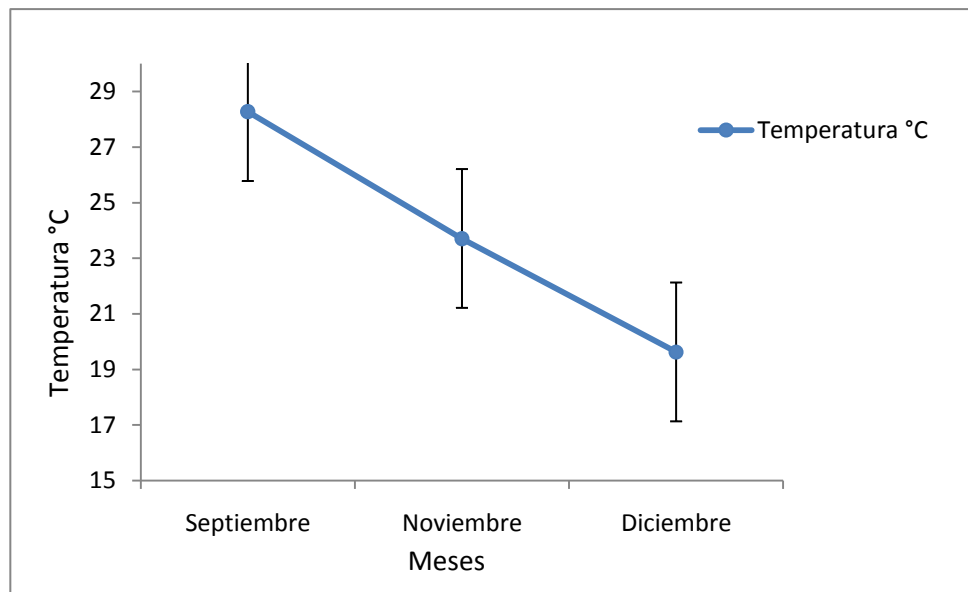


Figura 5. Temperatura promedio superficial del mar para cada muestreo en 2009.

En general la distribución espacial de la temperatura para cada muestreo fue homogénea. Durante septiembre, la temperatura fue ligeramente más fría cerca a la costa sureste, e incrementándose hacia el centro de la bahía, con un rango de 0.6° (Fig. 6). En noviembre la variación superficial fue al revés, con temperaturas más frías en el noroeste y más calientes cerca de la costa sureste (Fig. 7). Diciembre mostró la temperatura superficial más baja del periodo de muestreo, con las aguas más frías cerca de la costa noroeste, hacia el poblado de Bahía de los Ángeles, y las menos frías cerca de la costa este (Fig. 8).

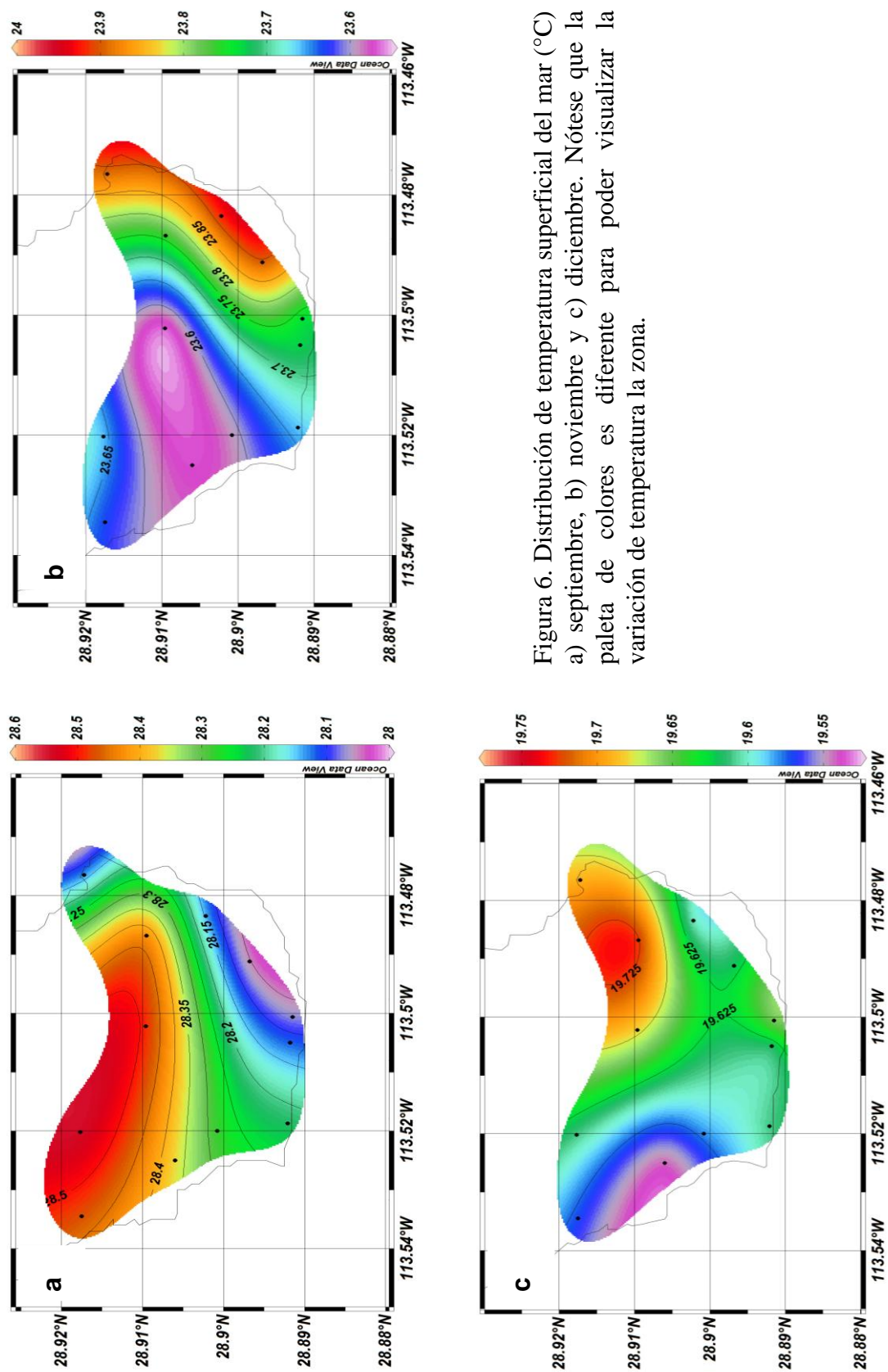


Figura 6. Distribución de temperatura superficial del mar (°C) a) septiembre, b) noviembre y c) diciembre. Nótese que la paleta de colores es diferente para poder visualizar la variación de temperatura la zona.

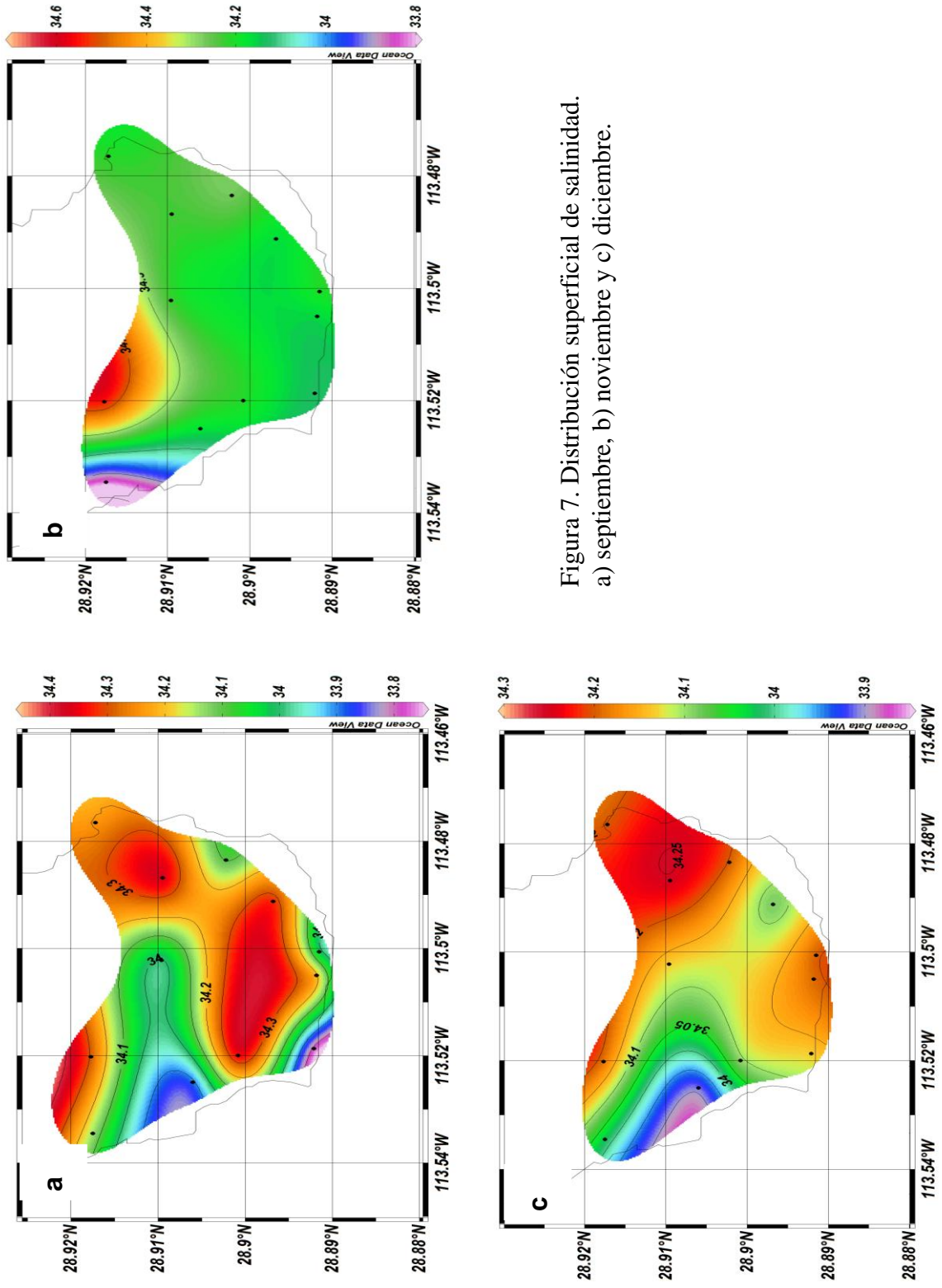


Figura 7. Distribución superficial de salinidad.  
a) septiembre, b) noviembre y c) diciembre.

La salinidad superficial varió entre 34.6 en septiembre y 33.8 en noviembre, con valores intermedios en diciembre. Septiembre muestra más heterogeneidad espacial con valores altos en el centro de la ensenada y en la costa noreste, y con valores menores (hasta 0.6) cerca de las costas oeste y suroeste (Fig. 9). Noviembre presentó la distribución más homogénea con salinidad, con valores cercanos a 34.2 en la mayor parte del área muestreada, y con valores tan bajos como 33.8 cerca del poblado, en dirección de la localidad 1 (Fig. 10). Diciembre mostró un rango ligeramente menor que en los meses anteriores con variaciones de 0.5 entre el punto con mayor salinidad y el que presentó menor salinidad (Fig. 11).

Los vientos en Bahía de los Ángeles fueron de baja magnitud ( $< 5 \text{ m s}^{-1}$ ). Los vientos predominantes fueron en dirección norte durante todo el año (Figura 12). En los tres días de muestreo, el viento en dirección sur-este fue de baja magnitud ( $< 1 \text{ m s}^{-1}$ ), y no hubo registro de vientos durante el muestreo del 10 de diciembre (Fig. 13).

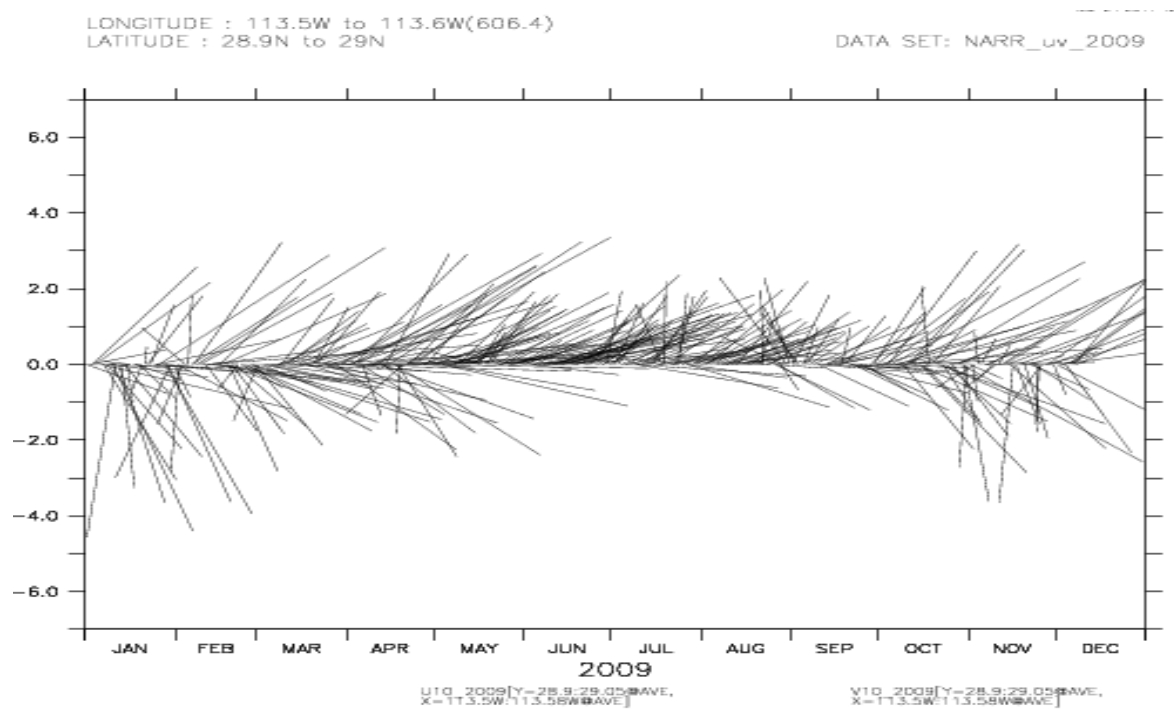


Figura 8. Vientos en Bahía de los Ángeles ciclo anual 2009 (Promedio diario).

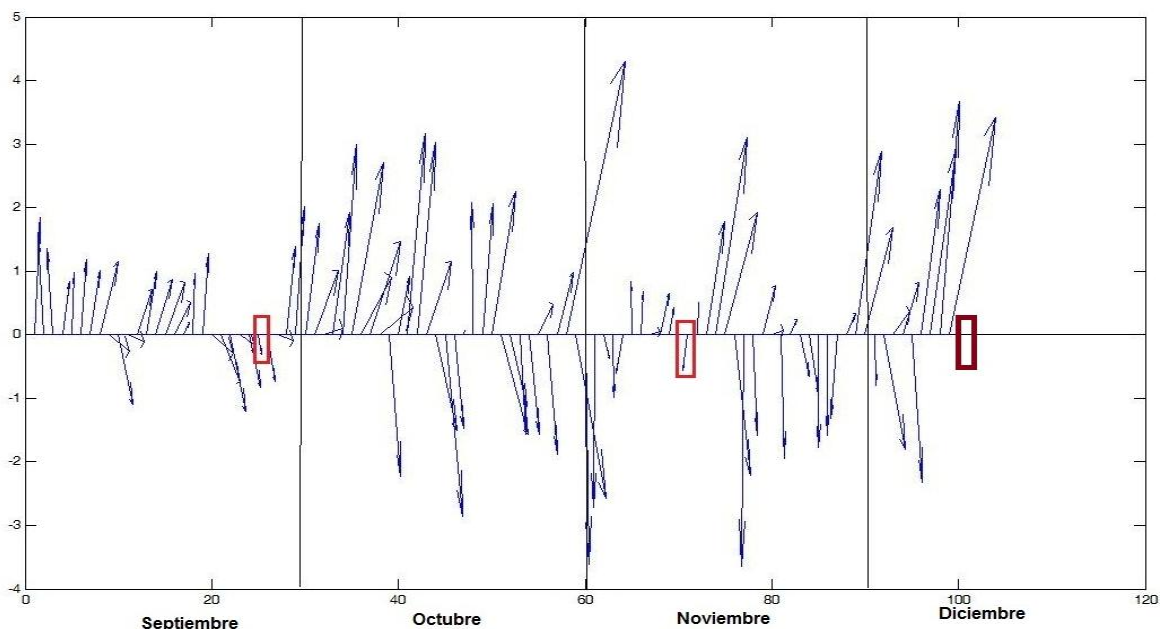


Figura 9. Vientos en Bahía de los Ángeles de septiembre a diciembre de 2009 (los recuadros rojos muestran los días que se tomaron las muestras).

## V.2 Composición zooplanctónica

Se identificaron 22 grupos taxonómicos (Tabla I), 11 pertenecientes al holoplancton y 11 al meroplancton. El meroplancton aportó la fracción mayor de la abundancia, con 62.6% del total, en septiembre. Mientras que el holoplancton aportó sólo el 37.4%. Las fracciones se invirtieron en los dos meses siguientes. En noviembre, el meroplancton sólo aportó el 8.6% de la abundancia total, y el holoplancton el 91.4%; y en diciembre 14% de la abundancia correspondió al meroplancton y 86% al holoplancton (Fig. 14).

Con relación al holoplancton, los copépodos siempre presentaron la fracción mayoritaria. La mayor abundancia de holoplancton se presentó en noviembre. Septiembre y diciembre tuvieron valores bajos de abundancia ( $<10,000$  ind  $m^3$ ). En noviembre la estación 7 fue la que presentó mayor abundancia en general, con una abundancia de copépodos  $>50,000$  ind  $m^{-3}$  (Figura15). En los casos de las abundancias relativas de pterópodos, ostrácodos y

nauplios de crustáceos no hubo diferencia estadística significativa entre las medias de cada muestreo (prueba de Kruskal-Wallis, Tabla III). En los otros casos hubo diferencias estadísticas significativas por lo que se aplicó una prueba de Mann-Whitney para definir en que meses se presentaron (Tabla IV). De los grupos pertenecientes al holoplancton, los más importantes y representativos fueron los copépodos, con un aporte de 21.3% de la abundancia en septiembre, incrementándose de manera importante a 73.8% en noviembre, y con un descenso a 59% en diciembre (Tabla III y V). Al igual que los copépodos, los cladóceros tuvieron una abundancia relativa mayor en noviembre (6.9%) que en los otros dos muestreos (0.3% en septiembre y 2.8% en diciembre, Tabla II).

Tabla I. Grupos taxonómicos presentes en el zooplancton muestreado en Bahía de los Ángeles el 26 de septiembre, 10 de noviembre y 9 diciembre de 2009.

---

- Phylum Cnidaria
    - Clase Siphonophora
    - Clase Hydromedusae
  - Phylum Ctenophora
  - Phylum Annelida
    - Clase Polychaeta (larvas)
  - Phylum Mollusca
    - Clase Gastropoda (larvas de pterópodos, heterópodos)
    - Clase Bivalvia (larvas)
  - Phylum Arthropoda
    - Subphylum Crustacea
      - Clase Branchiopoda (cladóceros)
      - Clase Maxilopoda (larvas de cirrípedos, copépodos)
      - Clase Ostracoda
      - Clase Malacostraca (nauplios y larvas de decápodos)
  - Phylum Bryozoa (larvas)
  - Phylum Phoronida (larvas)
  - Phylum Chaetognatha
  - Phylum Echinodermata (larvas)
  - Phylum Chordata
    - Subphylum Tunicata (apendicularias, doliólidos)
    - Subphylum Vertebrata (huevos y larvas de peces)
  - Larvas de otros invertebrados no identificados
-

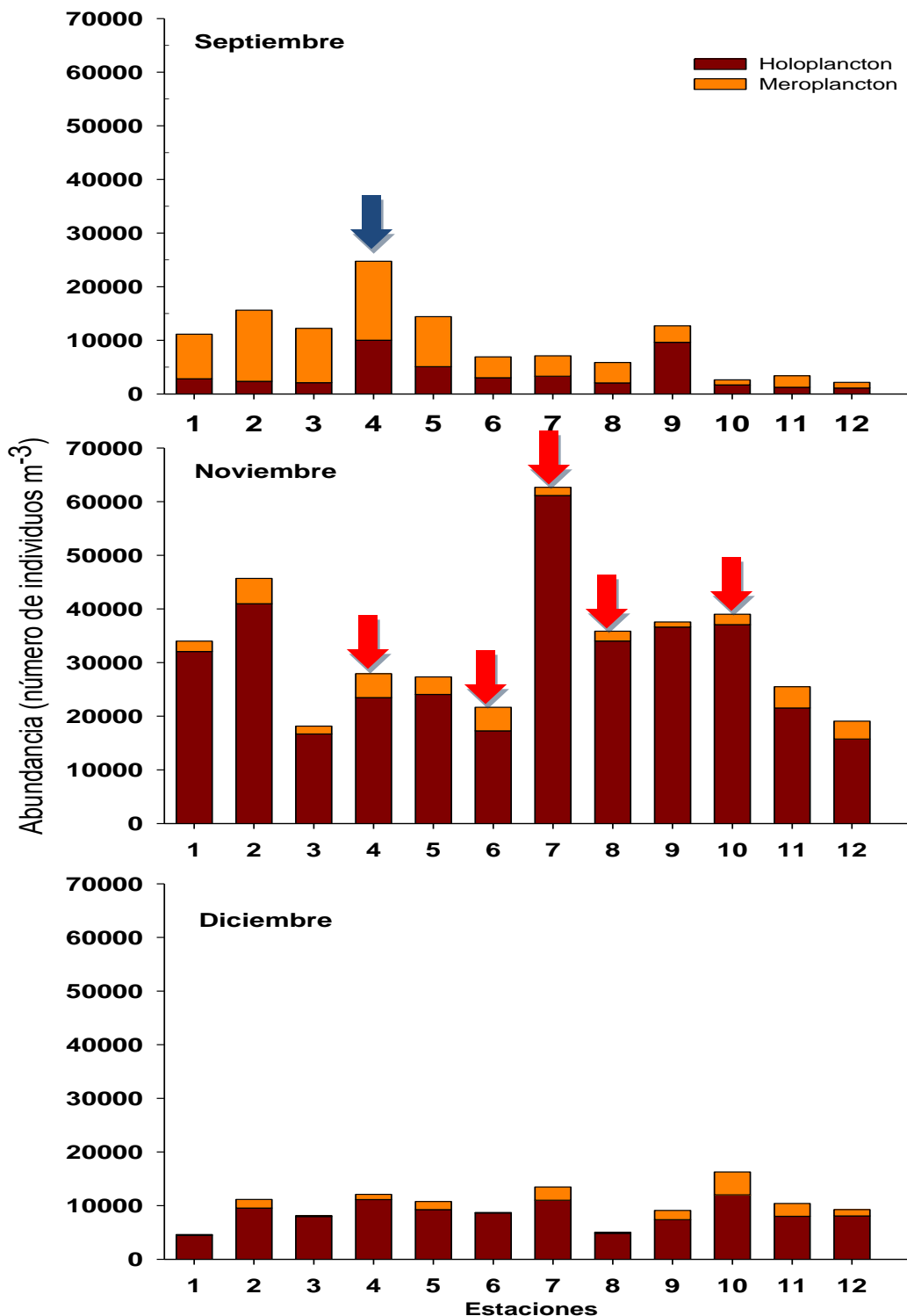


Figura 10. Abundancia de los tipos de zooplancton para cada localidad. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en tránsito, rojo alimentándose).



Tabla II. Media (M) de las abundancias y porcentaje con relación a la abundancia total (F%) de los grupos taxonómicos encontrados

	Septiembre		Noviembre		Diciembre	
	M	F%	M	F%	M	F%
Ctenóforos	-	-	5	0.01	13	0.1
Hidromedusas	254	2.6	729	2.2	24	0.2
Sifonóforos	73	0.7	325	1.0	200	2.0
Pterópodos	311	3.1	408	1.2	31	0.3
Cladóceros	25	0.3	2277	6.9	278	2.8
Ostrácodos	3	0.03	5	0.02	7	0.1
Copépodos	2114	21.3	24267	73.8	5853	59.0
Quetognatos	99	1.0	1657	5.1	149	1.5
Apendicularias	812	8.2	315	1.0	1945	19.6
Doliólidos	13	0.1	7	0.02	33	0.3
Larvas de foronídeos	6.7	0.7	33	0.1	21	0.2
Larvas de nemertineos	1556	15.7	455	1.4	14	0.1
Larvas de briozoarios	39	0.4	12	0.04	-	-
Larvas de poliquetos	420	4.2	30	0.1	23	0.2
Larvas de cirripedios	49	0.5	16	0.1	61	0.6
Larvas de decápodos	6	0.1	141	0.4	79	0.8
Nauplios de crustáceos	799	8.1	390	1.2	270	2.7
Larvas de equinodermos	939	9.5	35	0.1	245	2.5
Larvas de peces	4	0.04	5	0.02	12	0.1
Huevos de peces	754	7.6	1126	3.4	407	4.1
Otras larvas de invertebrados	1637	16.5	572	1.7	263	2.7

Tabla III. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis de las abundancias de los grupos zooplanctónicos encontrados en BLA. (el grupo de los heterópodos fue excluido de la tabla ya que sólo se presentó en una sola ocasión)

<b>Grupos</b>	<b>H(2, n = 36)</b>	<b>p</b>
Ctenóforos	14.62	0.001
Hidromedusas	21.60	0.000
Sifonóforos	9.91	0.007
<b>Pterópodos</b>	<b>4.92</b>	<b>0.086</b>
Cladóceros	24.69	0.000
<b>Ostrácodos</b>	<b>4.92</b>	<b>0.086</b>
Copépodos	27.73	0.000
Quetognatos	21.71	0.000
Apendicularias	20.43	0.000
Doliólidos	11.36	0.003
Larvas de foronídeos	13.81	0.001
Larvas de nemertineos	18.85	0.000
Larvas de briozoarios	12.03	0.002
Larvas de poliquetos	7.40	0.025
Larvas de cirripedios	5.97	0.051
Larvas de decápodos	14.81	0.001
<b>Nauplios de crustáceos</b>	<b>2.42</b>	<b>0.298</b>
Larvas de equinodermos	14.07	0.001
Larvas de peces	7.24	0.027
Huevos de peces	7.47	0.024
Otras larvas de invertebrados	12.75	0.002

Tabla IV. Resultados de la prueba de Mann-Whitney de la abundancia de los grupos zooplanctónicos

Las abundancias cambiaron dos veces:	
a) Máxima en Noviembre (Sep < Nov > Dic)	Cladóceros, Copépodos, Quetognatos, Larvas de foronídeos
b) Mínima en Noviembre (Sep > Nov < Dic)	Apendicularias, Larvas de equinodermos
Las abundancias cambiaron una sola vez:	
c) Máxima en Septiembre (Sep > [Nov=Dic])	Larvas de poliquetos, Otras larvas de invertebrados
d) Mínima en Septiembre (Sep < [Nov=Dic])	Sifonóforos, Larvas de decápodos
e) Máxima en Diciembre ([Sep=Nov] < Dic)	Ctenóforos, Doliólidos
f) Mínima en Diciembre ([Sep=Nov] > Dic)	Pterópodos, Hidromedusas, Larvas de nemertineos, Huevos de peces
Las abundancias presentaron un cambio “gradual”:	
g) Incrementaron (Sep < Dic)	Larvas de peces
h) Disminuyeron (Sep > Dic)	Larvas de briozoarios

La mayor abundancia de meroplancton se presentó en septiembre, decreciendo hacia diciembre. En septiembre la estación 4 presentó la mayor abundancia con  $>14,000 \text{ ind m}^{-3}$ . El meroplancton mostró mayor abundancia en las estaciones costeras en septiembre (1-8), mientras que en noviembre la distribución fue relativamente homogénea en toda la ensenada. La abundancia del meroplancton en diciembre fue mayor en las estaciones menos costeras (Fig. 16). Las larvas de equinodermos fueron el grupo meroplanctónico que mostró mayores diferencias significativas entre meses, con un máximo en septiembre de 9.5% mientras que su aporte fue mínimo en noviembre (0.1%), y 2.5% en diciembre. Las larvas de nemertineos presentaron un máximo durante septiembre con 15.7%, las larvas de forónidos, presentaron un máximo en diciembre con un aporte de 0.21%, mientras que la abundancia de las larvas de peces se incrementó de septiembre a diciembre. Las larvas de briozoarios y los huevos de peces disminuyeron en el transcurso de los meses, al contrario de las larvas de peces. En contraste, las larvas de decápodos presentaron abundancia mínima en septiembre y no hubo cambios significativos durante los meses posteriores (Tabla III y tabla IV).

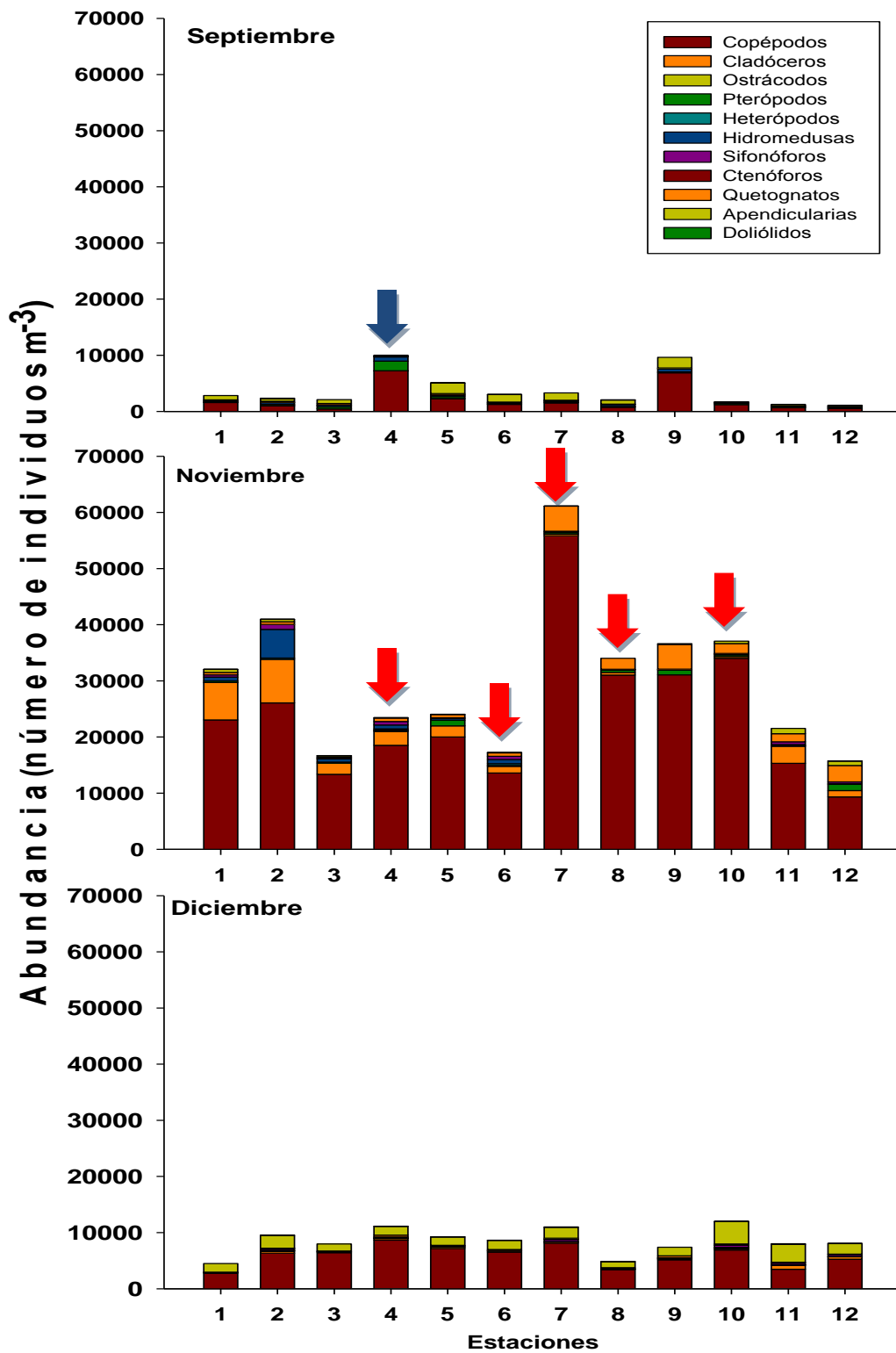


Figura 11. Abundancia de grupos holoplanctónicos. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en tránsito, rojo alimentándose).

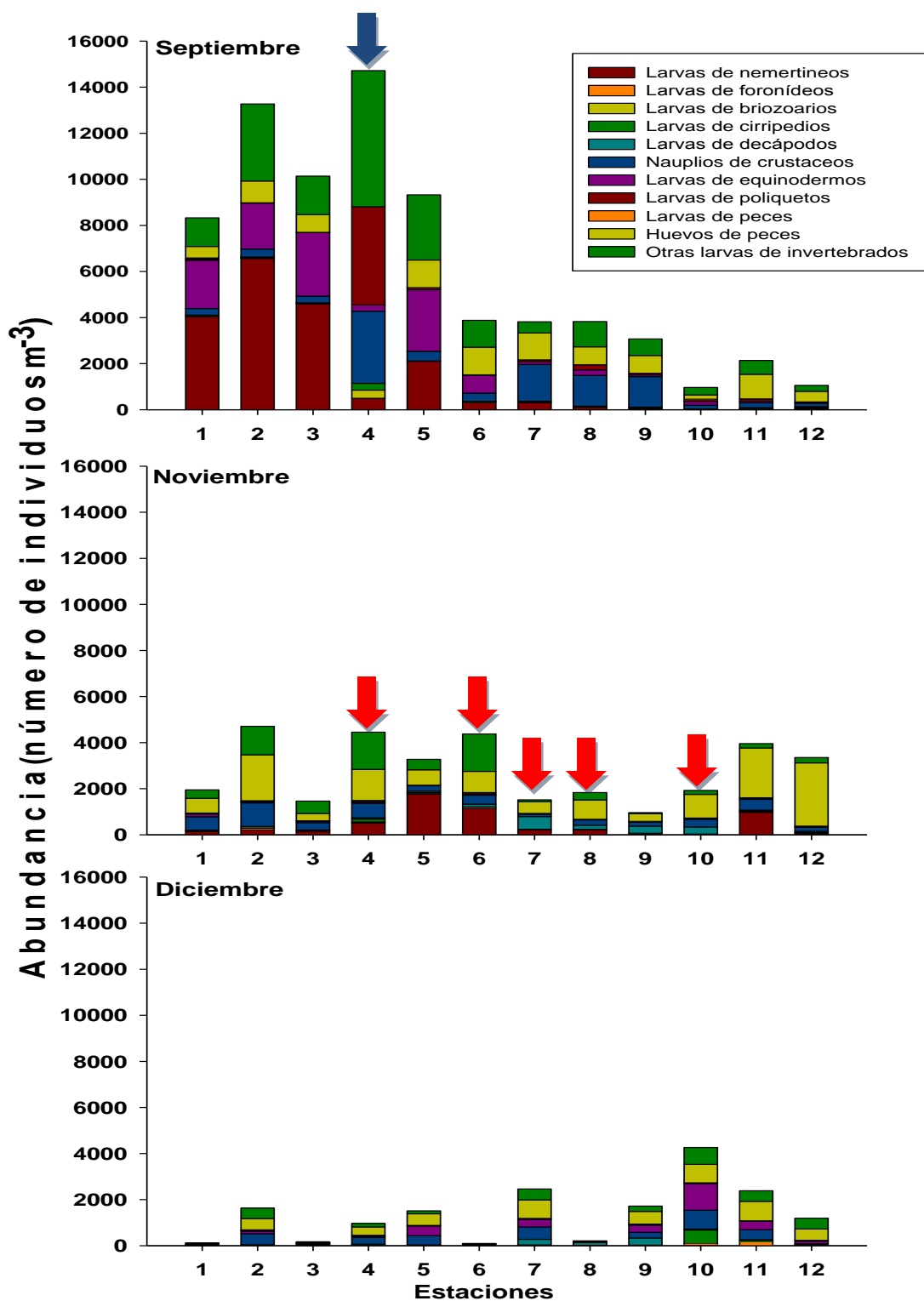


Figura 12. Abundancia de grupos meroplanktónicos. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul: en tránsito, rojo alimentándose).

### V.3 Grupos taxonómicos de copépodos.

Se identificaron 24 especies, 27 géneros, 21 familias y cuatro órdenes. La mayor riqueza se registró en noviembre con 23 de los 27 géneros reportados. Septiembre presentó sólo 18 géneros y diciembre 21 géneros (Anexo 1, Tabla V).

Se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis para definir si hubo diferencias significativas entre las medias de las abundancias de cada grupo taxonómico, entre meses. Once de los géneros de copépodos no presentaron diferencias estadísticas significativas cuando se compararon sus abundancias entre muestreos. En el caso del género *Clytemnestra* que tuvo dos especies, *Clytemnestra rostrata* presentó diferencias significativas entre muestreos, mientras que *Clytemnestra scutellata* no (Tabla VI). Las medias de abundancias de los otros 16 géneros y la del grupo de copepoditos presentaron diferencias significativas, por lo que se aplicó una prueba de Mann-Whitney para caracterizar los meses donde se presentaron los cambios.

El Orden Calanoida presentó el mayor número de géneros identificados en el estudio (dieciséis). Dentro de este Orden se encuentra el género *Acartia* que contribuyó con la mayor abundancia en noviembre (50.9%,  $12.3 \times 10^3$  ind  $m^{-3}$ ) y septiembre (79.4%,  $1.3 \times 10^3$ ), pero disminuyó grandemente en diciembre (3.6%, 207 ind  $m^{-3}$ ). Las diferencias entre estas abundancias fueron estadísticamente significativas. A pesar de haber aportado un porcentaje, con relación a la abundancia total, inferior en noviembre que en septiembre, la abundancia absoluta fue mayor en noviembre (Tabla V, VI y VII). La familia Paracalanidae, perteneciente a este orden, presentó una mayor abundancia en noviembre (19.6%,  $4.8 \times 10^3$  ind  $m^{-3}$ ) que en septiembre (0.4%, 9 ind  $m^{-3}$ ) y en diciembre (24.3%,  $1.4 \times 10^3$  ind  $m^{-3}$ ). Sin embargo, fue la familia dominante del orden Calanoida en diciembre (Fig. 17). El resto de los géneros y/o especies de este orden contribuyeron poco a la abundancia general de copépodos (Tabla V, VI y VII).

El orden Poecilostomatoida tuvo una representación baja con cinco géneros (*Oncaea*, *Conaea Saphirella*, *Farranula* y *Corycaeus*). *Oncaea* tuvo el mayor aporte a la abundancia general. Su mayor abundancia absoluta se presentó en noviembre (6.7%,  $1.6 \times 10^3$  ind  $m^{-3}$ ) con valores menores en septiembre (5%, 92 ind  $m^{-3}$ ) y diciembre (25.3%,  $1.5 \times 10^3$  ind  $m^{-3}$ ) (Fig. 18, Tablas V y VI). Las diferencias de abundancia entre septiembre y los otros dos meses fueron estadísticamente significativas (Tabla VII).

El Orden Cyclopoida sólo presentó un género (*Oithona*). En septiembre su abundancia fue mínima con diferencias significativas con respecto a los meses posteriores (0.4 %, 9 ind  $m^{-3}$ ). La mayor abundancia se presentó en diciembre (8%, 469 ind  $m^{-3}$ ), la cual no tuvo una diferencia significativa con la de noviembre (1.6%, 385 ind  $m^{-3}$ ) (Fig. 18, Tabla V, VI y VII).

El Orden Harpacticoida presentó cinco géneros (*Clytemnestra*, *Microsetella*, *Macrosetella*, *Harpacticella* y *Euterpina*). Estos géneros aportaron poco a la abundancia general. *Euterpina acutifrons* presentó su mayor abundancia en diciembre (5.2%, 306 ind  $m^{-3}$ ) con diferencias significativas con respecto a septiembre (1.0%, 20 ind  $m^{-3}$ ) y noviembre (0.4%, 87 ind  $m^{-3}$ ). Estos dos muestreos presentaron diferencia significativa entre ellos (Fig. 19, Tabla V, VI y VII)

Los copepoditos (estadio larvario de copépodos) presentaron una abundancia máxima en noviembre (8.9%, 2155 ind  $m^{-3}$ ). En diciembre el porcentaje aportado por este grupo fue mayor que los de meses anteriores (20.9%, 1221 ind  $m^{-3}$ ). Septiembre tuvo una abundancia baja (5%, 102 ind  $m^{-3}$ ) (Fig. 19, Tabla V, VI y VII).



Tabla V. Media (M) de las abundancias (ind m<sup>-3</sup>) y porcentajes (F%) con relación a la abundancia total de los géneros y especies de copépodos.

Orden	Géneros y especies	Septiembre		Noviembre		Diciembre	
		M	F%	M	F%	M	F%
Calanoida	<b><i>Acartia spp.</i></b>	<b>1616</b>	<b>79.4</b>	<b>12342</b>	<b>50.9</b>	<b>207</b>	<b>3.6</b>
	<i>Calanus pacificus</i>	-	-	1	0.002	3	0.05
	<i>Canthocalanus pauper</i>	-	-	233	1	65	1.1
	<i>Nannocalanus minor</i>	-	-	26	0.1	2	0.03
	<i>Undinula vulgaris</i>	-	-	1	0.002	1	0.01
	<i>Calocalanus pavo</i>	-	-	-	-	3	0.05
	<i>Calocalanus styliremis</i>	-	-	1	0.002	-	-
	<i>Candacia sp.</i>	1	0.03	-	-	-	-
	<i>Centropages furcatus</i>	9	0.4	455	1.9	103	1.8
	<i>Clausocalanus sp.</i>	-	-	185	0.8	91	1.6
	<i>Rhincalanus nasutus</i>	-	-	-	-	13	0.2
	<i>Eucalanidae</i>	11	0.6	60	0.3	59	1
	<i>Euchaeta sp.</i>	7	0.3	-	-	-	-
	<b>Paracalanidae</b>	<b>9</b>	<b>0.4</b>	<b>4763</b>	<b>19.6</b>	<b>1421</b>	<b>24.3</b>
	<i>Labidocera acuta</i>	-	-	55	0.2	-	-
	<i>Labidocera acutifrons</i>	-	-	12	0.1	-	-
	<i>Labidocera diandra</i>	-	-	8	0.03	-	-
<i>Pseudodiaptomus wrighti</i>	3	0.1	-	-	-	-	
<i>Tremora discaudata</i>	12	0.6	33	0.1	12	0.2	
Poecilostomatoida	<i>Sapphireella tropica</i>	9	0.4	28	0.1	-	-
	<i>Corycaeus spp.</i>	54	3	1501	6	198	3.4
	<i>Farranula sp.</i>	2	0.1	151	0.6	33	0.6
	<b><i>Oncaea spp.</i></b>	<b>92</b>	<b>5</b>	<b>1619</b>	<b>6.7</b>	<b>1479</b>	<b>25.3</b>
	<i>Conea sp.</i>	3	0.2	142	0.6	38	0.7
Cyclopoida	<b><i>Oithona spp.</i></b>	<b>9</b>	<b>0.4</b>	<b>385</b>	<b>1.6</b>	<b>469</b>	<b>8</b>
Harpacticoida	<i>Clytemnestra rostrata</i>	-	-	4	0.02	121	2
	<i>Clytemnestra scutellata</i>	-	-	-	-	1	0.01
	<i>Microsetella rosea</i>	39	1.9	10	0.04	2	0.03
	<i>Harpacticella sp.</i>	9	0.5	1	0.01	-	-
	<i>Macrosetella gracilis</i>	29	1.4	9	0.04	1	0.02
	<b><i>Euterpina acutifrons</i></b>	<b>20</b>	<b>0.98</b>	<b>87</b>	<b>0.4</b>	<b>306</b>	<b>5.2</b>
	<b>Copepoditos</b>	<b>102</b>	<b>5.0</b>	<b>2155</b>	<b>8.9</b>	<b>1221</b>	<b>20.9</b>

Tabla VI. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a la abundancia de los copépodos identificados.

Orden	Género y especies	H ( 2, n = 36)	p = 0.05
Calanoida	<i>Acartia spp.</i>	25.51	0.000
	<b><i>Calanus pacificus</i></b>	<b>2.18</b>	<b>0.337</b>
	<i>Canthocalanus pauper</i>	23.49	0.000
	<b><i>Nannocalanus minor</i></b>	<b>2.24</b>	<b>0.326</b>
	<b><i>Undinula vulgaris</i></b>	<b>1.03</b>	<b>0.598</b>
	<b><i>Calocalanus pavo</i></b>	<b>4.12</b>	<b>0.128</b>
	<b><i>Calocalanus styliremis</i></b>	<b>2</b>	<b>0.368</b>
	<b><i>Candacia sp.</i></b>	<b>2</b>	<b>0.368</b>
	<i>Centropages furcatus</i>	23.48	0.000
	<i>Clausocalanus sp.</i>	16.42	0.000
	<i>Rhincalanus nasutus</i>	11.21	0.004
	<i>Eucalanidae</i>	9.95	0.007
	<b><i>Euchaeta sp.</i></b>	<b>4.11</b>	<b>0.128</b>
	<i>Paracalanidae</i>	25.77	0.000
	<i>Labidocera acuta</i>	29.52	0.000
	<i>Labidocera acutifrons</i>	13.89	0.001
	<i>Labidocera diandra</i>	8.71	0.013
	<b><i>Pseudodiaptomus wrighti</i></b>	<b>2</b>	<b>0.368</b>
	<b><i>Tremora discaudata</i></b>	<b>4.63</b>	<b>0.099</b>
Poecilostomatoida	<i>Saphirella tropica</i>	9.97	0.007
	<i>Corycaeus spp.</i>	28.87	0.000
	<i>Farranula sp.</i>	22.90	0.000
	<i>Oncaea spp.</i>	23.08	0.000
	<i>Conea sp.</i>	13.44	0.001
Cyclopoida	<i>Oithona spp.</i>	17	0.000
Harpacticoida	<i>Clytemnestra rostrata</i>	8.21	0.017
	<b><i>Clytemnestra scutellata</i></b>	<b>2</b>	<b>0.368</b>
	<i>Microsetella rosea</i>	13.80	0.001
	<b><i>Harpacticella sp.</i></b>	<b>5.72</b>	<b>0.057</b>
	<i>Macrosetella gracilis</i>	12.32	0.002
	<i>Euterpina acutifrons</i>	17.04	0.000
	Copepoditos	23.92	0.000

Tabla VII. Resultados de la prueba de Mann-Whitney aplicada a la abundancia de los copépodos.

Las abundancias cambiaron dos veces:	
a) Máxima en Noviembre (Sep < Nov > Dic)	<i>Acartia spp.</i> , <b>Paracalanidae</b> , <i>Corycaeus spp.</i> , <i>Centropages furcatus</i> , <i>Farranula sp.</i> <i>Labidocera acuta</i> , <b>Copepoditos</b>
Las abundancias cambiaron una sola vez:	
b) Máxima en Septiembre (Sep > [Nov=Dic])	<i>Saphirella tropica</i> , <i>Microsetella sp.</i>
c) Mínima en Septiembre (Sep < [Nov=Dic])	<b><i>Oncaea spp.</i></b> <i>Conaea sp.</i> <b><i>Oithona spp.</i></b>
d) Máxima en Diciembre ([Sep=Nov] < Dic)	<b><i>Euterpina acutifrons</i></b>
e) Mínima en Diciembre ([Sep=Nov] > Dic)	<i>Canthocalanus pauper</i> , <i>Clausocalanus sp.</i> , <i>Macrosetella sp.</i>
Las abundancias presentaron un cambio “gradual”:	
f) Incrementaron (Sep < Dic)	<i>Clytemnestra rostata</i>

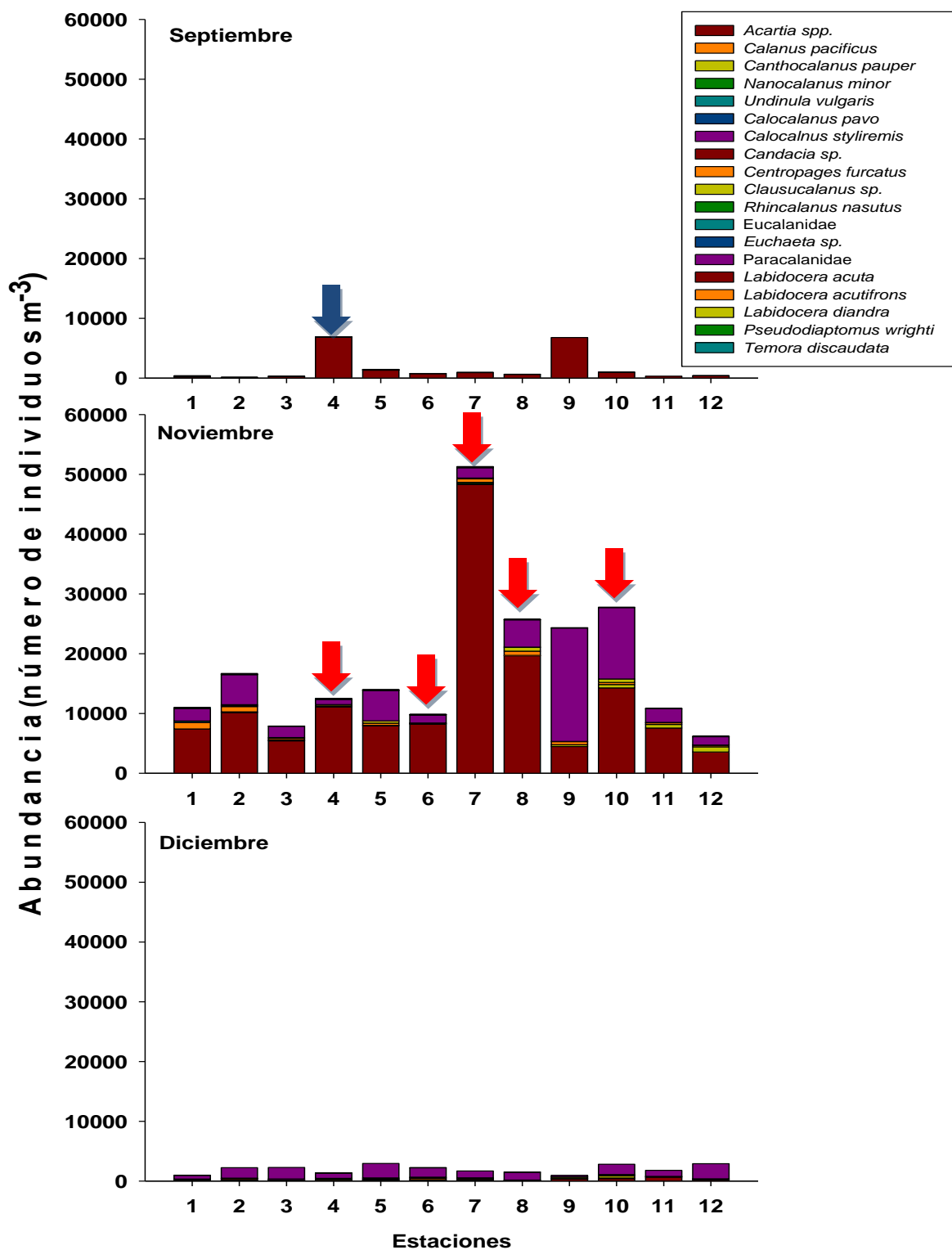


Figura 13. Abundancias de géneros del Orden Calanoida. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en tránsito, rojo alimentándose).

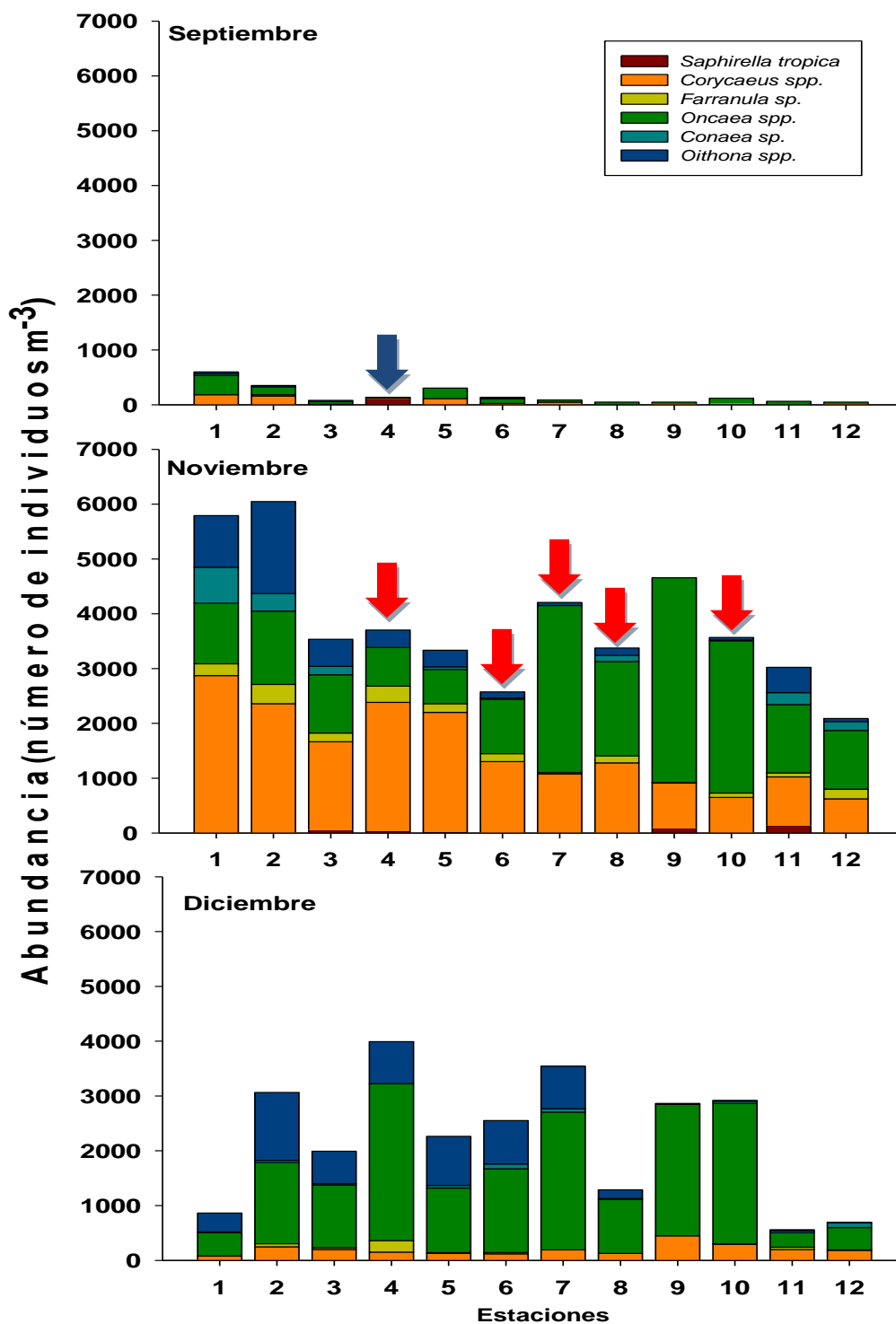


Figura 14. Abundancias de géneros del Orden Poecilostomatoida y Cyclopoida (*Oithona*). Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en transito, rojo alimentándose).

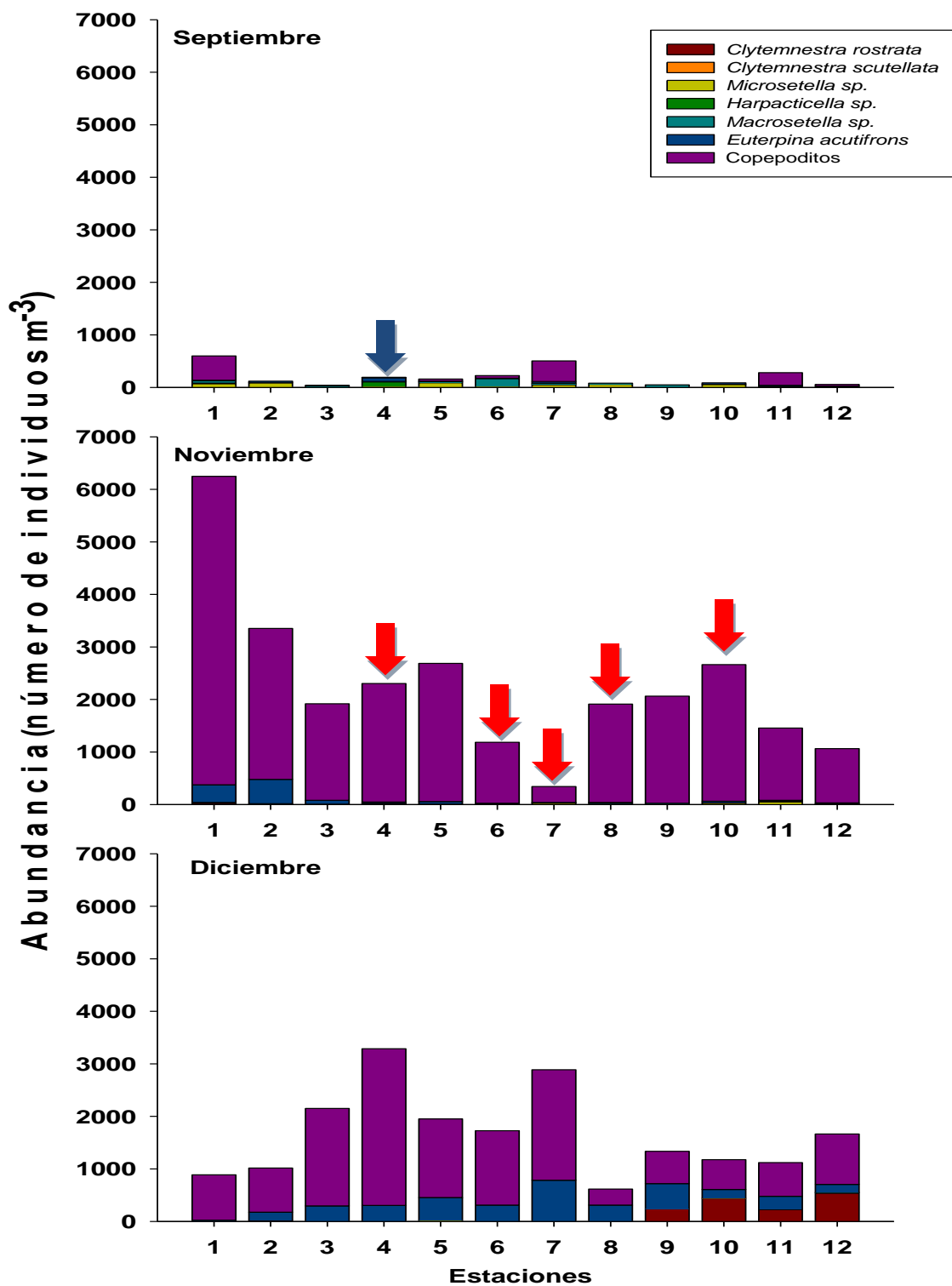


Figura 15. Abundancias de géneros del Orden Harpacticoida y copepoditos. Las flechas muestran en que estaciones hubo avistamientos de tiburón ballena (azul, en tránsito, rojo alimentándose).

## VI. DISCUSIÓN

Bahía de los Ángeles está altamente influenciada por los procesos de mezcla que ocurren en el Canal de Ballenas. El viento dominante durante todo el año fue el proveniente del norte-noreste, con mayor incidencia en el verano e inicio del otoño. Esta situación fue dada por el evento La Niña que estuvo presente desde 2008 hasta mediados de 2009 (<http://www.noaa.gov/>). De acuerdo al modelo numérico usado por Amador-Buenrostro *et al.* (1991), el viento dominante del noreste indujo la situación de invierno con la corriente residual que se presentó durante los tres muestreos, de septiembre a diciembre. El intercambio de agua entre la bahía y el Canal de Ballenas permitió que el agua fría y rica en nutrientes del Canal de Ballenas entrara por la boca norte de la bahía. El enriquecimiento de la capa superficial del agua, después de haber pasado por el proceso de turbulencia del Canal de Ballenas, tiene un efecto importante sobre la productividad primaria de la bahía y como consecuencia en su productividad secundaria. Tomando en cuenta las velocidades del agua en la bahía (Fig. 2), el tiempo necesario para que el agua que entra por la boca norte llegue a El Rincón es aproximadamente un día. Cuando el agua rica en nutrientes llega a la zona eufótica requiere de unos tres a cuatro días para que el fitoplancton florezca con abundancias elevadas (Millán-Núñez *et al.*, 1982). Debido al giro que se forma en la ensenada de El Rincón se propicia la retención de nutrientes y la estabilidad de la columna de agua, aumentando la productividad primaria (PP) y subsecuentemente se incrementa la abundancia de organismos fitófagos. Muñoz-Barbosa *et al.* (1991), Delgadillo-Hinojosa *et al.* (1997) y Millán-Núñez y Yentsch (2000) mencionaron que la acumulación del fitoplancton en la capa superficial de Bahía de los Ángeles, a una profundidad no mayor a 10 m, es controlada por la corriente residual generada por el viento. Desafortunadamente, la información sobre PP de la zona es escasa y los registros hechos previamente han sido sólo para la parte norte de la bahía, cerca de Punta la Gringa. Mi zona de estudio es

muy costera y la obtención de datos de PP mediante el uso de imágenes de satélite no es una opción viable.

A pesar de que se presentó la condición de La Niña durante 2009, los patrones de temperatura y salinidad no mostraron anomalías con relación a lo reportado en estudios previos. Mi muestreo se realizó en el período de descenso de la temperatura. Blanco-Betancourt (2004) y Bernard y Grady (1968) reportaron un descenso de la temperatura muy marcado a final de verano, iniciando en agosto y llegando a la temperatura más baja en enero y febrero (15 °C). La temperatura superficial disminuyó de 28.29 ( $\pm 0.05$ ) °C en septiembre a 19.63 ( $\pm 0.01$ ) °C en diciembre. Cerca de las estaciones de muestreo 1, 2 y 3 se presentaron salinidades relativamente bajas, lo cual podría indicar la existencia de un afluyente subterráneo que aporta agua de la sierra. En esta parte de la costa hay playas arenosas y pequeños esteros que indican la presencia de flujo de agua superficial esporádico en los arroyos y más continuo en el subsuelo. Sería importante el cuantificar estos aportes de agua dulce y su impacto en la comunidad marina.

En general los patrones temporales de abundancia de zooplancton encontrados en el presente estudio se apegan a lo descrito para otras bahías en el golfo (Palomares-García, 1996; González-Navarro y Saldierna-Martínez, 1997, para la Bahía de la Paz; y Manrique, 1977, para Guaymas), y a lo descrito por Brinton *et al.* (1986) para algunas zonas del Golfo de California. Los datos parecen indicar que la época reproductiva de peces e invertebrados se dio previo al muestreo de septiembre, ya que en este se presentó la mayor abundancia de meroplancton. El incremento de la abundancia de copépodos y copepoditos de septiembre a noviembre puede deberse al aumento de alimento (bacterioplancton y nanoplancton) y el posterior descenso en diciembre puede haberse debido al descenso de temperatura como lo descrito por Landry (1978) y Uye (1982). Turner (2004) menciona la preferencia a la depredación, y no la herbivoría, de ciertos géneros de copépodos como *Acartia*, *Paracalanus* y *Microsetella* (se alimentan de copepoditos y larvas pequeñas), sin importar el estadio de desarrollo en que se



encuentren. Manrique *et al.* (2003) menciona que los cladóceros son organismos que son más abundantes en zonas de baja turbulencia y baja variabilidad física, por lo que el incremento que se presentó en noviembre puede estar relacionado con la estabilidad de la columna de agua. Los quetognatos se alimentan de huevos y larvas de peces, por lo que estos últimos tienden a disminuir cuando los primeros son abundantes. De acuerdo a Irigoien *et al.* (2004) estos organismos son capaces de sincronizar su migración vertical para aumentar la probabilidad de alimentarse. Por lo que la disminución de los huevos de peces en noviembre podría ser en respuesta a la alta abundancia de quetognatos.

La mayor abundancia de apendicularias en diciembre se debió al incremento de la abundancia de fitoplancton. Alldredge (1981) (citado por Brinton *et al.* 1986) menciona que las apendicularias son organismos que muestran un alta actividad de pastoreo. Las estructuras mucosas o “casas” de las apendicularias son una fuente de alimento para larvas de peces, que también incrementaron su abundancia en diciembre. El resto de los grupos zooplanctónicos parece responder más a la disminución de la temperatura que a otro factor físico o biológico

Cabe mencionar que los organismos pastoreadores presentaron dos patrones diferentes: los crustáceos (cladóceros y copépodos) predominaron en noviembre, mientras que los tunicados (apendicularias y doliólidos), predominaron en diciembre. Nelson y Eckert (2007) identificaron prácticamente los mismos grupos taxonómicos de zooplancton reportados en este trabajo para Bahía de los Ángeles, más otros dos (eufáusidos y estomatópodos) que no fueron detectados en mis muestras. Ellos identificaron estadios larvales de diferentes grupos pero los agruparon cuantitativamente en uno solo, mientras que yo los separé por taxones. Estos últimos autores tomaron muestras cerca de las islas, lo cual explica la presencia de eufáusidos ya que estos tienen una distribución más oceánica. Ladrón de Guevara *et al.* (2008) reportaron la presencia de eufáusidos en el Canal de Ballenas y los canales entre las islas de Bahía de los Ángeles. García-García (2002) también encontró los mismos grupos taxonómicos reportados aquí, más

estomatópodos. Reportó 6 grupos meroplanctónicos (poliquetos, decápodos, asteroideos, equinodermos, larvas de peces y foronidos) y 9 holoplanctónicos (copépodos, cladóceros quetognatos, apendicularias, sifonóforos, gasterópodos doliolidos hidromedusas y estomatopodos), pero se concentró en la descripción de las variaciones de abundancia de copépodos. El presente trabajo presenta un registro más completo de los grupos meroplanctónicos de la bahía.

Al igual que en los reportes de Nelson y Eckert (2006) y García-García (2002), los copépodos son el grupo con mayor abundancia de la bahía. De los 27 géneros de copépodos encontrados, sólo el género *Acartia* ha sido reportado como alimento del tiburón ballena (Clark y Nelson, 1997). Estos autores relacionan la presencia del tiburón ballena con concentraciones altas de la especie *Acartia clausi*, en la Bahía de La Paz. Las mayores abundancias de *Acartia* han sido reportadas para la parte sur de esta bahía y en noviembre, tanto en 1984 como en 2001 y 2002 (Palomares-García, 1996; Hacoheh-Domené, 2004). Esto mismo se reporta en este trabajo para Bahía de los Ángeles, con la mayor abundancia de *Acartia* en la parte sur de la bahía y en noviembre. La comunidad de la taxocenosis de la Bahía de La Paz es de baja diversidad y alta dominancia de algunas especies como *Acartia clausi* y *Acartia lilljeborgii* (Gonzalez-Navarro y Saldierna-Martínez, 1997; Hacoheh-Domené, 2004). En Bahía de los Ángeles el aporte del género *Acartia* fue notable e incluso mayor que algunas familias enteras, en septiembre y noviembre. Aunque se hizo la identificación de dos especies del género *Acartia* (*Acartia calusi* y *Acartia tonsa*), para el conteo general se tomó en cuenta sólo el género por la dificultad de diferenciar ambas especies, por el traslape de tallas. Existe una co-dominancia de ambas especies en la zona de estudio, las cuales fueron sucedidas por organismos pertenecientes a la familia Paracalanidae. Ambos, la familia Paracalanidae y el género *Acartia*, son descritos por Brinton *et al.* (1986) como organismos costeros abundantes, y en otoño de 2009 los Paracalanidae fueron abundantes cuando *Acartia* prácticamente desapareció de la zona. Otro género que tuvo un aporte importante a la abundancia en alguno de los tres muestreos fue *Oithona*, que incremento su

abundancia en diciembre y fue el único del orden Cyclopoida. Su presencia se asoció al florecimiento de fitoplancton de diciembre. Palomares-García (1996) mencionó que este género es de afinidad oceánica y tiene mayor preferencia por nanofitoplancton que por microfitoplancton.

El evento La Niña no ocasionó anomalías en las propiedades físicas del agua de la zona de estudio, y por lo tanto es de esperarse que la comunidad zooplanctónica tampoco haya sido afectada. Sin embargo, Vázquez Haikin (comunicación personal, prestador de servicios turísticos de Bahía de los Ángeles) mencionó que la temporada de avistamientos de tiburón ballena de 2009 inició tarde al final de junio.

En 2009 el mayor número de avistamientos de tiburón ballena ocurrió en noviembre (Figs. 14 a 17), lo cual concuerda con lo reportado por Ávila-Moreno (2005) para 2003 y 2004. Enríquez-Andrade *et al.* (2003) mencionaron que este mes es el de mayor incidencia de avistamientos de estos animales. Posiblemente el tiburón ballena sea el planctívoro más importante de la bahía (Eckert y Stewart, 2001). El tiburón ballena fue reportado alimentándose en las estaciones con la mayor abundancia zooplanctónica y donde los copépodos del género *Acartia* dominaban la misma. Este género es común en aguas costeras y capaz de generar grandes agregaciones, por lo que es una presa fácil para el tiburón ballena que depende de grandes concentraciones de zooplancton para alimentarse (Uye, 1982). Al igual que lo reportado por García-García (2002) y Nelson y Eckert (2006) para Bahía de los Ángeles, y por Hacohe-Domené (2004) para Bahía de La Paz, el tiburón ballena fue avistado en el mes con mayor abundancia de zooplancton, y particularmente *Acartia*. Considerando la información existente y la del presente trabajo, se puede concluir que la presencia del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles es principalmente para alimentarse de los copépodos del género *Acartia*.

## VII. CONCLUSIONES

El grupo zooplanctónico más abundante en las muestras fue el de los copépodos.

El mayor número de avistamientos se dio en noviembre, con una mayor abundancia de zooplancton, sobre todo con la mayor abundancia de copépodos del género *Acartia*.

El tiburón ballena está altamente relacionado al género *Acartia*, esta situación fue notoria cuando, al cambiar la composición de la taxocenosis de copépodos el tiburón ballena no se presentó en el área de estudio.

La temperatura superficial del agua reportada en este estudio para noviembre es menor a la reportada en la literatura asociada a la presencia del tiburón ballena. Es posible que la alta disponibilidad de alimento sea el factor determinante para la congregación del tiburón ballena en Bahía de los Ángeles.

A pesar de haberse presentado La Niña en 2009 (caracterizado por baja temperatura y predominancia de vientos provenientes del oeste), no se manifestó efecto sobre los factores ambientales. Sin embargo, el arribo del tiburón ballena en esa temporada fue tardío.

## **VIII. SUGERENCIA PARA TRABAJO FUTURO**

Para tener una mejor descripción de la variación temporal y espacial del zooplancton de la bahía, sería conveniente realizar muestreos durante todo el año. Debido a que una gran limitante de estos estudios es la capacidad de análisis microscópico de laboratorio, que consume mucho tiempo, se podrían hacer muestreos abundantes en el tiempo y espacio, y mezclar las muestras para generar medias físicas representativas de ciertos períodos y áreas. Esto disminuiría el trabajo al microscopio incluyendo mucho más que las muestras originales puntuales en el tiempo y espacio. Así se tendría un mejor registro de las fluctuaciones estacionales del zooplancton y se podría hacer un mejor estudio de la correlación entre la presencia del tiburón ballena y la abundancia y composición del zooplancton.

## IX. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Borrego, S. and J.R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. *In:* (J.P. Dauphin and B.R. Simoneit, eds) *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. Amer. Assoc. Petr. Geol. Mem. 47, Tulsa. 555-567p.
- Álvarez Borrego, S. 2008. Oceanografía de la región de las grandes islas. En: Danemann G. D. y Ezcurra E. (eds.). Bahía de los Ángeles: recursos naturales u comunidad. Pronatura Noroeste/INE/SEMARNAT/San Diego Nat. Hist. Mus., México D. F.45-65 p.
- Amador B.A., Serrano G., S.J. y M.L. Argote Espinoza. 1991. Modelado numérico de la circulación inducida por el viento en Bahía de los Ángeles, B.C., México. *Cienc. Mar.* 17(3): 39-57 p.
- Avila-Moreno, B. 2005. Una contribución al conocimiento de la biología, comportamiento y hábitat de las congregaciones de tiburón ballena *Rhincodon typus* (Smith, 1828) de Bahía de los Ángeles, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California. 58 p.
- Barnard, J.L. y J.R. Grady. 1968. A biological survey of Bahia de los Angeles, Gulf of California. México I. General account. *Trans. S. Diego Soc. Nat. Hist.* 15(6): 51-66 p.
- Blanco-Betancourt, R., I. Pacheco-Ruiz, J. M. Guzmán-Calderón, J. A. Zertuche-Gonzalez, A. Chee-Barragán, A. Martínez-Díaz de León, A. Gálvez-Téllez y J. M. López-Vivas. 2004. Base de datos de la temperatura del agua de mar de seis bahías de la costa noroccidental del Golfo de California, México. Reporte técnico. Instituto de Investigaciones Oceanográficas- Universidad Autónoma de Baja California. 1:1-35 p.
- Brinton, E. A. Fleminger, D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* Vol XXVII. 228-266 p.
- Cárdenas-Torres N., R. Enríquez-Andrade, N. Rodríguez-Dowdell. 2007. Community-based management through ecotourism in Bahia de Los Angeles, Mexico. *Fisheries Research* 84: 114-118 p.
- Cavazos, T. 2008. Clima. En: Danemann G. D. y Ezcurra E. (eds.). Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Pronatura Noroeste/INE/SEMARNAT/San Diego Nat. Hist. Mus., México D. F. 67-92 p.

- Clark, E., D.R. Nelson. 1997. Young whale sharks, *Rhincodon typus*, feeding on copepod bloom near La Paz, México. *Environmental Biology of Fishes*. 50:63-73 p.
- Coleman, J. G. 1997. A review of the biology and ecology of the whale shark. *Journal of Fish Biology*. 51: 1219-1234 p.
- Delgadillo-Hinojosa, F., G. Gaxiola-Castro, J.A. Segovia-Zavala, A. Muñoz-Barbosa y M. V. Orozco-Borbón. 1997. The effect of vertical mixing on primary production in a bay of the Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 45:135-148 p.
- Eckert, S. A., and B. S. Stewart. 2001. Telemetry and satellite tracking of whale sharks, *Rhincodon typus*, in the Sea of Cortez, Mexico, and the North Pacific Ocean. *Environmental Biology of Fishes*. 60:299-308 p.
- Enríquez-Andrade, R., Rodríguez -Dowdell, N., Zavala-González, A., Cárdenas-Torres, N., Vázquez-Haikin, A., Godínez-Reyes, C., 2003. Informe Técnico del proyecto Conservación y Aprovechamiento Sustentable del Tiburón ballena a través del ecoturismo en Bahía de los Ángeles, Baja California. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Dirección Regional en Baja California del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, 67 p.
- García-García, B. 2002. Relación entre la biomasa zooplanctónica y los avistamientos de Tiburón Ballena (*Rhincodon typus*; Smith 1828) en Bahía de los Ángeles, B.C. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California. 50 p.
- Gasca, R. y E. Suárez. 1996. Introducción al estudio del zooplancton marino. ECOSUR-CONACYT. México. 711 p.
- Gilmartin, M. y R. Revelante. 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier islands lagoons of the Gulf of California. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 7:29-47 p.
- González Navarro, E. y R. Saldierna Martínez. 1997. Zooplancton de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. (1990-1991). En: Urbán, R., J. y M. Ramírez R., (eds). La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABC-CICIMAR-SCRIPPS.43-57 p.

- Hacohen-Domené, A. 2004, Abundancia y riqueza específica de presas preferenciales del tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith, 1828), en Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz Baja California Sur, México. 45 p.
- Heckel, G., P. Ladrón-Guevara, L. Rojas-Bracho. 2008. Ballenas y delfines En: Danemann G. D. y Ezcurra E. (eds.). Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Pronatura Noroeste/INE/SEMARNAT/San Diego Nat. Hist. Mus., México D. F. 563-601p.
- Irigoien, X., D. V. P. Conway, R. P. Harris. 2004. Flexible diel vertical migration behaviour of zooplankton in the Irish Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 267:85-97.
- Ketchum-Mejía. J. T., 2003. Distribución espacio-temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes en el suroeste del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. CICIMAR. La Paz, B.C.S. México, 91 p.
- Ladrón de Guevara-Porras. P., B. E. Lavaniegos, G. Heckel. 2008. Fin whales (*Balaenoptera physalus*) foraging on daytime surface swarms of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* in the Ballenas Channel, Gulf of California, Mexico. *J. mammal.* 89(3):559-566p.
- Landry, M. 1978. Population Dynamics and Production of a Planktonic Marine Copepod, *Acartia clausii*, in a Small Temperate Lagoon on San Juan Island, Washington. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie.* 63(1):77-120
- López, M., J. Candela y M. Argote. 2006. Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California? *Geophysical Research Letters.* Vol. 33, L11603, doi: 10.1029/2006GL025908.
- Manrique. F. A. 1977 Seasonal variation of zooplankton in the Gulf of California. En *Proc. Symp. On Warm Water Zooplankton*, Dona Paula. Goa, India. 14-19 Oct. 1976. UNESCO/NIO Spec. Publ., 242-249p.
- Manrique, F. A. y R. Molina 2003. Serie de tiempo planctónica en la bahía de Bacoichampo: Los cladóceros. 2do Lugar Premio Rómulo Garza. *Transferencia*, Revista digital de posgrado, investigación y extensión del campus de Monterrey. 16(62):45-51
- Millan- Nuñez, R., S. Alvarez-Borrego, D. M. Nelson. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. *Costal and Shelf Science.* 15: 317-335.



- Millán-Núñez, E., C. M. Yentsch. 2000. El Canal de Ballenas, Baja California, como ambiente favorable para el desarrollo del fitoplancton. *Hidrobiológica*. 10:91-100 p.
- Muñoz-Barbosa, A., G. Gaxiola-Castro y J. A. Segovia-Zavala. 1991. Variabilidad temporal de la productividad primaria, clorofila y cestón en la Bahía de los Ángeles, Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 17(4):47-68 p.
- Nelson, J.D., S. A. Eckert. 2007. Foraging ecology of whale sharks (*Rhincodon typus*) within Bahía de los Ángeles, Baja California Norte, México. *Fisheries Research*. 8(1): 47-64 p.
- Palomares-García, J. R. 1996. Estructura espacial y variación estacional de los copépodos en la Ensenada de La Paz. *Oceánides*. 11(1):29-43.
- Palomares, R., E. Suarez-Morales & S. Hernández-Trujillo. 1998. Catálogo de los copépodos (crustacea) pelágicos del Pacífico Mexicano. CICIMAR-ECOSUR, México, D. F. 352 p.
- Reyes-Bonilla, H., González-Romero, S., Cruz-Piñón, G., y Calderón-Aguilera, L. E. 2008. Corales pétreos. En: Danemann G. D. y Ezcurra E. (eds.). Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Pronatura Noroeste/INE/SEMARNAT/San Diego Nat. Hist. Mus., México D.F. 291-317 p.
- Rodríguez-Dowdell N., R. Enríquez-Andrade y N. Cárdenas-Torres. 2008. Tiburón Ballena. En: Danemann G. D. y Ezcurra E. (eds.). Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Pronatura Noroeste/INE/SEMARNAT/San Diego Nat. Hist. Mus., México D. F. 363-383 p.
- Turner, J. 2004. The importance of small planktonic copepods and their roles in the pelagic marine food webs. *Zoological Studies*. 43 (2): 255-266.
- Uye, S. 1982. Population dynamics and production of *Acartia clausi* Giesbrecht (Copepoda: Calanoida) in inlet waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 57: 55–83.
- Viesca-Lobatón, C., E. F. Balart, A. González-Cabello, I Mascareñas-Osorio, O. Aburto-Oropeza, H. Reyes-Bonilla, E. Torreblanca. 2008. Peces arrecifales. En: Danemann G. D. y Ezcurra E. (eds.). Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Pronatura Noroeste/INE/SEMARNAT/San Diego Nat. Hist. Mus., México D. F. 385-427p.
- Yamaji, I. 1977. Illustrations of the marine plankton of Japan. Hoikusha Publ. Co., Osaka

## **Anexo I**

Especies identificadas en Bahía de los Ángeles (24 especies, 27 géneros, 21 familias y 4 órdenes).

**Subclase Copepoda Milne-Edwards (1840)**

**Infraclase Neocopepoda Huys & Boxshall (1991)**

**Supero Orden Gymnoplea Giesbrecht (1882)**

**Orden Calanoida G. O. Sars (1903)**

- Familia Acartidae (Sars, 1900)
  - *Acartia clausi* (Giesbrecht, 1892)
  - *Acartia tonsa* (Dana, 1849)
  
- Familia Calanidae (Dana, 1849)
  - *Calanus pacificus* (Brodsky, 1948)
  - *Nannocalanus minor* (Claus, 1863)
  - *Canthocalanus pauper* (Giesbrecht, 1888)
  - *Undinula vulgaris* (Dana, 1852)
  
- Familia Calocalanidae
  - *Calocalanus pavo* (Dana, 1849)
  - *Calocalanus styliremis* (Giesbrecht, 1888)
  
- Familia Candaciidae (Giesbrecht, 1892)
  - *Candacia sp.* (Dana, 1846)
  
- Familia Centropagidae (Giesbrecht, 1892)
  - *Centropages furcatus* (Dana, 1849)
  
- Familia Clausocalanidae (Giesbrecht, 1892)
  - *Clausocalanus sp.* (Giesbrecht, 1888)

- Familia Eucalanidae (Giesbrecht, 1892)
  - *Rhincalanus nasutus* (Giesbrecht, 1888)
  
- Familia Euchaetidae (Giesbrecht, 1892)
  - *Euchaeta sp.*(Philippi, 1843)
  
- Familia Paracalanidae (Giesbrecht, 1892)
  - *Acrocalanus sp.* (Giesbrecht, 1888)
  - *Paracalanus sp.* (Boeck, 1864)
  
- Familia Pontellidae (Dana, 1852)
  - *Labidocera acuta* (Dana, 1849)
  - *Labidocera acutifrons* (Dana, 1849)
  - *Labidocera diandra* (Fleminger, 1967)
  
- Familia Pseudodiaptomidae (Sars, 1902)
  - *Pseudodiaptomus wrighti* (Johnson, 1964)
  
- Familia Temoridae(Giesbrecht, 1892)
  - *Tremora discaudata* (Giesbrecht, 1889)

#### **Orden Cyclopoida( Burmeister, 1843)**

- Familia Oithonidae (Dana, 1853)
  - *Oithona sp.* (Baird, 1843)
  - *Oithona pulmifera* (Baird, 1843)

#### **Orden Harpacticoida (Sars, 1903)**

- Familia Clytemnestridae (A. Scott, 1909)
  - *Clytemnestra rostrata* (Brady, 1883)
  - *Clytemnestra scutellata* (Dana, 1848)

- Familia Ectinosomatidae (Oliffson, 1917)
  - *Microsetella rosea* ( Dana, 1848)
  
- Familia Harpacticidae
  - *Harpacticella sp.* (Sars, 1908)
  
- Familia Miraciidae (Dana, 1846)
  - *Macrosetella gracilis* (Dana, 1948)
  
- Familia Tachidiidae (Boeck, 1864)
  - *Euterpina acutifrons* (Dana, 1848)

#### **Orden Poecilostomatoida (Thorell, 1859)**

- Familia Clausidiidae (Embleton, 1901)
  - *Saphirella tropica* (Wolfenden, 1906)
  
- Familia Corycaeidae (Dana, 1849)
  - *Corycaeus spp.* (Dana, 1846)
  - *Farranula sp.* (Wilson, 1936)
  
- Familia Oncaeidae (Giesbrecht, 1892)
  - *Oncea conifera* (Giesbrecht , 1891)
  - *Oncea media* (Giesbrecht , 1891)
  - *Conea rapax* (Giesbrecht, 1891).