



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**



**VARIACIÓN INTERANUAL DE LAS LARVAS  
DE PECES PELÁGICOS MENORES EN EL  
GOLFO DE CALIFORNIA, Y SU RELACIÓN  
CON EL ZOOPLANCTON Y EL AMBIENTE  
DURANTE MARZO DE 2005 Y 2006**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIA EN  
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

**PRESENTA**

**JULIANA JERÓNIMO BALCAZAR**

**La Paz, B. C. S., Diciembre de 2011**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 16 del mes de Noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

“VARIACIÓN INTERANUAL DE LAS LARVAS DE PECES PELÁGICOS MENORES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, Y SU RELACIÓN CON EL ZOOPLANCTON Y EL AMBIENTE DURANTE MARZO DE 2005 Y 2006.”

Presentada por el alumno:

JERÓNIMO Balcázar JULIANA
Apellido paterno materno nombre(s)
Con registro: B 0 9 1 3 6 7

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

Signature of MC. JOSÉ RICARDO PALOMARES GARCÍA
Director de Tesis

Signature of MC. RAYMUNDO AVENDANO BARRA
2º Director de Tesis

Signature of DR. JAIME GÓMEZ GUTIÉRREZ

Signature of MC. ROXANA DE SILVA DÁVILA

Signature of DR. EDUARDO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

Signature of PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES
DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ





## **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

### **CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 29 del mes Noviembre del año 2011  
el (la) que suscribe BIÓL. JULIANA JERÓNIMO BALCAZAR alumno(a) del  
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS  
con número de registro B091367 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:  
MC. JOSÉ RICARDO PALOMARES GARCÍA Y MC. RAYMUNDO AVENDAÑO IBARRA  
y cede los derechos del trabajo titulado:

"VARIACIÓN INTERANUAL DE LAS LARVAS DE PECES PELÁGICOS MENORES EN EL GOLFO DE CALIFORNIA,  
Y SU RELACIÓN CON EL ZOOPLANCTON Y EL AMBIENTE DURANTE MARZO DE 2005 Y 2006"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: julia.jeronimos@hotmail.com - raavib@hotmail.com - rpalomar@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

  
BIÓL. JULIANA JERÓNIMO BALCAZAR

nombre y firma

## ÍNDICE GENERAL

RELACIÓN DE FIGURAS

GLOSARIO

RESUMEN

ABSTRACT

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN.....  | 1  |
| ANTECEDENTES .....   | 3  |
| OBJETIVOS .....  | 8  |
| Objetivo general.....  | 8  |
| Objetivos particulares: .....  | 8  |
| AREA DE ESTUDIO .....  | 9  |
| MATERIAL Y METODOS.....  | 13 |
| Trabajo de campo.....  | 13 |
| Trabajo de laboratorio.....  | 14 |
| Análisis de gabinete .....   | 15 |
| Análisis estadístico.....  | 16 |
| RESULTADOS.....  | 18 |
| Características hidrográficas de la región centro y sur del Golfo de California con base en registros de CTD. .... | 18 |
| Temperatura y salinidad.....   | 18 |
| Termoclina .....   | 19 |
| Imágenes satelitales: temperatura superficial del mar y concentración de clorofila-a ....                          | 22 |
| Temperatura .....  | 22 |
| Concentración de Clorofila-a .....   | 22 |
| Patrones de distribución de la biomasa .....   | 23 |
| Grupos de zooplancton .....  | 24 |
| Distribución de grupos de zooplancton (marzo 2005).....  | 26 |
| Distribución de grupos de zooplancton (marzo 2006).....  | 28 |
| Abundancia de larvas de peces .....  | 30 |
| Abundancia y distribución de peces pelágicos menores .....   | 30 |
| Caracterización del hábitat de larvas de pelágicos menores (marzo de 2005).....                                    | 37 |
| <i>Engraulis mordax</i> .....  | 37 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Scomber japonicus</i> .....  | 37 |
| <i>Etrumeus teres</i> .....   | 37 |
| <i>Sardinops sagax</i> .....  | 38 |
| Caracterización del hábitat de larvas de pelágicos menores (marzo de 2006)..... | 39 |
| <i>Sardinops sagax</i> .....  | 39 |
| <i>Scomber japonicus</i> .....  | 39 |
| <i>Etrumeus teres</i> .....   | 39 |
| <i>Trachurus symmetricus</i> .....  | 39 |
| <i>Engraulis mordax</i> .....   | 40 |
| <i>Caranx</i> sp. ....  | 40 |
| <i>Oligoplites</i> sp. 1 .....  | 40 |
| Análisis estadístico.....   | 40 |
| Análisis de grupos .....  | 40 |
| Análisis Multivariado de Escalamiento Multidimensional No-Métrico .....         | 42 |
| DISCUSIÓN .....   | 47 |
| <i>Condiciones ambientales</i> .....  | 47 |
| CONCLUSIÓN .....  | 58 |
| LITERATURA CITADA.....  | 59 |
| ANEXOS .....  | 71 |

## RELACIÓN DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Toponimia del área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo en el Golfo de California, durante 2005.....   | 10 |
| Figura 2. Toponimia del área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo en el Golfo de California, durante 2006.....   | 11 |
| Figura 3. Distribución de la temperatura del mar a 10 metros de profundidad, durante marzo de 2005 y durante marzo de 2006.....   | 19 |
| Figura 4. Distribución de la salinidad a 10 metros de profundidad durante marzo de 2005 y durante marzo de 2006.....  | 19 |
| Figura 5. Termoclina calculada a partir de datos de los transectos P, U y X, durante marzo de 2005.....   | 20 |
| Figura 6. Termoclina calculada a partir de datos de los transectos O, S, U y X, durante de marzo de 2006.....   | 21 |
| Figura 7. Imágenes de satélite (Aqua-MODIS) de la temperatura superficial del mar en el centro y sur del Golfo de California; promedio del 25 de febrero al 12 de marzo de 2005 y del 02 al 13 de marzo de 2006. .... | 22 |
| Figura 8. Imágenes de satélite (Aqua-MODIS) de la concentración de clorofila en el centro y sur del Golfo de California; durante marzo de 2005 y marzo de 2006.....   | 23 |
| Figura 9. Distribución del volumen de biomasa zooplanctónica durante marzo de 2005 y 2006.....  | 24 |
| Figura 10. Abundancia relativa de los grupos de zooplancton más importantes durante marzo de 2005.....  | 25 |
| Figura 11. Abundancia relativa de los grupos de zooplancton más importantes durante marzo de 2006.....  | 26 |
| Figura 12. Distribución y abundancia de los grupos del zooplancton que aportaron más del 90% de la abundancia total durante marzo de 2005.....  | 27 |
| Figura 13. Distribución y abundancia de los grupos del zooplancton que aportaron más del 90% de la abundancia total durante marzo de 2006.....  | 29 |
| Figura 14. Abundancia relativa de las principales especies de larvas de peces, marzo de 2005 y 2006.....  | 31 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 15. Abundancia relativa de larvas de las especies de peces pelágicos menores, marzo de 2005 y 2006 .....  | 32 |
| Figura 16. Distribución y abundancia de larvas de las especies de peces pelágicos menores (marzo de 2005). .....   | 33 |
| Figura 17. Distribución y abundancia de larvas de las especies de peces pelágicos menores (marzo de 2005). .....   | 34 |
| Figura 18. Distribución y abundancia de las larvas de especies de peces pelágicos menores (marzo de 2006). .....   | 35 |
| Figura 19. Distribución y abundancia de larvas de las especies de peces pelágicos menores (Marzo de 2006). .....   | 36 |
| Figura 20. Dendograma y asociaciones de zooplancton incluyendo el ictioplancton, de acuerdo al método de Ward (Marzo 2005). .....  | 41 |
| Figura 21. Dendograma y asociaciones de zooplancton incluyendo el ictioplancton, de acuerdo al método de Ward (Marzo 2006). .....  | 42 |
| Figura 22. Diagrama de ordenación del análisis de escalamiento no-métrico multidimensional (EMNM) para el total de organismos del zooplancton y larvas de peces, incluyendo las larvas de los peces pelágicos menores y las variables ambientales..... | 46 |

## **GLOSARIO**

**Abundancia.** Número total de individuos de una especie o especies que existen en un área, volumen, población o comunidad determinada (Krebs, 2003).

**Ambiente:** Todos los factores bióticos y abióticos que de hecho afectan a un organismo en cualquier punto de su ciclo de vida (Krebs, 2003).

**Agregación.** Agrupamiento de individuos conespecíficos donde no hay ninguna connotación social (Ritz, 1994).

**Antitropical.** Que es encontrado en ambos hemisferios, norte y sur, pero no en las regiones ecuatoriales (Castro-Aguirre, 2005).

**Asociación.** Unidad operacional de organismos en un área particular, usualmente con una o dos especies dominantes que poseen la forma de vida típica de la formación a la que pertenece la asociación (Jiménez-Rosenberg, 2008).

**Biomasa.** Estimación cuantitativa (en volumen o peso) de la masa total de los organismos que comprenden una población o parte de ella (Odum, 1972).

**Cadena trófica.** Corriente de energía que empieza con los organismos fotosintéticos y que es transferida a niveles tróficos superiores a través de la nutrición. Es decir, cada organismo se alimenta del que le precede, y a su vez es alimento del siguiente.

**Depredación.** Interacción biológica en la que un individuo de una especie (depredador) caza a otro individuo (presa), para subsistir. Es un método de alimentación que requiere de la captura activa de organismos vivos.

**Desove.** Los huevos y esperma liberados o depositados por organismos acuáticos.



**Distribución anfipeninsular.** Que se encuentra distribuido en ambas partes de la península (Castro-Aguirre, 2005).

**Eclosión.** Etapa en la que el corión del huevo se rompe y emerge la larva.

**El Niño.** Desequilibrio océano-atmosférico en donde la presión atmosférica cambia, provocando el debilitamiento de los vientos alisios del Este, por lo que favorece una invasión anormal de aguas cálidas del trópico hacia latitudes altas, afectando principalmente las costas del Pacífico Oriental (Jiménez-Rosenberg, 2008).

**Estadio.** Etapa o fase de un proceso, desarrollo o transformación.

**Fitoplancton:** comprende la mayoría de algas microscópicas autótrofas que habitan en las aguas superficiales del océano, estuarios, lagos y estanques. Muchos son móviles y otros llevan migraciones verticales diurnas. Algunas formas no móviles regulan su flotabilidad. Sin embargo su capacidades de locomoción limitadas y ellas son trasportadas a grandes distancias por movimientos verticales y horizontales en el agua (Darley, 1991).

**Inanición.** Estado en las larvas que se produce cuando atraviesan un periodo de baja concentración de alimento, más o menos prolongado dependiendo de la especie. Conduce a un debilitamiento de la larva, haciéndola más vulnerable a los depredadores.

**Hábitat:** Es el lugar donde vive un organismo (Odum, 1972).

**Larva.** Estadio que precede a la eclosión del huevo; es diferente en forma y pigmentación al juvenil y al adulto, y debe sufrir una etapa de transformación antes de asumir las características del adulto (Jiménez-Rosenberg, 2008).

**Macrozooplancton.** Organismos del plancton que varían entre (2 – 20 cm de tamaño) por ejemplo: medusas, alevines.

**Microzooplancton.** Organismos del plancton que varían entre (20 – 200 micras de tamaño) por ejemplo: diatomeas, tintínidos, radiolarios, ostrácodos, cladóceros.

**Pelágico.** Se refiere a los organismos que viven en la columna de agua, independientes del fondo oceánico (Jiménez-Rosenberg, 2008).

**Pesquería multiespecífica.** Pesquería que se basa en la explotación pesquera de un número elevado de especies de peces, crustáceos y moluscos sin que una especie sea mucho más importante que las demás. Estas pesquerías son de ambientes tropicales y subtropicales (Jiménez-Gómez, 200).

**Plancton.** Conjunto de organismos a la deriva (animales, plantas, arqueas o bacterias y virus) que habitan la zona pelágica de los océanos, mares o cuerpos de agua dulce (Thurman, 1997).

**Plataforma continental.** Fondo marino poco profundo de pendiente gradual que se encuentra alrededor de un margen continental, usualmente de una profundidad no mayor de 200 m (Weihaupt, 1984).

**Reclutamiento.** Incremento de una población usualmente resultante de la entrada de ejemplares jóvenes a la población adulta (Krebs, 1985).

**Surgencia.** Proceso físico generado por el estrés del viento sobre la superficie del océano, que en conjunto con el efecto de rotación de la tierra, causa que agua de la superficie se desplace hacia fuera de la costa y sea remplazada por agua de fondo. El agua subsuperficial puede provenir de profundidades entre 50 a 100 metros o más y se caracteriza por ser más fría que el agua superficial original y

típicamente contiene altas concentraciones de nutrientes, principalmente fosforo, nitrógeno y sílice, así como bajo contenido de O<sub>2</sub> y alto de CO<sub>2</sub>.

**Termoclina.** Capa en la cual el gradiente de temperatura excede un valor de 0.2°C/10 m, dando así unos límites precisos superior e inferior.

**Zooplankton.** Organismo que forman parte del plancton; la comunidad de animales de aguas marinas y dulces que flotan a la deriva en el agua y que se mueven pasivamente con las corrientes (Krebs, 2003).

## RESUMEN

A pesar de la importancia de la pesquería de los peces pelágicos menores en el Golfo de California, México, los estudios dirigidos a evaluar las interacciones entre sus larvas con otros grupos del zooplancton son escasos. Este estudio, pretende caracterizar el hábitat del desarrollo de estas larvas, con base al análisis del ambiente y la comunidad zooplanctónica. Se realizaron dos cruceros oceanográficos en marzo de 2005 y marzo de 2006, en cada crucero se analizaron 39 estaciones donde se efectuaron arrastres Bongo estándar y lances de CTD. Durante marzo de 2005 el grupo dominante del zooplancton fue el de los copépodos con 46.00%, seguido por los quetognatos (27.00%), eufáusidos (5.50%) y ostrácodos (1.70%); durante el 2006 los grupos dominantes fueron los copépodos aportando el 63.50% de la abundancia total, quetognatos (10.60%), eufáusidos (7.90%) y los taliáceos (7.80%). El 90% de la abundancia del ictioplancton estuvo conformado por 7 taxa durante marzo de 2005 y por 9 taxa durante marzo de 2006, siendo el mesopelágico *Vinciguerria lucetia* el más importante en ambos años (36.70% y 24.30% respectivamente). La fracción correspondiente al 90% de la abundancia de pelágicos menores, durante 2005, estuvo conformada por 5 especies, siendo *Engraulis mordax* (78.20%) la más abundante seguida por *Scomber japonicus* (15.70%), *Etrumeus teres* (4.10%), *Sardinops sagax* (1.50%) y *Ophistonema* sp. (0.40%). Durante 2006, el 90% de la abundancia estuvo integrado por 4 especies: *S. sagax* (31.50%), *S. japonicus* (26.70%), *E. teres* (20.90%) y *T. symmetricus* (12.50%). Los análisis estadísticos muestran que los gradientes de temperatura y salinidad, guardan una estrecha relación con el patrón de circulación descrito para el golfo durante esta época, lo mismo que la distribución de las agrupaciones del ictioplancton. Los altos volúmenes de zooplancton se asociaron a las mayores concentraciones de clorofila-*a* y a bajas temperaturas en el área. Los resultados anteriores apoyan la idea de que el éxito del reclutamiento de los pelágicos menores, esta mas relacionado con la estructura de la comunidad, que con la variabilidad ambiental.

## ABSTRACT

Despite the importance of the fisheries of small pelagic species in the Gulf of California, Mexico, the studies aimed to evaluate the interactions between their larvae and other groups of zooplankton are scarce. In the present work, the habitat for the development of the larvae was characterized by analyzing the environment and the zooplankton community. During the oceanographic expeditions, 39 stations were analyzed in March of 2005 and March 2006 by standard Bongo net tows and CTD deployments. During March of 2005, the dominant groups were Copepods which accounted for a 46.00%, followed by Chaetognates (27.00%), Euphausiids (5.50%), and Ostracoda (1.70%). During 2006 the dominant groups were Copepods (63.50%) followed by Chaetognates (10.60%), Euphausiids (7.90%), and Thaliaceans with 7.80%. During 2005, 90% of the ichthyoplankton abundance was represented by 7 taxa and by 9 taxa during 2006, being the mesopelagic *Vincigerria lucetia* the most important with 36.70% and 24.30%, respectively. In 2005 five species of small pelagic fishes accounted for the 90% of the abundance: *Engraulis mordax* (78.20%), *Scomber japonicus* (15.70%), *Etrumeus teres* (4.10%), *Sardinops sagax* (1.50%), and *Ophistonema spp* with (0.40%), while in 2006 *S. sagax* (31.50%), *S. japonicus* (26.70%), *E. teres* (20.90%), and *T. symmetricus* (12.50%) were the most important. The statistical analysis shows that salinity and temperature gradients are related with the Gulf circulation pattern during that time of the year, and the same was observed for the ichthyoplankton distribution. The high volumes of zooplankton were related to major chlorophyll-*a* concentrations and low temperatures. The obtained results support the idea that the successful recruitment of the small pelagic fishes is more related to the community structure than to the environment variability.

## INTRODUCCIÓN

Los peces pelágicos menores son un componente clave del ecosistema marino ya que son la base de las cadenas tróficas en áreas de surgencia. Algunas especies son parte esencial de la pesca comercial (sardinias, anchovetas y macarelas). Además de formar parte de la dieta de peces de niveles tróficos superiores, muchos de ellos también de importancia comercial. De igual forma, son presa principal de aves y mamíferos marinos. Los peces pelágicos menores son organismos oportunistas que se alimentan por medio de la filtración, principalmente de microorganismos de origen planctónico, como fitoplancton, microzooplancton, mesozoplancton y macrozooplancton (Ben-Tuvia, 1995; Zwolinski *et al.*, 2011).

Las sardinias forman parte de una pesquería multiespecífica que contribuye con un 40% del las capturas totales de las pesquerías mexicanas, las cuales están en el orden de las 1.3 a 1.5 millones de toneladas, siendo la principal especie la sardina monterrey, *Sardinops sagax* (Instituto Nacional de la Pesca, 2001; Martínez-Zavala *et al.*, 2010). Las grandes fluctuaciones en distribución y abundancia de los peces pelágicos menores, han sido relacionadas con su rápida respuesta a las variaciones estacionales, interanuales incluso decadales de las condiciones ambientales. Sin embargo, en el Golfo de California, la mayor parte de los estudios se han enfocado a determinar los efectos de los cambios de temperatura sobre las poblaciones de sardina, tanto en su fase larvaria como en su etapa adulta (Lluch-Belda *et al.*, 1991; Instituto Nacional de la Pesca, 2001; Névarez-Martínez *et al.*, 2001; Martínez-Zavala *et al.*, 2010).

La reproducción de peces esta normalmente acoplada a ciclos locales de producción planctónica y un buen ejemplo de ello son las sardinias. Los adultos desovan en áreas ricas en concentración de alimento (Agostini *et al.*, 2007), de manera que los estadios larvales y juveniles coinciden en espacio y tiempo, con el pico más alto de biomasa zooplanctónica (Cushing, 1975, 1996; Bollens *et al.*, 1992. En: Sabatini, 2004). En general, los pelágicos menores son desovadores múltiples, la sardina por ejemplo, puede desovar cada 15 días, y la macarela cada 8 días (Castro-González & Tapia-Vázquez, 1995). La anchoveta norteña

(*Engraulis mordax*), de afinidad templada, desova desde principios de invierno hasta la primavera en el centro y sur de California (Wroblewski *et al.*, 1989). Sin embargo, Lluch-Belda *et al.*, 1991, mencionan que la temporada de desove de la anchoveta norteña es de diciembre a julio, dentro de intervalos de temperatura de 11.50°-16.50 °C, con un pico de máxima intensidad de desove a los 14.00 °C. Para la sardina monterrey el intervalo de temperatura más frecuente de desove es de 13.50°-25.00 °C, con máxima intensidad de desove a los 15.00 °C y 23.00 °C. A diferencia de la anchoveta, la sardina prefiere desovar en ambientes más cálidos (Lluch-Belda *et al.*, 1991; McClatchie *et al.*, 2007). Hammann y Nevarez-Martínez, 1998, mencionaron que los desoves de la sardina monterrey son de noviembre a mayo, siendo más intensos durante diciembre y enero en la región central del Golfo de California, con una temperatura del máximo desove de 18.90 °C  $\pm$  1.90 °C. En la región de la Corriente de California, los desoves se pueden dar entre intervalos de 15.00 °C a 18.00 °C, 13.00 °C a 16.00 °C (Hammann *et al.*, 1998) y de 16.10 °C a 25.60 °C en Bahía Magdalena (Lluch-Belda *et al.*, 1991).

Una gran proporción de los huevos, mueren normalmente antes de llegar a desarrollarse como larvas o juveniles (Csirke, 1980). Sin embargo, la mayor parte de la mortalidad se produce después de la eclosión, debido a la baja concentración de alimento o competencia por el mismo con otros organismos que componen el zooplancton. Aunque las larvas solo representan una pequeña parte en la historia de la vida de los peces, el tiempo entre la eclosión y el estadio juvenil es considerado como una etapa crítica, debido a que en este periodo se presenta la más alta mortalidad a nivel poblacional (Hjört, 1914; Lasker, 1981; Avendaño-Ibarra *et al.*, 2009). En la familia Clupeidae, la mortalidad larval ha sido propuesta como la mayor fuente de variación en el tamaño de las poblaciones y generalmente se asocia a la depredación e inanición (Smith & Richardson, 1979; Palomares-García & Vera-Alejandre, 1995; Aceves-Medina, 2003).

Los huevos y larvas tienen tolerancias ambientales distintas a las de los adultos, y presentan una respuesta diferente, por lo que se destacan como indicadores de determinadas características ambientales (Silva-Segundo, 2005; Jiménez-Rosenberg, 2008). Por otro lado, la mayoría de las larvas se localizan en

aguas superficiales y son trasladadas por las corrientes oceánicas incrementando su dispersión (Moser *et al.*, 2002; Avendaño-Ibarra *et al.*, 2009), por lo que se considera a los procesos oceánicos (*e. g.* circulación de corrientes, frentes, topografía) como los principales responsables de la formación de asociaciones de especies y a su vez pueden ser determinantes en el mantenimiento e interrupción de las mismas (Moser *et al.*, 1987; Funes-Rodríguez *et al.*, 1995; Aceves-Medina *et al.*, 2003; Silva-Segundo, 2005; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009; Avendaño-Ibarra *et al.*, 2010).

La vulnerabilidad de las larvas depende en gran medida del periodo de desove así como de la composición y abundancia de la comunidad zooplanctónica (Palomares-García & Vera-Alejandre, 1995). Aunque según algunos autores, el éxito de las larvas de peces parece estar determinado por la cantidad de las agregaciones de larvas de peces más que por la abundancia (Aceves-Medina, 2003; Aceves-Medina *et al.*, 2004). Este tipo de distribución agregada, es utilizada como estrategia de protección para evadir posibles depredadores, como respuesta a la distribución del alimento o debido a las características hidrográficas (Hewitt, 1981). De tal manera que las agregaciones pueden llegar a controlar la supervivencia de las larvas de peces, por lo que las variaciones en el reclutamiento pueden ser el resultado de eventos que afectan a los huevos y larvas (Hunter, 1981; Sabatini, 2004). La relación entre los procesos físicos y biológicos que se producen en el hábitat de las larvas de peces y el zooplancton, conforman una línea de investigación, que pretende entender estas relaciones e intentar pronosticar las fluctuaciones del reclutamiento en función de las variables físicas y químicas.

## **ANTECEDENTES**

Se han realizado estudios particulares con larvas de peces en algunas áreas del Golfo de California y en ambientes costeros. Sin embargo, la información integral sobre las relaciones de riqueza y abundancia de larvas de peces y zooplancton es relativamente pobre, al igual que los efectos que provocan las variables físicas en su abundancia (Avendaño-Ibarra *et al.*, 2009). La



mayoría de los estudios realizados al respecto fueron llevados a cabo en la costa occidental de California, E.U.A. y en la Costa Occidental de la Península de Baja California (McGowan & Miller, 1980; Loeb *et al.*, 1983; Funes-Rodríguez, 1985). En estas áreas, las condiciones oceanográficas bajo la influencia de la Corriente de California son distintas a las presentes en el Golfo de California.

Las fluctuaciones de abundancia del zooplancton en la Corriente de California se deben en gran parte, a procesos físicos ligados con su variabilidad y a los procesos de surgencia (Colebrook, 1977). Los máximos de biomasa en aguas profundas se deben a que los fuertes vientos ocasionan divergencias y el bombeo de aguas profundas, acarreando aguas ricas en nutrientes hacia la zona eufótica (Chelton, 1982). Roesler & Chelton (1987), investigaron las variaciones de la biomasa zooplanctónica en la Corriente de California, durante el periodo de 1951 a 1982, y señalaron que la biomasa de zooplancton responde localmente a cambios en la productividad primaria causados por las variaciones en el aporte de los nutrientes debido a los procesos de surgencia. Es decir, la biomasa zooplanctónica se incrementa en respuesta a la disponibilidad del alimento, pero con un rápido decrecimiento cuando disminuye el enriquecimiento por nutrientes. En este mismo trabajo también mencionan que las poblaciones de zooplancton con afinidad subtropical son más sensibles a los cambios ambientales.

Brinton *et al.* (1986), realizaron una revisión bibliográfica de la composición taxonómica y distribución de la flora y fauna planctónica en el Golfo de California, definiendo las afinidades biogeográficas de las especies de zooplancton. Farber-Lorda *et al.* (2004), realizaron un estudio sobre las condiciones tróficas y distribución de eufáusidos en la entrada del Golfo de California, donde confluyen diferentes masas de agua y donde las mayores concentraciones de zooplancton se registraron en esta área de frentes oceánicos. También señalan que en áreas cercanas a la costa y estratificadas la productividad es mayor, mientras que en aguas más oceánicas la productividad es baja.

Jiménez-Pérez & Lara-Lara (1988), estudiaron la biomasa zooplanctónica y la estructura de la comunidad de los copépodos, durante El Niño 1982-1983, en el centro y sur del golfo, encontrando que en marzo de 1983 el máximo de biomasa,

se localizó en el lado este del centro del golfo, y los grupos dominantes fueron cladóceros y copépodos. Aunque no se presentó la reducción típica de biomasa reportada en otros ecosistemas durante el fenómeno de El Niño.

Dentro de los trabajos enfocados en las larvas de peces, Moser *et al.*, (1971), realizó uno de los estudios más completos a la fecha, donde analiza la distribución y abundancia de los huevos y larvas de peces, basándose en muestras de 6 cruceros oceanográficos entre 1956 y 1957 en el Golfo de California. Estos autores, mencionan que el 75% de los peces costeros son especies tropicales y subtropicales, y que el 17% del total de especies son especies endémicas del golfo. La mayor abundancia fue aportada por larvas de *Vinciguerria lucetia*, *Bregmaceros bathymaster*, *Scomber japonicus*, *Ophistonema* spp, *Triphoturus mexicanus* y *Sardinops sagax*. Por su parte Castro-Aguirre *et al.* (2005), elaboraron una lista de especies ícticas (juveniles y adultos) en el Golfo de California, describiendo su afinidad y distribución geográfica, en ella define a *S. sagax* como una especie antitropical y a *Engraulis mordax* como una especie anfipeninsular.

Aceves-Medina *et al.* (2003), analizaron la taxocenosis de las larvas de peces obtenidas en 10 cruceros oceanográficos en las regiones norte, centro y sur del Golfo de California (1984 – 1988) y encontraron que los cambios estacionales provocan una concentración y expansión de la distribución de las larvas de peces. Estos autores indican que durante el periodo invernal se registra un bajo número de especies y las que predominan son de afinidades tropicales y subtropicales, las abundantes en esta época del año fueron *E. mordax* y *S. sagax*. Aceves-Medina *et al.* (2004), estudiaron las asociaciones de larvas de peces de manera estacional, delimitando dos periodos con condiciones ambientales distintas (invierno y verano) y dos transicionales (otoño y primavera), señalando que durante el invierno y la primavera la masa de agua tropical es limitada a la porción sureste de la boca del golfo.

En la zona de las grandes islas y el golfo central Avalos-García *et al.* (2003), realizaron un estudio en donde describen las asociaciones de larvas de peces en otoño, primavera y verano de 1997-1998. Ellos registran en primavera alta

abundancia de *B. panamense* junto con bajas abundancias de *S. sagax* y *S. japonicus* adjudicándose al calentamiento de las aguas superficiales ocasionado por el ENSO 1997-1998. En la misma área de estudio que los autores anteriores, Velazco *et al.* (2004) compararon las larvas de peces durante El Niño (1997-1998) y La Niña (1998-1999). Mencionando diferencias interanuales de temperatura y biomasa, durante los meses de marzo de 1998 y 1999. También, registran en marzo durante El Niño una menor abundancia de larvas de peces pero alta riqueza de especies (21), mientras que durante marzo del periodo La Niña se capturaron mayores abundancias de larvas de peces pero con menor riqueza de especies (14).

Esqueda-Escárcega & Hernández-Trujillo, 1995, estudiaron en la costa occidental de la Península de Baja California, las características del hábitat de desarrollo larval de tres especies de batilágidos, encontrando que las condiciones ecológicas del ambiente en el que se desarrolla cada especie son diferentes, y que la estructura de la comunidad de distintas especies de copépodos se asocia con afinidades biogeográficas diferentes para cada batilágido.

Aceves-Medina *et al.* (2009), caracterizaron el ambiente del desove y de las larvas de peces pelágicos menores en el Golfo de California, indicando que la principal área de desove de *Engraulis mordax* fue próximo a las Grandes Islas y para *Sardinops sagax* cerca de las dos costas en ambos lados de la región central. La abundancia de huevos y larvas estuvieron asociadas con altas abundancias de pigmentos del tipo fucoxantinas, Clorofila-a, biomasa zooplanctónica y la presencia del copépodo *Acartia clausi*.

López-Martínez *et al.* (1999), analizaron el tipo y tamaño de presas que conforman la dieta de *Sardinops sagax*, *Ophistonema libertate* y *Engraulis mordax* en el centro y norte del golfo. Mencionan que la sardina crinuda (*Ophistonema libertate*) fue la especie que presentó el espectro más amplio de presas (31 géneros de diatomeas, 14 de copépodos y 13 de dinoflagelados), y que su distribución es a temperaturas de 29.00° a 31.00 °C.

Alvaríño (1980), mencionó que la concentración de depredadores y larvas de anchoa aparecían en relación inversa. En zonas de surgencias no se

encontraron larvas de anchoa, notando que su ausencia coincidía con la presencia de procordados, larvas de decápodos, pterópodos, heterópodos y poliquetos, y que la mayor abundancia de larvas de anchoa concurría con gran cantidad de copépodos y eufáusidos. Rykaczewski (2009), propuso la hipótesis de que el tamaño y concentración de zooplancton en la costa occidental de California, E.U.A., pueden ser la clave que determina el crecimiento y la conducta de la sardina y la anchoveta.

Loeb *et al.*, 1983, encontraron que la abundancia de zooplancton no tuvo una asociación aparente con la abundancia de ictioplancton. La cantidad de zooplancton disminuye de la zona costera a la oceánica, y se mostró relacionada con la distribución de nutrientes en las aguas superficiales. La máxima abundancia de ictioplancton se encontró asociada con periodos de estabilidad relativa de las aguas, antes de iniciar las intensas surgencias costeras. Agostini *et al.* (2007), mencionó que existe una relación inversa entre el reclutamiento de sardina y la abundancia de zooplancton: el reclutamiento disminuye con el incremento de la abundancia del zooplancton. Se estima que la abundancia de zooplancton puede ser un índice de presión de depredación en las fases larvianas de la sardina *Sardinops sagax*, combinando los efectos potenciales de depredación directa por los depredadores zooplanctónicos y el incremento en la atracción del necton zooplanctívoro que puede resultar en eventos de canibalismo. En consecuencia, la disminución de la presión por depredación durante años cálidos puede ser un factor que permite incrementos en el reclutamiento de la sardina (Agostini *et al.*, 2007).

El presente estudio intenta explicar la presencia de patrones de abundancia espacio-temporal del zooplancton y de las larvas de peces pelágicos menores y su relación con factores ambientales para responder las siguientes preguntas: ¿Qué asociación existe entre los grupos de zooplancton con las larvas de peces? ¿Es conservativa la relación entre los grupos de zooplancton y las larvas de peces año con año? ¿De qué forma se ven afectados estos organismos por las variables físicas medioambientales?

## **OBJETIVOS**

### Objetivo general

- Analizar la variación interanual en la abundancia de larvas de peces pelágicos menores en el Golfo de California, México, durante marzo de 2005 y 2006 y el ambiente en el que se distribuyen.

### Objetivos particulares:

Caracterizar hidrográficamente la región centro y sur del Golfo de California, con base a registros de CTD.

Determinar los patrones de distribución de la concentración de clorofila-a, de la biomasa zooplanctónica y de los principales grupos del zooplancton en el área de estudio.

Establecer los patrones de distribución de la abundancia de las larvas de peces pelágicos menores, la formación de grupos recurrentes y su relación con el ambiente físico y biológico en el área de estudio.

## **HIPOTESIS DE TRABAJO**

La variabilidad en la estructura y abundancia del zooplancton puede ser determinante en la sobrevivencia de las larvas de peces pelágicos menores, y el éxito de sus larvas puede estar más relacionado con la disponibilidad de presas y la escasez de depredadores, que en función de los gradientes ambientales

## AREA DE ESTUDIO

El Golfo de California se localiza en la región noroeste de México (Figura 1). Es un mar marginal estrecho (1000 km de longitud y 150 km de amplitud) (Fernández-Barajas *et al.*, 1994; Castro *et al.*, 2000; Pegau *et al.*, 2002; Lavín & Marinone, 2003; Lluch-Belda *et al.*, 2003; Castro *et al.*, 2006), que presenta una plataforma continental estrecha del lado oeste y más amplia en el este. Está situado entre la cadena montañosa de Sonora y Sinaloa del lado continental y la Península de Baja California (Castro *et al.*, 2000). Es fuertemente influenciado por la amplia extensión de tierras áridas, incluyendo los desiertos de Altar y de Sonora en sus márgenes orientales lo que le atribuye un clima de carácter más continental, comparándolo con la Corriente de California. El periodo de lluvias corresponde de agosto a septiembre y las lluvias invernales se presentan en diciembre y enero, aportando el 15% de la precipitación anual (Bernal *et al.*, 2001).

En la costa este del golfo, la salinidad es ligeramente más baja debido a las múltiples descargas de los ríos (Fernández-Barajas *et al.*, 1994). Está comunicado con el Océano Pacífico a través de su boca, permitiendo un intercambio libre de masas de agua (Fernández-Barajas *et al.*, 1994; Castro *et al.*, 2000; Lavín & Marinone, 2003) Geográficamente se divide en dos áreas, área norte (< 250m de profundidad) y el área sur (>3000 m de profundidad), cuya frontera son las grandes islas y la línea de Cabo San Lucas a El Dorado es considerada la frontera sur en el área de la boca (Fernández-Barajas *et al.*, 1994). La parte sur incluye la cuenca de Guaymas, cuenca del Carmen, cuenca Farallón, y cuenca Pescadero, que se extienden y profundizan hacia la boca (Pegau *et al.*, 2002, Lavín & Marinone, 2003; Makarov & Jiménez-Illescas, 2003).

Los vientos en el Golfo de California son de carácter estacional muy marcado, esto se debe a los cambios latitudinales en los centros de baja presión atmosférica y a las cadenas montañosas a lo largo de ambas costas (Lavín & Marinone, 2003; Barron & Bukry, 2007). Los de mayor intensidad se presentan en invierno y primavera provenientes del noroeste, acarreando aire frío y seco, mientras que durante el verano son más débiles y provienen del sureste trayendo

aire tibio y húmedo (Fernández-Barajas *et al.*, 1994; Bernal *et al.*, 2001; Lavín & Marinone, 2003).

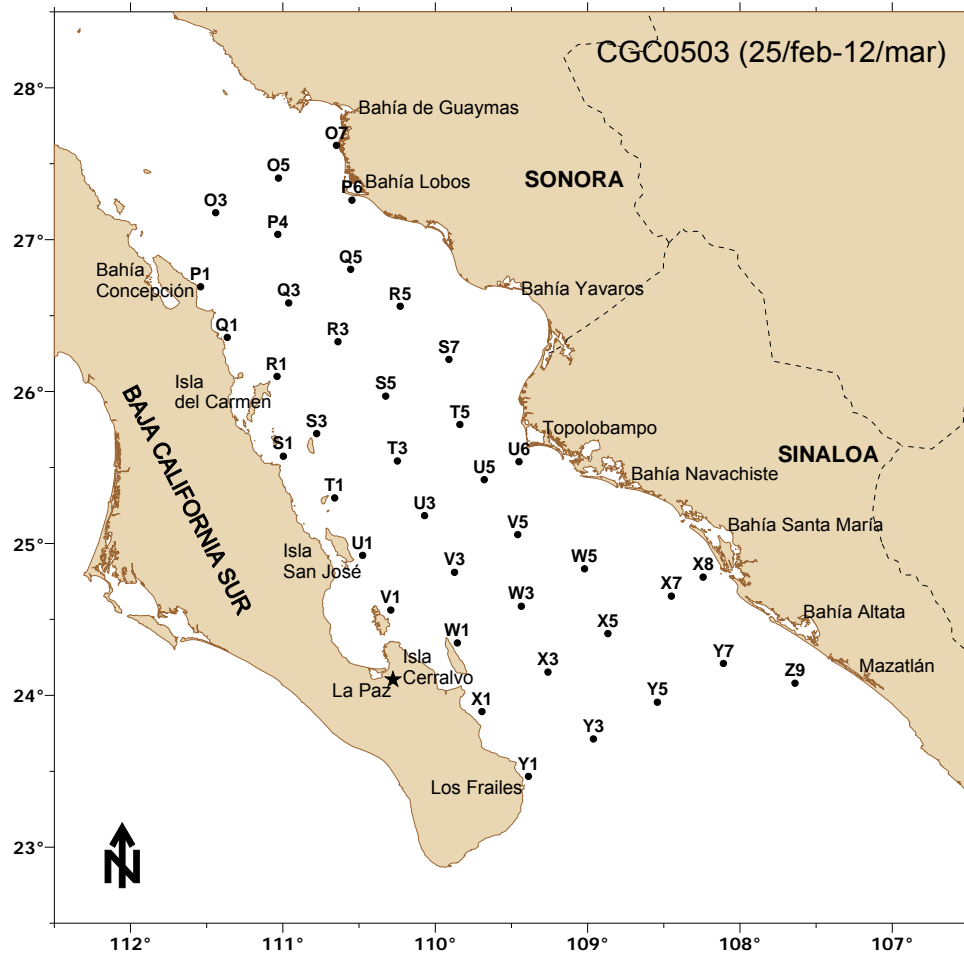


Figura 1. Toponimia del área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo en el Golfo de California, durante 2005.

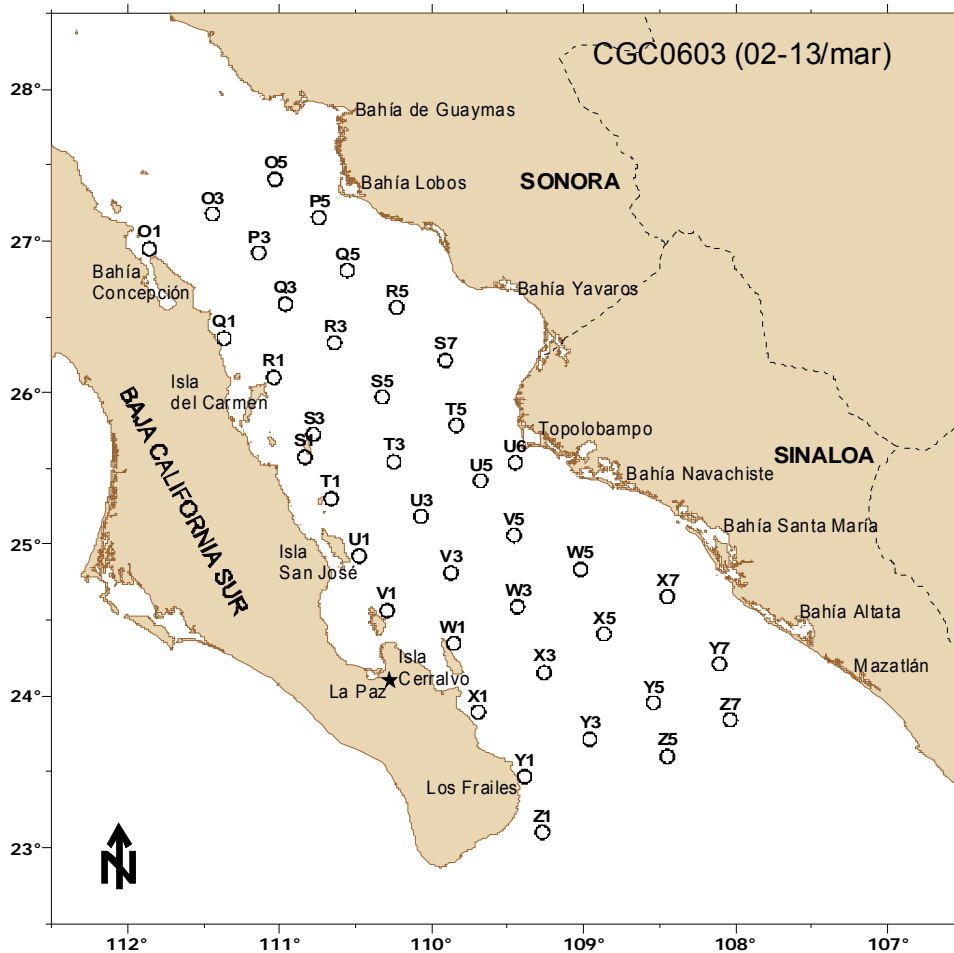


Figura 2. Toponimia del área de estudio y distribución de las estaciones de muestreo en el Golfo de California, durante 2006.

Los vientos del noroeste son los responsables de la generación de las surgencias mas importantes del Golfo de California, creando áreas de alta productividad es la costa este (Bernal *et al.*, 2001; Pegau *et al.*, 2002), estos vientos, alejan el agua superficial de las costas continentales, por equilibrio de masas, esta agua es reemplazada por agua subsuperficial más densa y rica en nutrientes, este proceso es característicos de la costa este y ocurre a lo largo de Sonora y Sinaloa durante el invierno, mientras que en verano ocurre en la costa peninsular (Rosas-Cota, 1976; Fernández-Barajas *et al.*, 1994; Lavín & Marinone, 2003).



Durante el invierno, la circulación geostrofica en el golfo es en dirección hacia el sureste, los vientos del noroeste son paralelos a la costa este (Rosas-Cota, 1976). Las aguas superficiales y subsuperficiales del Pacífico Tropical Oriental (PTO) llegan solo hasta la región de la boca (Fernández-Barajas *et al.*, 1994). Durante el verano las corrientes en la región de la boca presentan circulación ciclónica, con un flujo hacia fuera por el lado de la península y un flujo hacia dentro por el lado este; durante el invierno se invierte y la circulación se vuelve anticiclónica (Fernández-Barajas *et al.*, 1994; Soto-Mardones *et al.*, 1999; Castro *et al.*, 2000; Makarov & Jiménez-Illescas, 2003).

Los procesos locales son importantes en una corta escala de tiempo y en la modificación de las características termohalinas en las aguas superficiales. Las imágenes satelitales AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer, por sus siglas en inglés) de esta área, frecuentemente muestran la presencia de giros de mesoescala, que se hacen visibles mediante el contraste de temperaturas entre los diferentes tipos de de agua y su presencia puede variar estacionalmente. Entre estas estructuras también se pueden presentar corrientes de chorro o jets, los cuales, según algunos autores pueden ser los responsables de la dispersión de los huevos y larvas de sardinas (Figueroa *et al.*, 2002). Los domos y las crestas están asociados a giros ciclónicos, mientras que las depresiones las asocian a giros anticiclónicos (Fernández-Barajas *et al.*, 1994).

Las masas de agua registradas en el golfo son: Agua profunda del Pacífico (APP), localizada entre los 3500 m y los 1200 m de profundidad, Agua Intermedia del Pacífico (AIP) de los 1200 m a los 500m, Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt) de los 500 m a los 150 m, y Agua Superficial Ecuatorial (ASE) de los 150 m hasta la superficie. En algunos años incluso puede llegar a entrar a través de la boca del golfo el Agua de la Corriente de California (ACC) (Lavín & Marinone, 2003). La presencia de estas masas de agua es hidrodinámicamente compleja, con fuertes variaciones estacionales e interanuales.

Algunos autores afirman que el Golfo de California se puede dividir en 3 o 4 áreas de acuerdo a su topografía (Castro *et al.*, 2000; Lavín & Marinone, 2003), pigmentos fotosintéticos (Hidalgo-González & Álvarez-Borrego, 2004; Kahru *et al.*,

2004), distribución de la temperatura (Soto-Mardones *et al.*, 1999) y distribución de larvas de peces (Aceves-Medina *et al.*, 2004) y de peces adultos asociados a las cuencas (Castro *et al.*, 2000). Lavín & Marinone (2003), dividieron el golfo en cinco provincias, (1) la zona de la entrada, que se comunica abiertamente con el Pacífico Tropical Oriental, (2) sur del golfo, (3) zona del archipiélago, (4) zona norte y (5) el alto golfo, esta última es la más somera (<30 m de profundidad). Lluch-Cota & Arias-Arechiga, 2000, dividieron al Golfo de California en 4 regiones basándose en la distribución mensual de los pigmentos fotosintéticos, (1) Región Nortea, donde predomina la mezcla por corrientes de mareas; (2) Región Central, influenciada principalmente por los vientos; (3) Región Sur, cuya principal influencia es el Océano Pacífico y por último (4) la región alrededor del Canal de Ballenas, que es considerado un centro de producción biológica.

El Golfo de California responde sensiblemente al efecto ENOS (Bernal *et al.*, 2001). Durante el Niño, aumenta el nivel del mar, la capa superficial del mar se calienta debido al incremento de la temperatura (4.00 °C) y hay una disminución de la salinidad debido a la invasión de Agua Tropical Superficial, durante la Niña el efecto es inverso (Castro *et al.*, 2000, Bernal *et al.*, 2001, Lavín & Marinone, 2003). Las aguas ecuatoriales penetran más hacia dentro del golfo y permanecen por más tiempo, esto se atribuye al debilitamiento de los vientos del noroeste (Bernal *et al.*, 2001; Barrón & Bukry, 2007) la capa de mezcla se hunde y la termoclina llega hasta los 50 metros de profundidad.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **Trabajo de campo**

La red de estaciones de muestreo de los cruceros realizados en marzo de 2005 y 2006, denominados CGC0503 y CGC0603, fueron establecidas por investigadores de la Estación de Investigación Oceanográfica de la Secretaría de Marina (SEMAR) con el objeto de seguir la circulación del agua en el Golfo de California. Esta consistió en 39 puntos de muestreo situadas desde la parte norte del golfo a partir de Bahía Concepción, Baja California Sur y la Bahía de Guaymas, Sonora, hasta Las Animas en la punta de la Península de Baja

California y la Bahía La Guadalupana en Sinaloa (Figura 1) para ambos cruceros. En cada una de las 39 estaciones de muestreo se registro la salinidad, temperatura y profundidad de la columna de agua, mediante el uso de un CTD marca SeaBird, modelo SBE-19 SEACAT Profiler. Las muestras del primer muestreo fueron recolectadas a bordo del buque BI-01 “Alejandro de Humboldt”, del 25 de febrero al 12 de marzo de 2005. Las muestras del segundo muestreo fueron recolectadas a bordo del buque BI-03 “Altair”, del 02 al 13 de marzo de 2006. Ambas embarcaciones propiedad de la SEMAR.

Para la obtención de las muestras de zooplancton se realizaron arrastres oblicuos con una red tipo Bongo estándar (Smith & Richardson, 1979), la cual consiste en dos mallas cilindro-cónicas con un diámetro en su boca de 60 cm y 505  $\mu\text{m}$  de luz de malla en la red del lado derecho y 300  $\mu\text{m}$  de luz de malla en la red del lado izquierdo. Para este estudio solamente se analizó el material proveniente del lado derecho. Las muestras de zooplancton obtenidas a partir de la red Bongo del lado derecho fueron drenadas durante dos minutos para eliminar el exceso de agua, antes de ser fijadas con etanol sin desnaturalizar al 96%.

### **Trabajo de laboratorio**

Se estimó la biomasa a las muestras de zooplancton mediante el método de volumen desplazado propuesto por Beers (1976), sin tomar en cuenta los organismos no planctónicos. El componente ictioplanctónico fue separado en su totalidad de las muestras sin fraccionar y las larvas de peces fueron identificadas hasta el máximo nivel taxonómico posible, utilizando los trabajos de Moser *et al.* (1984), Moser (1996), Beltrán-León & Ríos-Herrera (2000) y Richards (2006). Paralelamente a esto, se registró el número de organismos por especie y por estación de muestreo.

Para los grupos de zooplancton identificaron y contabilizaron en su totalidad en las muestras que tuvieron un volumen  $\leq 25$  ml. Aquellas muestras que presentaron un volumen mayor a 25 ml fueron fraccionadas utilizando un separador Folsom hasta tener un volumen no menor a 12 ml. Tanto el componente ictioplanctónico como los grandes grupos se analizaron las muestran

utilizando un microscopio estereoscópico. Los grandes grupos se identificaron utilizando las guías de Smith (1977) y Gasca & Suárez (1996).

### **Análisis de gabinete**

Una vez analizadas todas las muestras, los valores de abundancia de organismos tanto por especie en las larvas, como por grandes grupos en el zooplancton se estandarizaron a un volumen de 1000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada siguiendo la técnica propuesta por Alvaríño (1965), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{1000n}{V}$$

en donde:

$N$  = número de individuos en 1000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada.

$n$  = número de individuos en la muestra total.

$V$  = número de m<sup>3</sup> de agua filtrada durante el arrastre.

A partir de los datos estandarizados se elaboraron mapas de distribución horizontal y de abundancia por crucero, tanto para las larvas de peces como para los grupos del zooplancton.

Se obtuvieron las imágenes de satélite diarias correspondientes a los días efectivos de los muestreos (temperatura superficial del mar y clorofila-*a*) y se promediaron sus valores, de esta manera se tuvo una imagen de cada crucero. Las imágenes de satélite se solicitaron en la página de internet Ocean Color (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) del instrumento "Aqua MODIS", nivel tres de cobertura global y resolución de 4 km. Adicionalmente la concentración de Clorofila-*a* (mg/m<sup>3</sup>) fue extraída de las imágenes satelitales. La distribución de las variables utilizadas se representó a través de mapas utilizando el programa Golden Software Surfer, Versión 8.

## **Análisis estadístico**

Para el análisis del grado de similitud y grupos recurrentes de ictioplancton y zooplancton se aplicó un análisis de agrupamiento (cluster), utilizando el índice de similitud de Ward, a las abundancias de los taxa involucrados. El análisis se aplicó a las matrices de datos de cada período de muestreo y solo se utilizaron aquellos organismos (larvas de peces y grupos de zooplancton) que sumaron el 90% de su abundancia relativa. Este procedimiento forma grupos jerárquicos de subconjuntos mutuamente excluyentes, cada uno de los cuales contiene miembros con una similitud máxima entre sí (Ward, 1963).

Se utilizó el método multivariado de escalamiento multidimensional no métrico (EMNM) aplicando la distancia euclidiana (Pitagórica) para medir la distancia entre especies con respecto a las variables ambientales, utilizando el programa PC-ORD versión 6.0. Se analizaron 5 matrices de datos:

- (1) una matriz que contiene únicamente las abundancias de los organismos del zooplancton por estación, sin tomar en cuenta las larvas de peces,
- (2) una matriz que incluye el total de organismos del zooplancton y el total larvas de peces incluyendo las larvas de los peces pelágicos menores,
- (3) una matriz del total de larvas de peces por estación, incluyendo a los pelágicos menores,
- (4) una matriz de la abundancia de las larvas de peces pelágicos menores por estación, y
- (5) especies de larvas de peces por estación, contenidas dentro del complejo sur definido por Aceves-Medina (2003), para el Golfo de California, mas las especies de larvas de peces más abundantes.

A todas las matrices les fueron retiradas las especies que presentaron menos del 5% de abundancia relativa. Cada matriz principal fue transformada a  $\log(x + 1)$ , mientras que las matrices secundarias se estandarizaron utilizando la relativización general:  $(X_{ij}/((\sum X_j^*p)^{1/p}))$  donde  $X_{ij}$  es igual al valor en el renglón  $i$  y la columna  $j$  y  $p$  es igual a 1. La matriz secundaria estuvo constituida por 10

variables, de las cuales 5 fueron categóricas, e incluyó un total de 78 estaciones que incluían a los dos años juntos. Las variables ambientales fueron: temperatura a 10 metros de profundidad, salinidad a 10 metros de profundidad, volumen de biomasa, concentración de clorofila-*a* y densidad. Mientras que las categóricas fueron: temperatura menor a 18.00 °C, de 18.00° a 21.00 °C y mayores de 21.00 °C; profundidad de la estación (mayor y menor a 200 m de profundidad), grupo de estaciones (siguiendo el método de Ward: Grupo norte, costero y sur para 2005; y grupo norte, transicional y sur para el 2006); biomasa zooplanctónica, según el volumen (de 0 - 64 ml/100m<sup>3</sup>, 65 – 256 ml/100m<sup>3</sup> y 257 – 1024 ml/100m<sup>3</sup>); y año (2005 y 2006).

## **RESULTADOS**

### **Características hidrográficas de la región centro y sur del golfo de California con base en registros de CTD.**

#### **Temperatura y salinidad**

Los registros de CTD de temperatura a 10 metros de profundidad, durante los meses de marzo de ambos años, muestran una distribución relacionada con el patrón de circulación anticiclónica que se presenta en el golfo hacia finales del periodo frío, mostrando un flujo de entrada de aguas cálidas por la costa peninsular del golfo y un flujo de salida de agua relativamente más fría por el lado de la costa continental. Las temperaturas más elevadas fueron registradas durante marzo de 2005 con un intervalo de entre 19.00 °C y 22.00 °C, con un promedio de 20.46 °C. El máximo se registró en las estaciones situadas en la entrada del golfo con 22.18 °C. Las temperaturas más bajas se registraron en las estaciones más norteñas, con un mínimo de 19.17 °C (Figura 3a). En cambio, durante marzo de 2006, el intervalo de temperaturas varió entre 17.00 °C y 22.00 °C, con promedio de 19.45 °C. El máximo y el mínimo de temperatura se registraron, al igual que durante marzo de 2005, en las estaciones en la entrada del golfo con 22.16 °C y al norte con 17.50 °C respectivamente. Durante marzo de 2006 en la mayoría de las estaciones se registraron temperaturas menores a los 20.00 °C (Figura 3b).

El intervalo de variación de la salinidad fue de 34.20 a 36.00 durante marzo de 2005, las concentraciones más elevadas se localizaron en la región oceánica hacia el centro de la red de estaciones, mientras que la salinidad más baja fue registrada en la costa peninsular frente a Los Frailes (Figura 4a). En marzo de 2006 se obtuvieron valores máximo y mínimo de 34.6 y 35.3, respectivamente. La mayoría de las estaciones se situaron dentro de un intervalo de 35.10 a 35.40, las salinidades más bajas para este crucero se ubicaron en las estaciones más al sur (Figura 4b). La diferencia de salinidad para marzo de 2005 fue de 1.80, mientras que para marzo de 2006 fue de apenas 0.70 unidades.

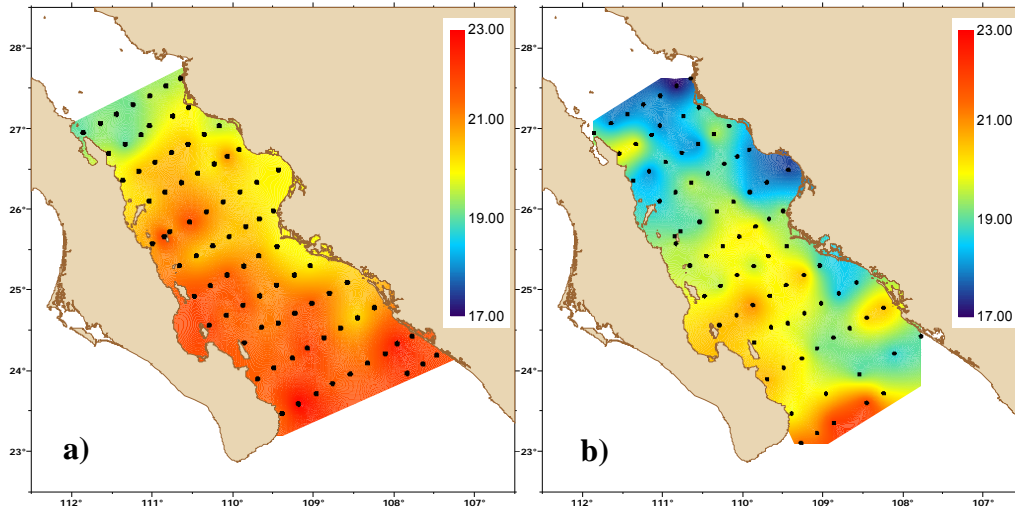


Figura 3. Distribución de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) del mar a 10 metros de profundidad, durante marzo de 2005 (a) y durante marzo de 2006 (b).

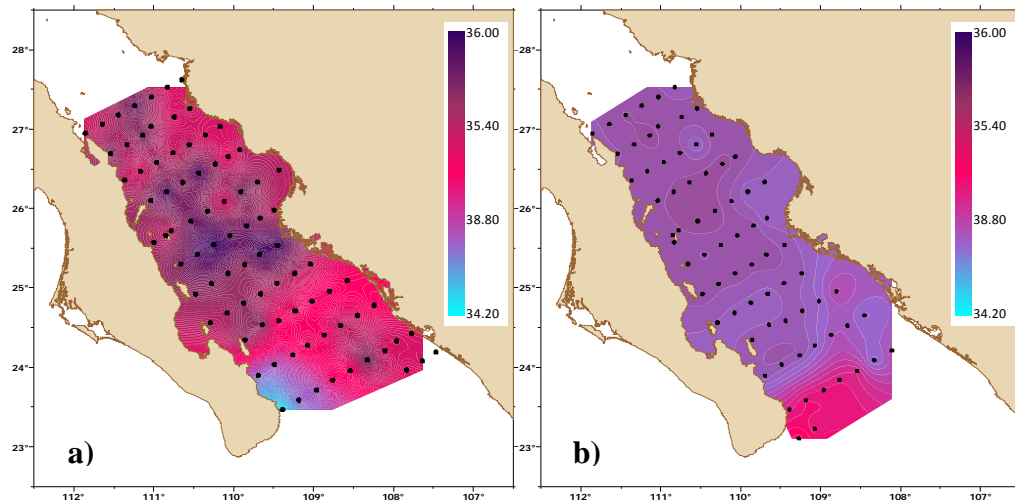


Figura 4. Distribución de la salinidad a 10 metros de profundidad durante marzo de 2005 (a) y durante marzo de 2006 (b).

### Termoclina

La termoclina mostró un hundimiento durante marzo de 2005, como se puede apreciar en los transectos P, U y X (Figura 5), que presentaron un hundimiento hacia el centro de la trayectoria:

- Transecto P. Termoclina menos profunda del lado de la península (~50 m) y un hundimiento en la parte más oceánica (~80 m).



- Transecto U. Termoclina poco profunda en la costa continental (~30 m). La segunda estación próxima a la costa peninsular registro una mayor profundidad de la termoclina (~120 m), mientras que el resto se mantuvieron a la misma profundidad (~100 m).
- Transecto X. Evidente hundimiento de la termoclina en la parte media de la trayectoria (~140 m). Menos profunda en ambas costas (~50 m).

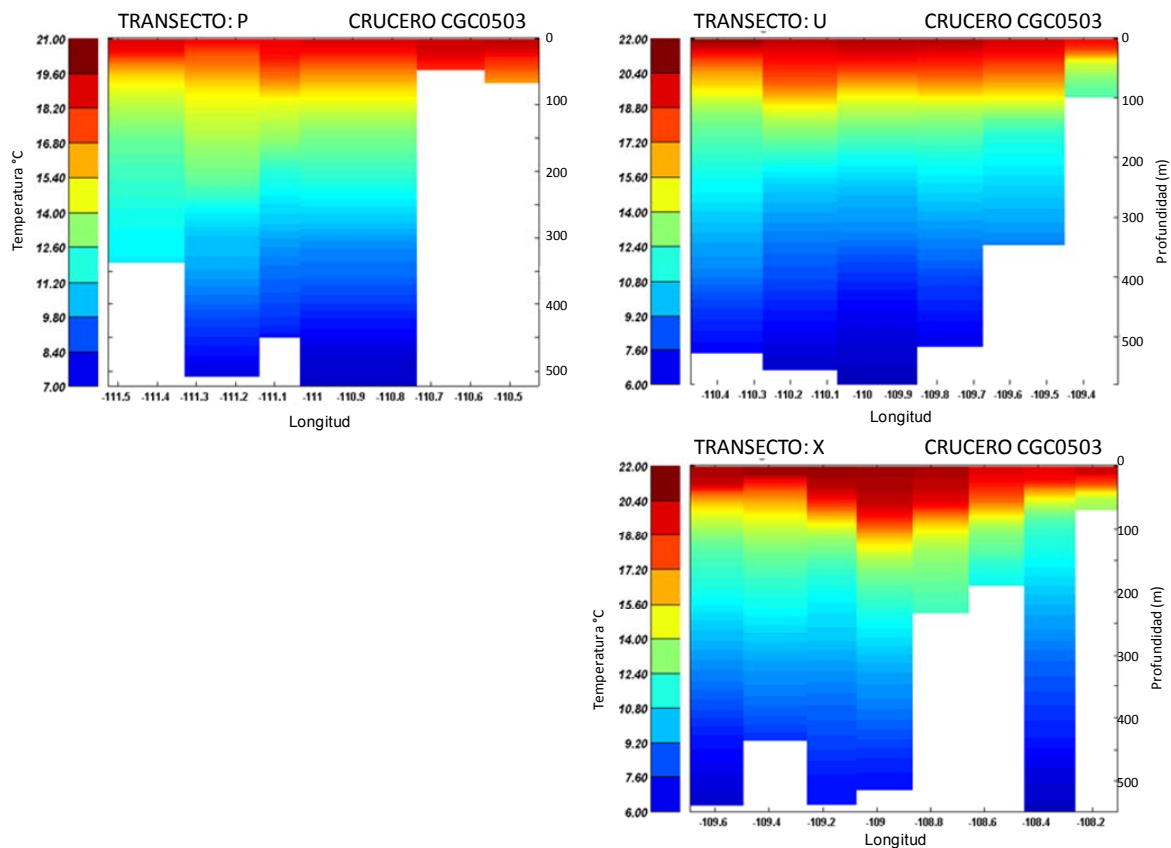


Figura 5. Termoclina (en amarillo, ~14°-15 °C) calculada a partir de datos de los transectos P, U y X, durante marzo de 2005. Las secciones van de la parte de la Península de Baja California (Izquierda) a la parte continental (derecha).

Durante marzo de 2006 el comportamiento de la termoclina diferente al año anterior, para este crucero se calculó la profundidad de la termoclina de los transectos O, S, U y X (Figura 6):

- Transecto O. Termoclina poco profunda en el centro del transecto (~40 m) con hundimiento en ambas costas (~50 m).
- Transecto S. En forma de “S”, siendo poco profunda del lado de la costa continental (~25 m) y hundiéndose del lado peninsular (~100 m), volviéndose de nuevo menos profunda cercana a la costa de la península (~70 m).
- Transecto U. En forma de domo, con un mayor hundimiento en los extremos (~60 m) y menos profunda en la parte central (~50 m).
- Transecto X. Similar al transecto S, de igual manera en forma de “S”, menos profunda del lado este (~25 m), hundiéndose más hacia el lado de la península (~100 m).

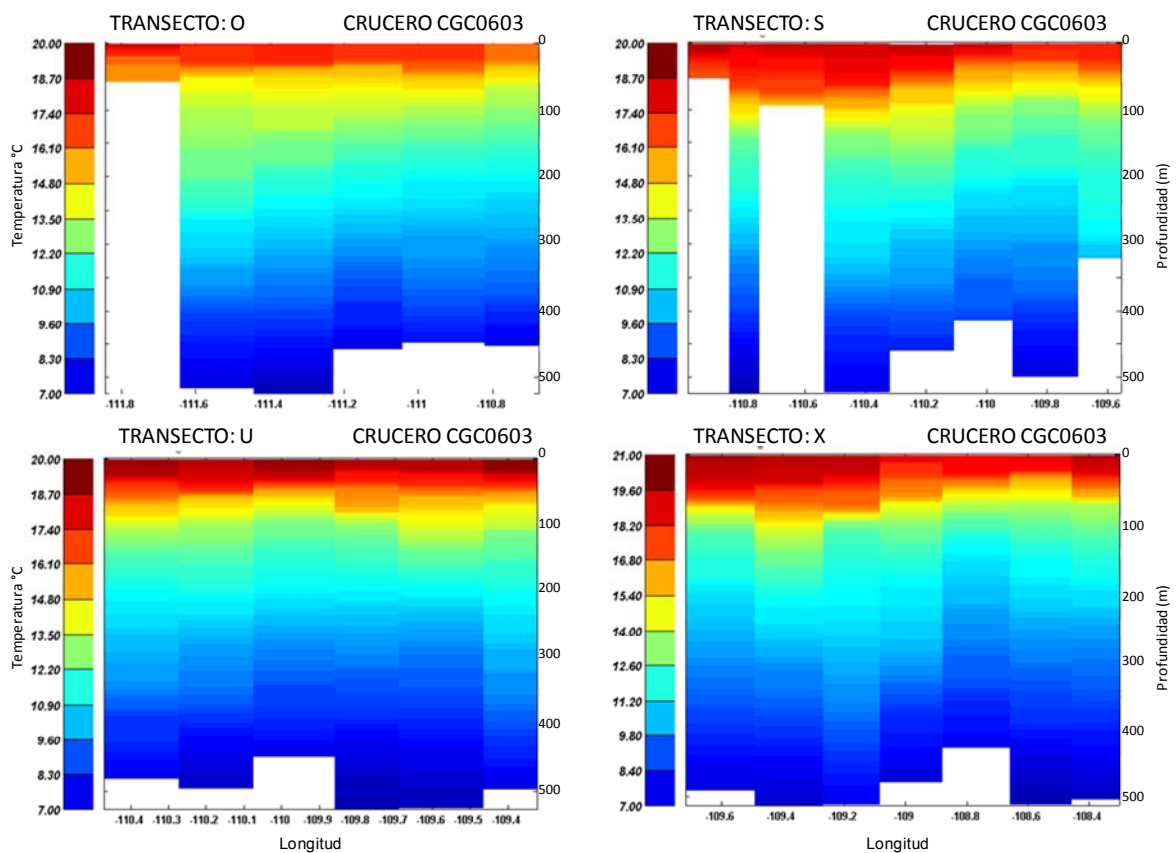


Figura 6. Termoclina (en amarillo,  $\sim 14^{\circ}$ - $15^{\circ}$  °C) calculada a partir de datos de los transectos O, S, U y X, durante marzo de 2006. Las secciones van de la parte de la Península de Baja California (Izquierda) a la parte continental (derecha).

## Imágenes satelitales: temperatura superficial del mar y concentración de clorofila-a

### Temperatura

La distribución espacial de la temperatura tomada *in situ* mostró un patrón similar a las obtenidas en las imágenes de satélite. En 2005 se registraron temperaturas de 20.00°-21.50 °C cubriendo la mayor parte del área de estudio, con las máximas en la boca del golfo (22.18 °C) y las mínimas en la parte norte de la red de estaciones, frente a Bahía Concepción (19.17 °C) (Figura 7a). Durante el 2006 las temperaturas más bajas se registraron en la parte más norteña (17.58 °C), restringiendo la distribución de temperaturas mayores a los 20°C a la región de la boca del golfo (Figura 7b). Mediante estas imágenes de temperatura, se detectó la presencia de un giro ciclónico a la altura de Topolobampo, Sinaloa.

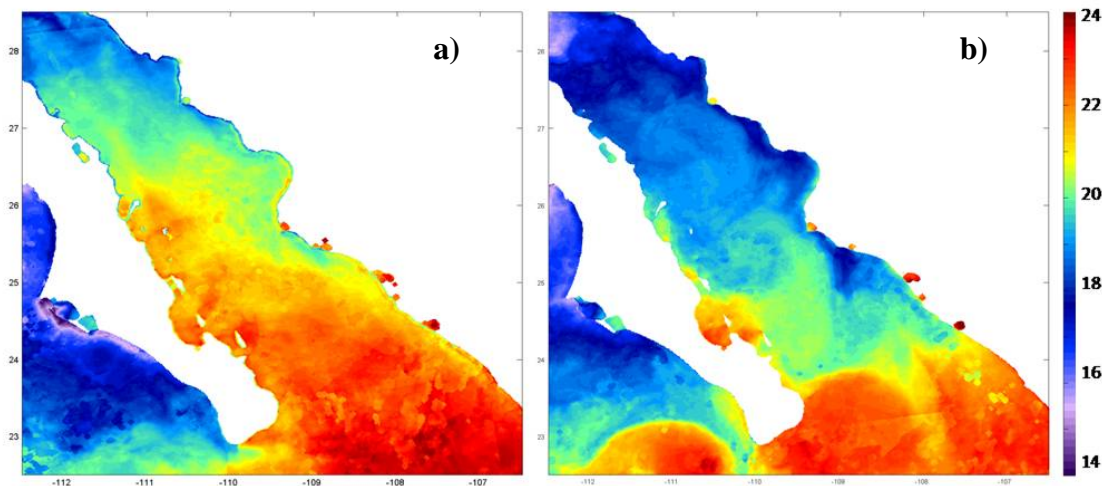


Figura 7. Imágenes de satélite (Aqua-MODIS) de la temperatura superficial del mar en el centro y sur del Golfo de California; promedio del 25 de febrero al 12 de marzo de 2005 (a) y del 02 al 13 de marzo de 2006 (b).

### Concentración de Clorofila-a

De manera general los valores más altos de clorofila se presentaron en estaciones costeras y asociados a temperaturas bajas en ambos años, con un promedio de 1.36 mg/m<sup>3</sup> en marzo de 2005 y de 1.83 mg/m<sup>3</sup> durante marzo de 2006. Durante marzo de 2005 las mayores concentraciones se localizaron hacia el norte y principalmente sobre la costa continental (9.46 mg/m<sup>3</sup>), observándose

lenguas que se extienden hacia áreas oceánicas. Los valores bajos se localizaron hacia el área de la boca de golfo ( $0.18 \text{ mg/m}^3$ ), principalmente sobre la costa peninsular. Durante el segundo crucero (2006) aun que promedio fue mayor, el valor más elevado fue de  $9.21 \text{ mg/m}^3$ . Las mayores concentraciones se extendieron a lo largo de ambas costas. En la imagen satelital, los valores máximos se localizaron en la costa continental. En ambos cruceros se observa un gradiente costa-océano y la posible presencia de un giro de mesoescala durante marzo de 2005. La distribución de la clorofila concuerda con el gradiente de temperatura, coincidiendo las estaciones en las que se registraron los valores más bajos de clorofila a con las estaciones donde se registraron las mayores temperaturas (Figura 8).

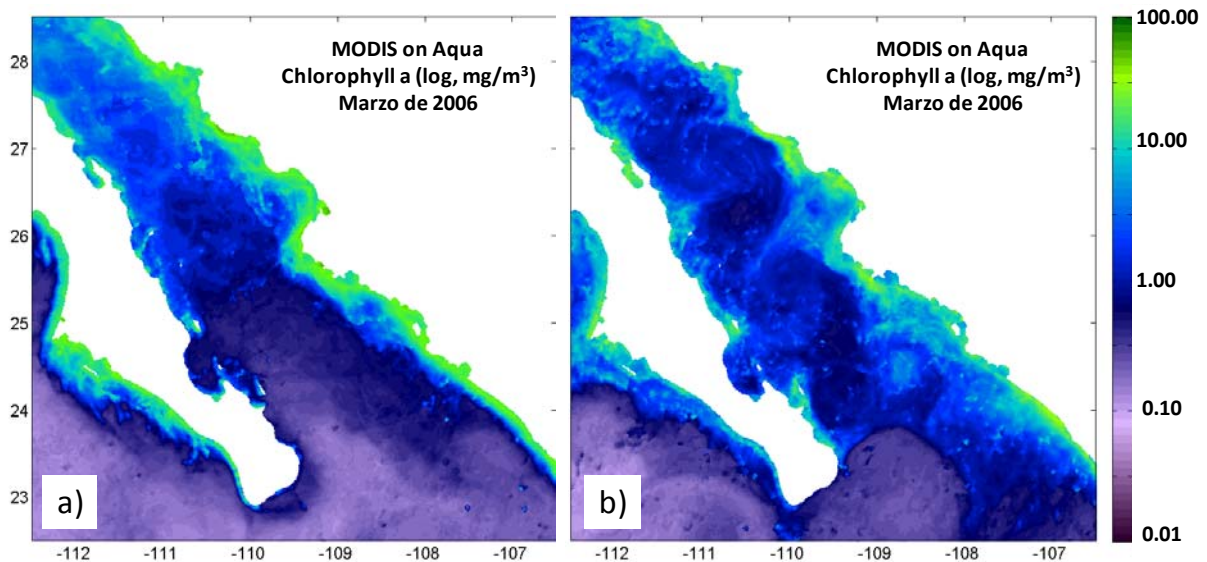


Figura 8. Imágenes de satélite (Aqua-MODIS) de la concentración de clorofila en el centro y sur del Golfo de California; durante marzo de 2005 (a) y marzo de 2006 (b).

### Patrones de distribución de la biomasa

La biomasa zooplanctónica osciló entre  $11.00$  a  $728.60 \text{ ml/1000 m}^3$  durante marzo de 2005, con un promedio de  $214.80 \text{ ml/1000 m}^3$ , y el 56% de las estaciones presentaron menos de  $200 \text{ ml/1000 m}^3$ . Los valores máximos se registraron al norte de la red de estaciones y en la región central. También se registró un núcleo en la boca del golfo frente a Mazatlán, Sinaloa ( $411.80 \text{ ml/1000}$

m<sup>3</sup>). Los valores mínimos de biomasa (11.00 ml/1000 m<sup>3</sup>) se encontraron en la boca del golfo en las estaciones más cercanas a la costa de la península (Figura 9a). En 2006 los valores mínimo y máximo del volumen de biomasa fueron mayores a los registrados en el año previo (80.7 y 802.6 ml/1000m<sup>3</sup>, respectivamente), con un promedio de 363 ml/1000 m<sup>3</sup>. En este año la biomasa presentó una distribución más homogénea, donde el 90% de las estaciones registraron valores superiores a 256 ml/1000 m<sup>3</sup>. Los valores mínimos se localizaron en la zona de la boca hacia la parte continental, mientras que los máximos se registraron en las zonas más oceánicas a la altura de Punta Pescadero al sur y al norte a la altura de Bahía Concepción (Figura 9b).

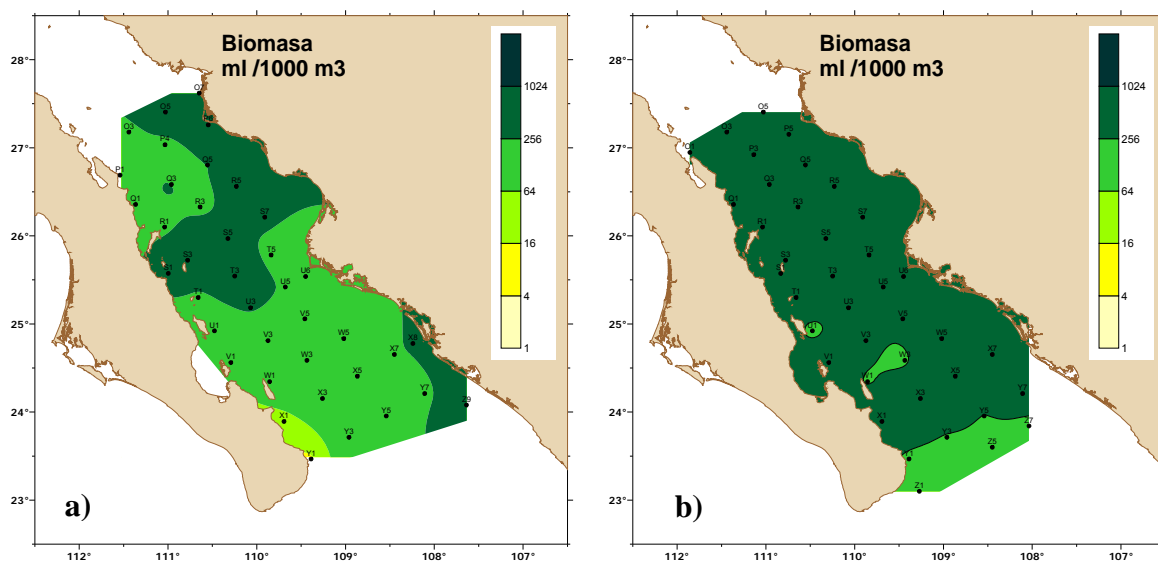


Figura 9. Distribución del volumen de biomasa zooplanctónica durante marzo de 2005 (a) y 2006 (b).

### Grupos de zooplancton

En el crucero de marzo de 2005 se registraron un total de 35 grupos del zooplancton, de los cuales solo 18 tuvieron más del 0.10% de abundancia relativa (Figura 10). Los cuatro grupos que aportaron el 90% de la abundancia total fueron: los copépodos que contribuyeron con el 46.00%, seguido de los quetognatos (27.00%), radiolarios (12.29%) y los eufáusidos (5.52%). Los ostrácodos, sifonóforos, decápodos y cladóceros aportaron entre el 1.70 y 1.20%

del total. El resto de los grupos representaron menos del 3% del total del número de organismos.

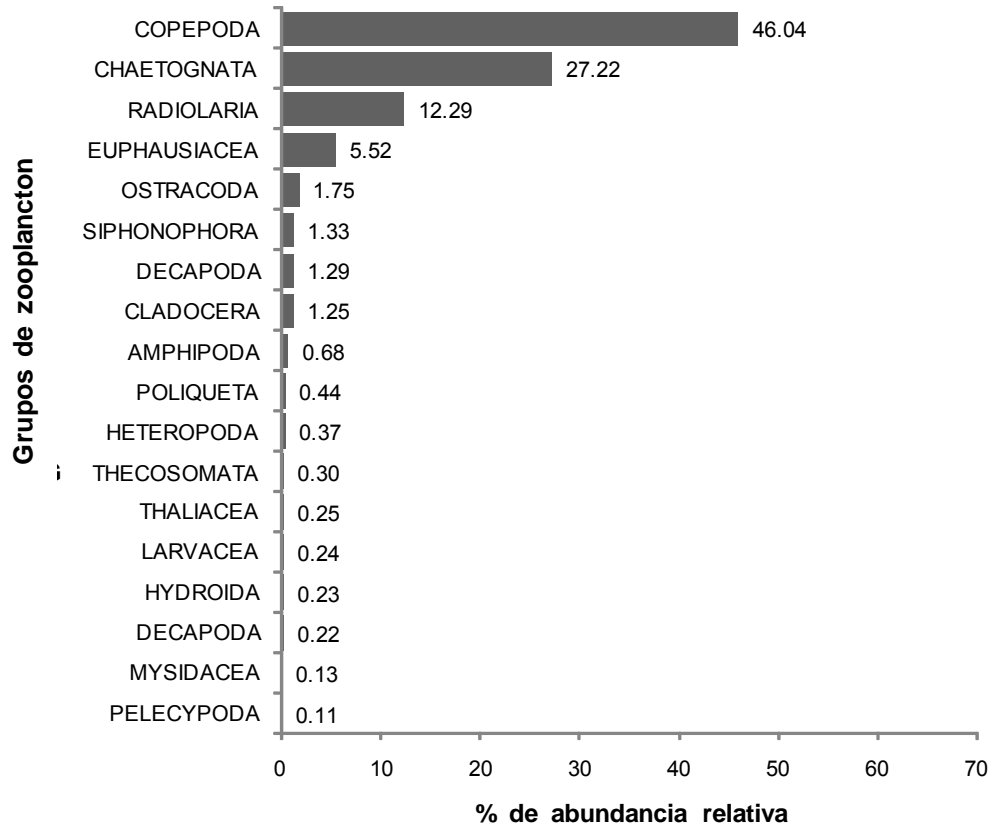


Figura 10. Abundancia relativa de los grupos de zooplancton más importantes durante marzo de 2005.

Durante marzo de 2006 fueron 14 los grupos que registraron más del 0.10% de abundancia y cinco los que aportaron el 90% de la abundancia total, los copépodos contribuyeron con un 63.52%, seguido de los quetognatos (10.59%), eufáusidos (7.93%), taliáceos (7.82%) y los sifonóforos (2.11%). El resto de los grupos sumaron el 7.43% de la abundancia total. Durante este crucero los copépodos presentaron un 17.48% más en términos de abundancia relativa que en marzo de 2005 (Figura 11).

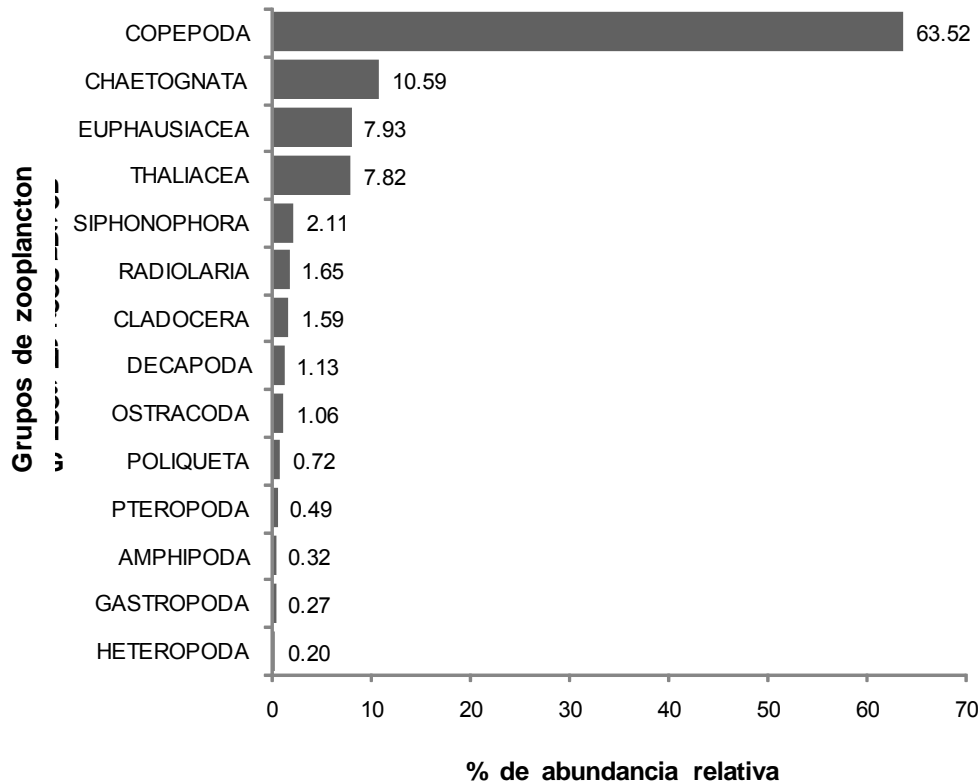


Figura 11. Abundancia relativa de los grupos de zooplancton más importantes durante marzo de 2006.

### Distribución de grupos de zooplancton (marzo 2005)

En general, las mayores abundancias de los cuatro grupos principales de zooplancton (Copépodos, quetognatos, radiolarios, eufáusidos), que en conjunto aportaron la mayor proporción a la biomasa zooplanctónica (90%), se distribuyeron hacia la región norte, con tendencia hacia el lado continental, estos se presentaron en todas las estaciones de muestreo (Figura 12). De manera particular, los copépodos presentaron abundancias muy altas (50,001-500,000 org/1000 m<sup>3</sup>) hacia el norte y centro del área de estudio (Figura 12a). Se presentaron abundancias medias en la costa peninsular (501-5,000 org/1000 m<sup>3</sup>). Los quetognatos presentaron abundancias altas (5,001-50,000 org/1000 m<sup>3</sup>) en la mayor parte del área de estudio y dos núcleos de abundancias muy altas, uno situado en dos estaciones norteñas y otro en la región central (figura 12b). Los valores más altos de la abundancia de radiolarios se distribuyeron hacia la región

norte partiendo de la parte central de la red de estaciones y las menores abundancias (51-500 org/1000 m<sup>3</sup>) se registraron en la región sur con tendencia a disminuir hacia la costa peninsular (Figura 12d). Los eufáusidos presentaron sus valores máximos en la región central y un núcleo hacia la región más sureña del lado de la costa continental (Figura 12c).

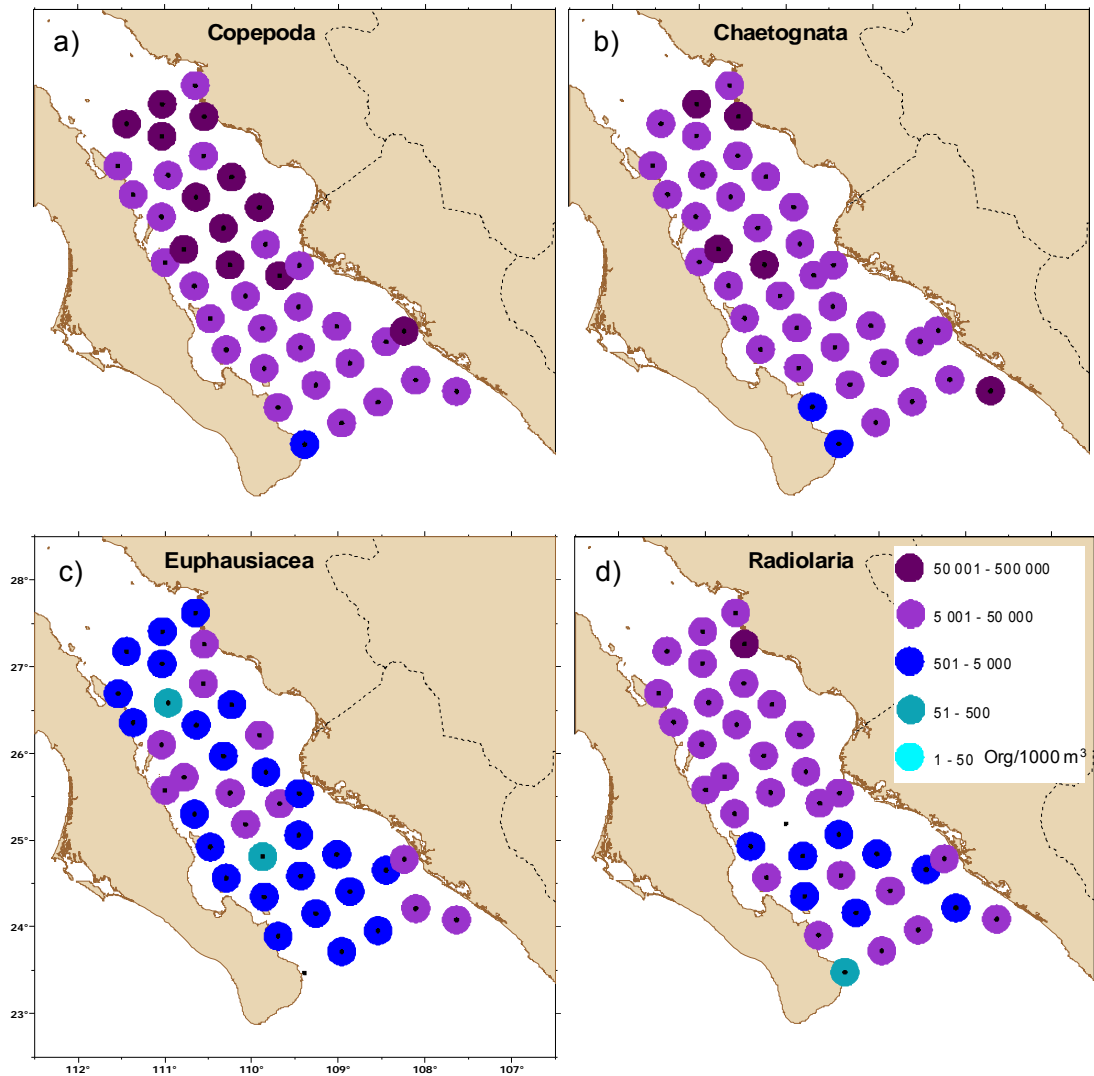


Figura 12. Distribución y abundancia de los grupos del zooplancton que aportaron más del 90% de la abundancia total durante marzo de 2005.



### **Distribución de grupos de zooplancton (marzo 2006)**

Los grupos que contribuyeron a la mayor proporción de biomasa y que en conjunto sumaron el 90% de la abundancia durante marzo de 2006 fueron copépodos, quetognatos, eufáusidos, tiliáceos y sifonóforos (Figura 13). Los grupos estuvieron bien distribuidos a lo largo de la red de estaciones. Los copépodos presentaron una distribución más homogénea, en comparación con el anterior marzo, con abundancias muy altas a lo largo de la red de estaciones ( $50\,001-500\,000$  org/1000 m<sup>3</sup>) y principalmente en la zona más oceánica, presentado núcleos de abundancia media ( $5\,001-50\,000$  org/1000 m<sup>3</sup>) en la parte más cercana a la costa de Bahía Concepción al norte y en la parte más sureña en el área de la boca del golfo frente a Los Frailes y frente a la costa sinaloense (Figura 13a). Los quetognatos se encontraron de igual manera bien representados en la mayor parte del área, mostrando dos picos de abundancia muy alta, uno frente a la Bahía de Mazatlán en la boca del golfo y el otro hacia la costa peninsular en el centro del área de muestreo (Figura 13b). Los eufáusidos registraron un pico de baja abundancia ( $51-500$  org/1000 m<sup>3</sup>) frente a Bahía Santa María en Sinaloa, y dos núcleos de abundancias muy altas frente a Bahía Lobos y al sur cercanos a la costa continental (Figura 13c). Los taliáceos presentaron densidades muy bajas ( $1-50$  org/1000 m<sup>3</sup>) hacia la boca del golfo, y un núcleo de baja abundancia frente a Bahía Concepción (Figura 13e). Los sifonóforos registraron abundancias medias en la mayoría de las estaciones y altas abundancias en el centro de la zona de estudio (Figura 13d).

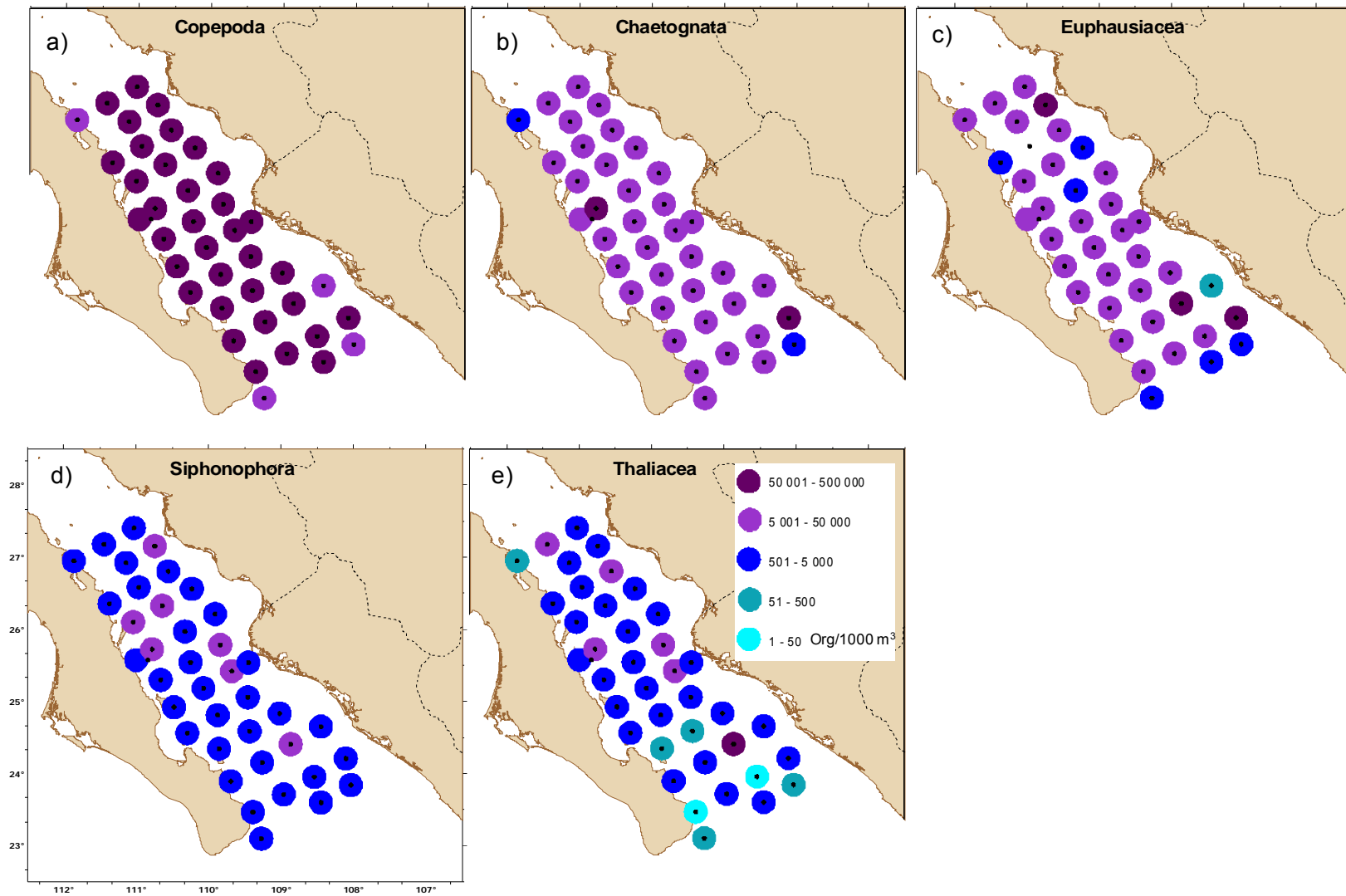


Figura 13. Distribución y abundancia de los grupos del zooplancton que aportaron más del 90% de la abundancia total durante marzo de 2006.

### **Abundancia de larvas de peces**

Para ambos cruceros se analizaron 39 muestras, en 2005 se extrajeron 2858 larvas (abundancia absoluta) de peces distribuidas en 72 géneros y agrupadas en 37 familias y 50 especies (Tabla 3), de las cuales solo nueve superaron el 1% de la abundancia total. Siete especies contribuyeron con el 91% de la abundancia total, siendo dominantes *Vinciguerria lucetia*, *Diogenichthys laternatus* y *Engraulis mordax* (73.3% de la abundancia total) (Figura 14a). En 2006 se obtuvieron 1295 larvas de peces (abundancia absoluta) organizadas en 56 géneros y contenidas en 32 familias y 37 especies (Tabla 4). 33 especies y familias tuvieron valores superiores a 0.1% de la abundancia total y el 90% fue aportado por 9 especies, siendo las más abundantes *Vinciguerria lucetia*, *Diogenichthys laternatus* y *Leuroglossus stilbius* (57.72% de la abundancia total), Figura 14b.

### **Abundancia y distribución de peces pelágicos menores**

En el ictioplancton registrado durante marzo de 2005, se presentaron las larvas de 9 especies de peces pelágicos menores, las cuales representaron el 19.14% de la abundancia total de ictioplancton. De estas, las más abundantes fueron *Engraulis mordax* y *Scomber japonicus*, las cuales representaron el 92% de la abundancia de las larvas de peces pelágicos menores (Figura 15). Mientras que durante marzo de 2006, las especies de pelágicos menores fueron menos. No obstante, las 7 especies de larvas de peces pelágicos menores aportaron un 31.5% de la abundancia total del ictioplancton. Las especies más abundantes fueron *Sardinops sagax* y *Scomber japonicus*, con un aporte del 58.2% (Figura 15). En este crucero, a diferencia de marzo de 2005, *Engraulis mordax* tuvo una menor incidencia representando solo el 6.72% de la abundancia de larvas de peces pelágicos menores.

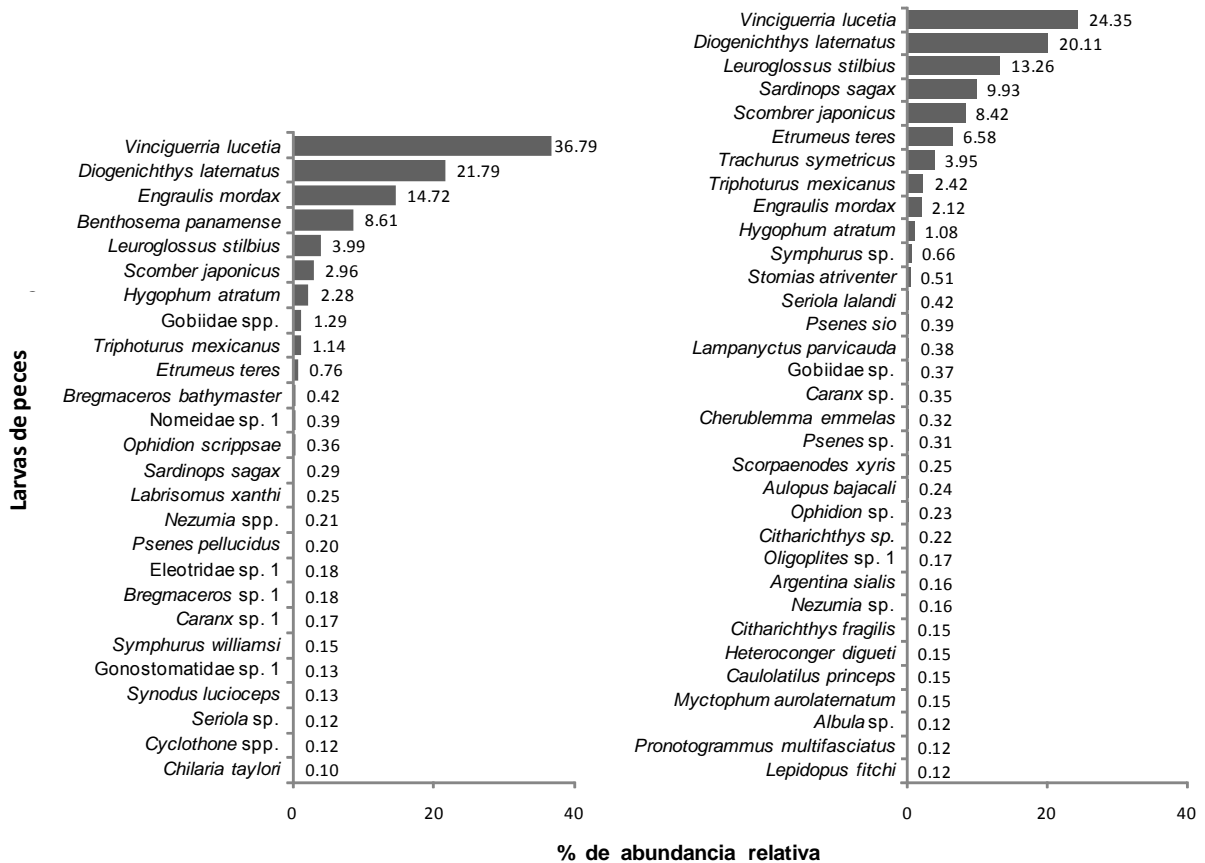


Figura 14. Abundancia relativa de las principales especies de larvas de peces, marzo de 2005 (a) y 2006 (b).

La distribución de la abundancia de larvas de peces pelágicos menores durante marzo del 2005 se muestra en las figuras 16 y 17 respectivamente. Durante marzo de 2005 las especies más abundantes y frecuentes fueron *Engraulis mordax* y *Scomber japonicus*, las cuales se distribuyeron desde Topolobampo hacia la región norte del área de estudio, y en dos estaciones al sur frente a la costa continental. *E. mordax* presentó abundancias muy bajas en la mayoría de las estaciones (1-50 org/1000 m<sup>3</sup>) con un núcleo de abundancia baja (51-500 org/1000 m<sup>3</sup>) cerca de a) El Carmen y abundancia media (1-5000 org/1000 m<sup>3</sup>) en una estación norteña frente a la Bahía de Guaymas. *Scomber japonicus* se distribuyó de forma semejante a *E. mordax*, registrando abundancias

bajas en dos núcleos al sur, frente a las Bahías Santa María y La Guadalupana en Sinaloa (figura 16). No se presentó ninguna de las dos especies en las estaciones donde se registraron temperaturas cálidas ( $>20.00$  °C). *Etrumeus teres* y *Sardinops sagax* se presentaron en las estaciones al sur de Isla El Carmen, cercanas a las costas de Baja California, donde se registraron las temperaturas más cálidas. El resto de las especies de larvas de peces pelágicos menores fueron muy escasas, presentándose en menos de tres estaciones y con abundancias bajas (Figura 17).

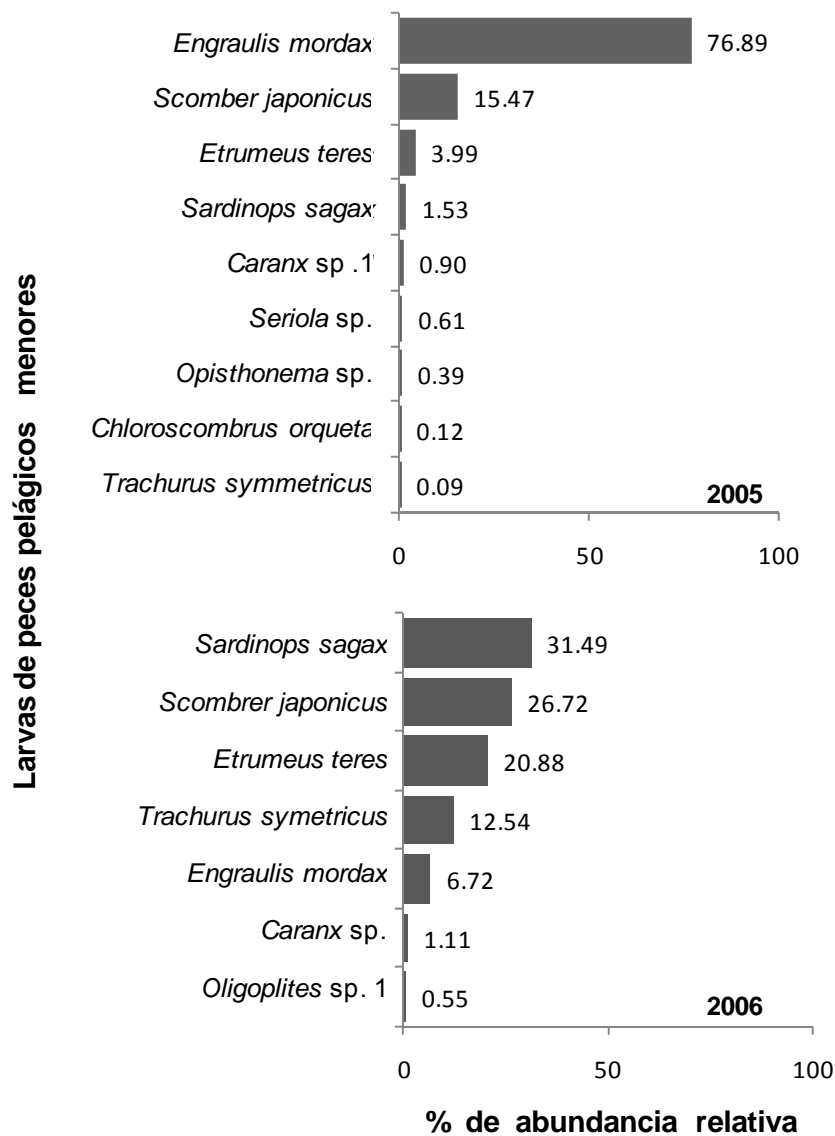


Figura 15. Abundancia relativa de larvas de las especies de peces pelágicos menores, marzo de 2005 (a) y 2006 (b).

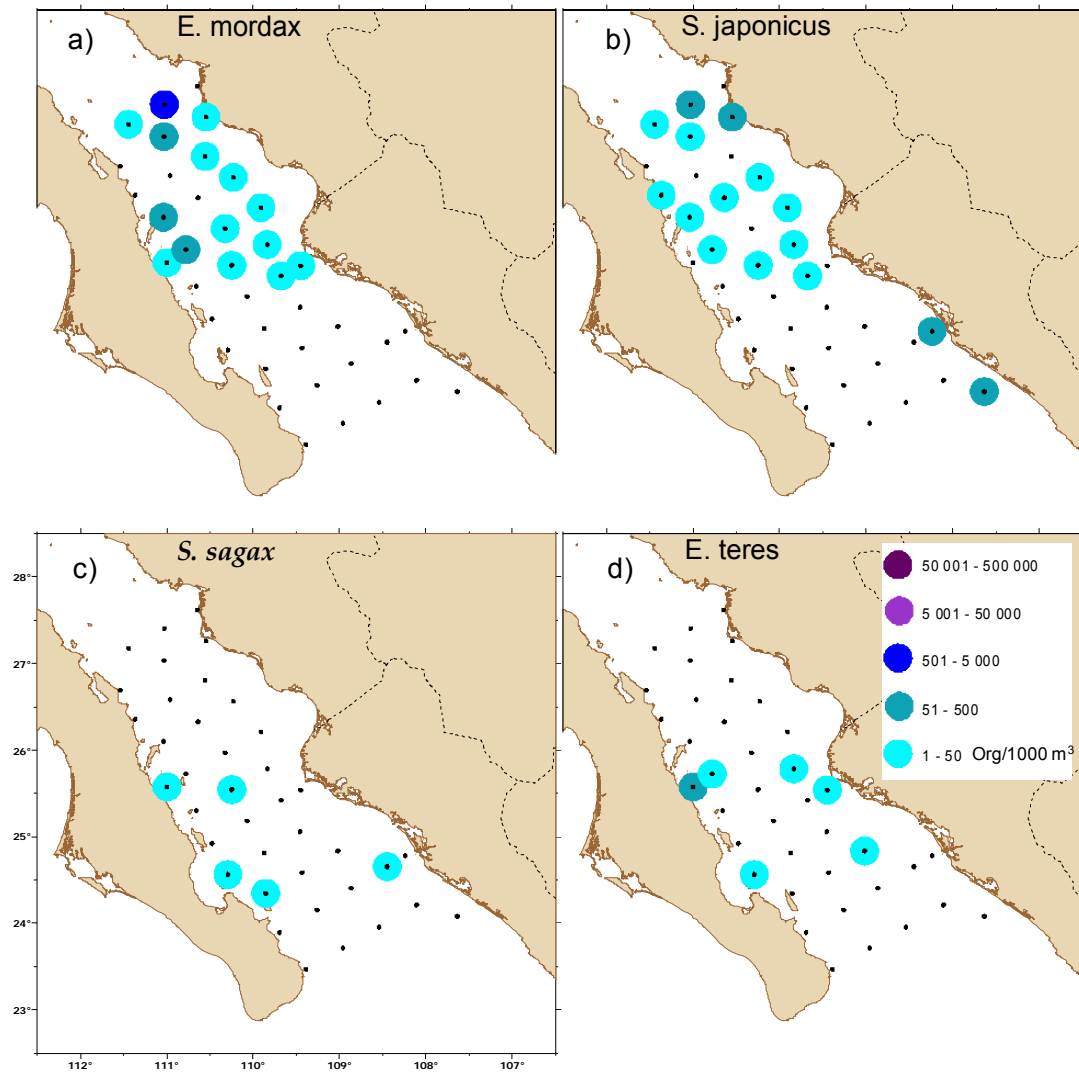


Figura 16. Distribución y abundancia de larvas de las especies de peces pelágicos menores (marzo de 2005).

Durante el segundo crucero (marzo de 2006) se registró un menor número de larvas en comparación con marzo de 2005. *Sardinops sagax* presentó una distribución más amplia, a diferencia de lo observado durante marzo de 2005, encontrándose desde la zona oceánica frente a Isla Cerralvo hasta el norte del área de estudio con un núcleo de abundancia baja (51-500 org/1000 m<sup>3</sup>) al centro del área. *Scomber japonicus* presentó la misma distribución coincidiendo sus abundancias bajas en el centro del área de estudio, con las de *S. sagax*. *Trachurus symmetricus* fue más abundante y frecuente que en marzo de 2005

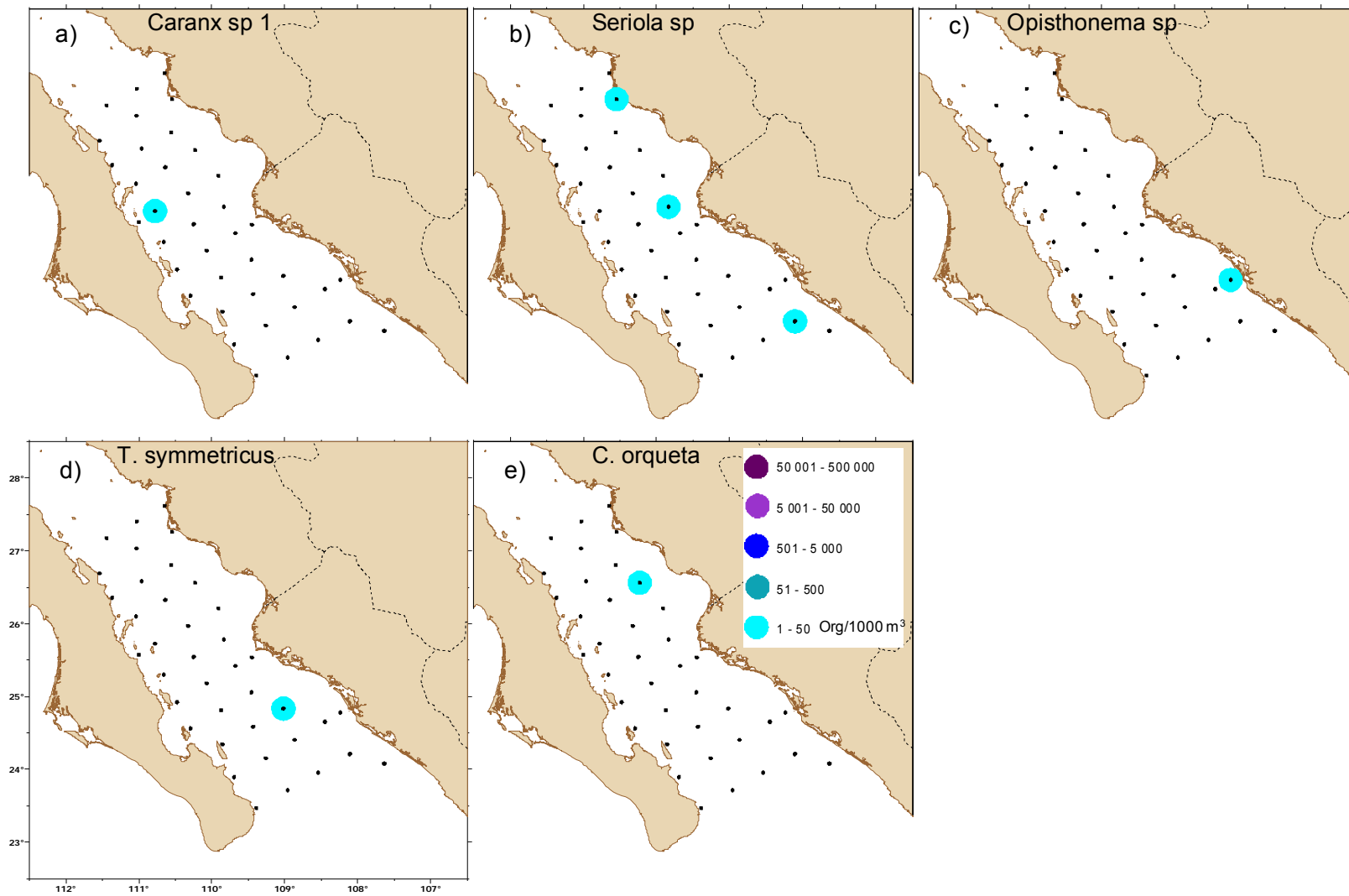


Figura 17. Distribución y abundancia de larvas de las especies de peces pelágicos menores (marzo de 2005).

con un núcleo de baja abundancia en las estaciones más norteñas a la altura de Bahía Concepción. *Engraulis mordax*, que fue la más abundante durante marzo de 2005 (76.9%), durante marzo de 2006 tan solo representó el 6.72% de la abundancia de peces pelágicos menores, sin embargo su distribución es la misma (Figura 18). Las especies menos abundantes y frecuentes fueron *Caranx* sp. y *Oligoplites* sp. 1, las cuales se presentaron solo en una y dos estaciones, respectivamente (Figura 19).

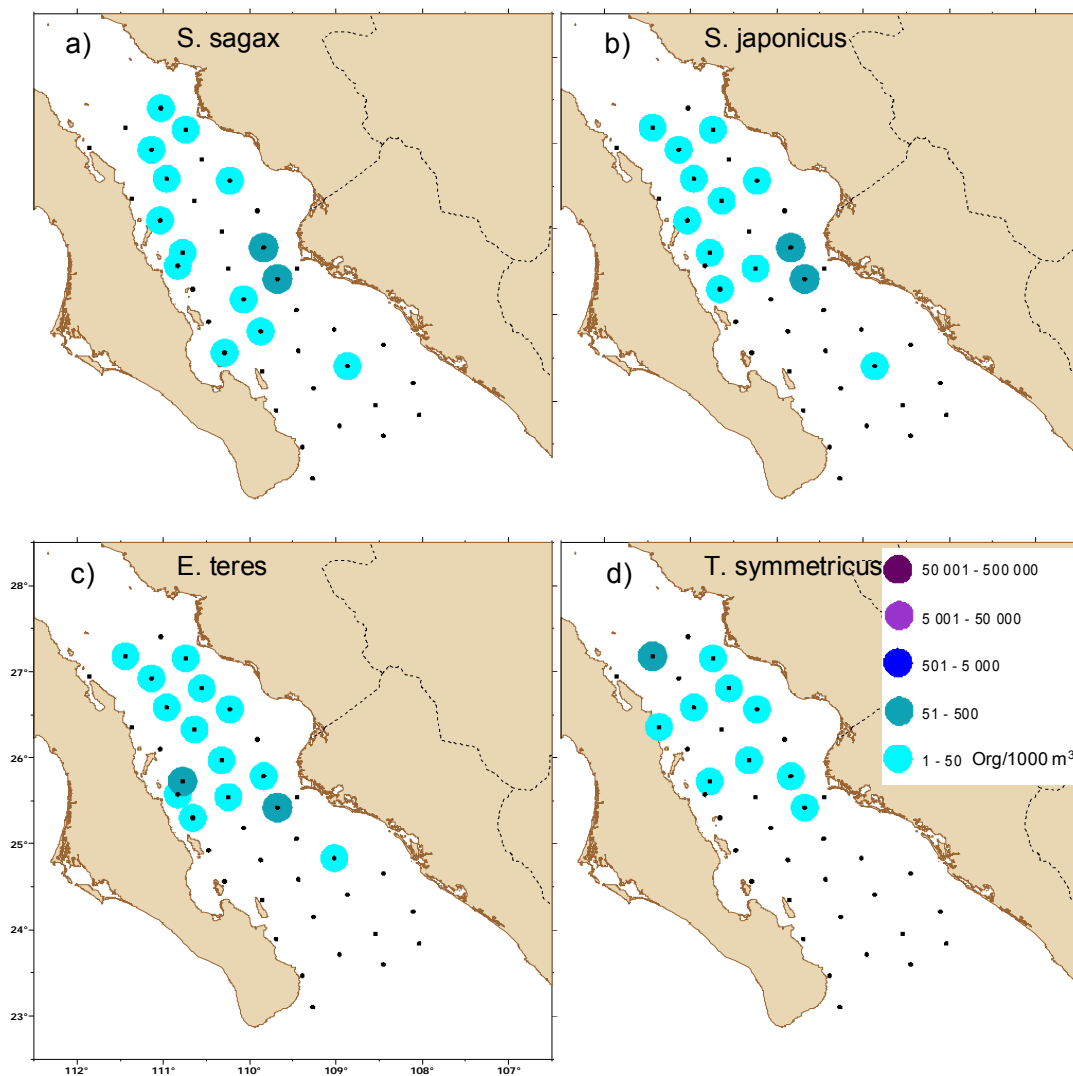


Figura 18. Distribución y abundancia de las larvas de especies de peces pelágicos menores (marzo de 2006).



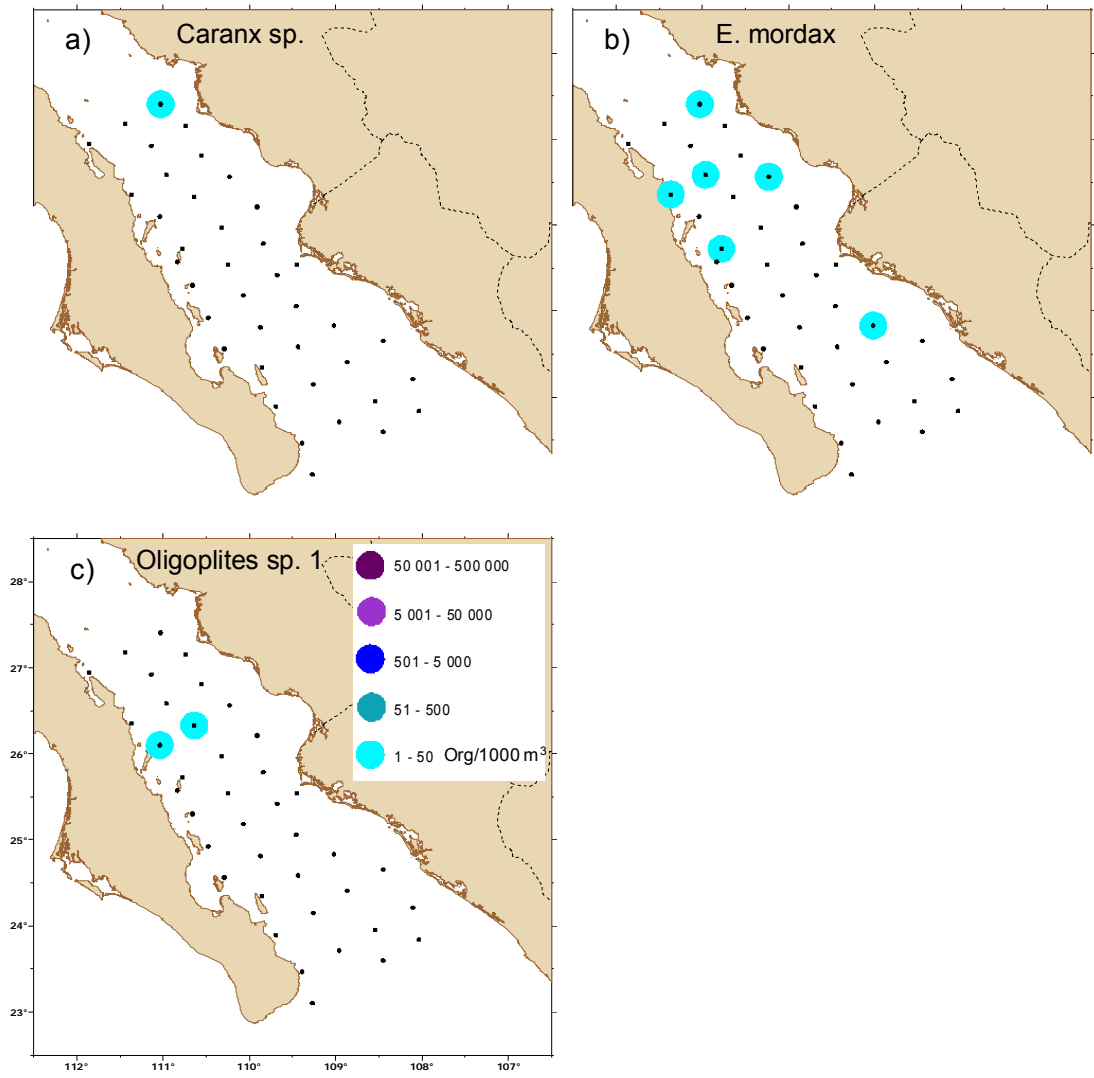


Figura 19. Distribución y abundancia de larvas de las especies de peces pelágicos menores (Marzo de 2006).

## **Caracterización del hábitat de larvas de pelágicos menores (marzo de 2005)**

### ***Engraulis mordax***

Durante marzo de 2005, *Engraulis mordax* fue el pelágico menor más abundante, con una abundancia relativa de 14.72%, presentándose en 15 estaciones de muestreo situadas al norte del área de estudio. Estas se encontraron distribuidas en un intervalo de temperatura de 19.17° a 20.94 °C, con un promedio de 20.01 °C. La salinidad varió de entre 35.40 a 36.00, con un promedio de 35.60, mientras que los valores de clorofila-a tuvieron una variación de 0.67 a 6.21 mg/m<sup>3</sup> con un promedio de 1.74 mg/m<sup>3</sup>. La biomasa del zooplancton se encontró con un intervalo de 139 a 728 ml/1000 m<sup>3</sup>, con un promedio de 305 ml/1000 m<sup>3</sup>.

### ***Scomber japonicus***

La abundancia relativa de esta especie fue de 2.96%, distribuidas en 15 estaciones, de las cuales 13 de ellas se encuentran la parte norte del área y dos en la parte sur frente a las costas de Sinaloa. El intervalo de temperatura que se presentó en estas estaciones fue de entre 19.17° a 21.40 °C, con un promedio de 20.10 °C. La salinidad fue de 35.08 a 36.01, siendo 35.5 la salinidad promedio. La variación de la concentración de clorofila fue de 0.49 a 6.21 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1.51 mg/m<sup>3</sup>; mientras que los valores de biomasa fueron de 75.70 a 728.60 ml/1000m<sup>3</sup>, con un promedio de 306.91 ml/1000m<sup>3</sup>.

### ***Etrumeus teres***

Esta especie presentó 0.76% de abundancia relativa, repartidas en 6 estaciones localizadas en el centro del área de estudio, presentando una distribución más costera; las temperaturas en estas estaciones variaron de 19.48° a 21.13 °C, con un promedio de 20.30 °C. La salinidad tuvo un intervalo de variación de 35.04 a 35.90, con un promedio de 35.60. La clorofila osciló de 0.50 a 2.66 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1.28 mg/m<sup>3</sup>. El volumen desplazado de biomasa zooplanctónica fue de 95.50 a 728.50 ml/1000m<sup>3</sup>, con un promedio de 263.60 ml/1000m<sup>3</sup>.

### ***Sardinops sagax***

Solo se obtuvo 0.29% de abundancia relativa en un total de 5 estaciones de muestreo, situadas al sur del área de estudio. La variación de la temperatura en estas estaciones fue de 19.50° a 21.40 °C, con una temperatura promedio de 20.33 °C. La salinidad se mantuvo en un intervalo de 35.20 a 36.00, con un promedio de 35.70. La concentración de clorofila tuvo una variación de 0.50 a 1.50 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 0.90 mg/m<sup>3</sup>. La biomasa presentó una variación de 95.50 a 478.99 ml/1000m<sup>3</sup>, con un promedio de 223.30 ml/1000m<sup>3</sup>.

Las especies *Caranx* sp. 1, *Ophistonema* sp., *Chloroscombus orqueta* y *Thrachurus symmetricus* solo aparecieron en una estación cada una, con abundancias relativas de entre 0.17 a 0.02%, siendo *Caranx* sp. 1 la especie más abundante y *T. simmetricus* la menos abundante. Para la especie *Caranx* sp. 1, la temperatura registrada fue de 20.90 °C, la salinidad fue de 35.40. La concentración de clorofila fue de 1.40 mg/m<sup>3</sup>, mientras que la biomasa zooplanctónica fue de 728.50 ml/1000m<sup>3</sup>. *Ophistonema* sp. presentó 0.07% de abundancia relativa en una estación frente a Bahía Santa María, en la cual se registró una temperatura de 20.60 °C, la salinidad fue de 35.00; la concentración de clorofila fue de 1.90 mg/m<sup>3</sup> y el volumen desplazado de biomasa fue de 294 ml/1000m<sup>3</sup>. De *C. orqueta* se obtuvo el 0.02%, con temperatura de 19.50 °C, salinidad de 35.50 y la clorofila presentó una concentración de 1.06 mg/m<sup>3</sup>. El volumen de biomasa zooplanctónica fue de 315.70 ml/1000m<sup>3</sup>. Y de *T. symmetricus* se obtuvo el 0.02% de abundancia relativa, la temperatura registrada fue de 21.13 °C, la salinidad fue de 35.00, la concentración de clorofila fue de 0.52 mg/m<sup>3</sup>, y la biomasa de 119.70 ml/1000m<sup>3</sup>.

## **Caracterización del hábitat de larvas de pelágicos menores (marzo de 2006)**

### ***Sardinops sagax***

*Sardinops sagax* fue la especie más abundante durante marzo de 2006, presento una abundancia relativa de 9.93%, repartida en 14 estaciones de muestreo, tuvo una distribución amplia, encontrándose en el norte y centro del área de estudio. La variación de la temperatura fue de 17.60° a 20.30 °C, con un promedio de 18.9 °C. La variación de la salinidad fue muy pequeña, el intervalo que se registró fue de 35.03 a 35.30 org/1000 m<sup>3</sup>, con un promedio de 35.22 org/1000 m<sup>3</sup>. La concentración de la clorofila fue de 0.97 a 3.24 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1.38 mg/m<sup>3</sup>. La biomasa zooplanctónica tuvo una amplia variación, de 254.90 a 802.60 ml/1000m<sup>3</sup>, con un promedio de 443.42 ml/1000m<sup>3</sup>.

### ***Scomber japonicus***

Se registro 8.42% de abundancia relativa para esta especie en la porción norte y central del área de estudio, dentro de un intervalo de temperaturas de entre 17.80° a 19.70 °C, con un promedio de 18.70 °C. La salinidad en estas estaciones varió de 35.00 a 35.30, con un promedio de 35.20. La concentración de clorofila presento un intervalo de 0.58 a 1.74 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1.17 mg/m<sup>3</sup>. La biomasa zooplanctónica que se presentó en estas estaciones osciló entre 254.90 a 802.60 ml/1000m<sup>3</sup>, con un promedio de 444.70 ml/1000m<sup>3</sup>.

### ***Etrumeus teres***

La distribución de esta especie es muy semejante a la de las dos anteriores, con 6.58% de abundancia. El intervalo de temperaturas para esas estaciones es de 17.80° a 19.70 °C, con un promedio de 18.80 °C. La salinidad presentó poca variación, de 35.10 a 35.30, con un promedio de 35.20. La concentración de clorofila varió entre 0.60 a 3.20 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1.36 mg/m<sup>3</sup>. Mientras que la biomasa zooplanctónica tuvo una variación de 254.90 a 767.90 ml/1000m<sup>3</sup>, con un promedio de 405.90 ml/1000m<sup>3</sup>.

### ***Trachurus symmetricus***

Esta especie se distribuyó en la parte norte del área de estudio, presentándose con una abundancia de 3.95%. Los intervalos de temperaturas

variaron entre 17.80° y 19.70 °C, con un promedio de 18.60 °C. La salinidad osciló entre 35.10 y 35.30, con un promedio de 35.20. La concentración de clorofila tuvo una variación de entre 0.90 a 3.90 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1.40 mg/m<sup>3</sup>. La biomasa del zooplancton presento una variación de 254.90 a 604.50 ml/1000m<sup>3</sup>, con un promedio de 365.20 ml/1000m<sup>3</sup>.

### ***Engraulis mordax***

Se obtuvo 2.12 % de abundancia relativa para esta especie, encontradas en seis estaciones, cinco de ellas en la parte norte de la red y una en la zona sur. El intervalo de temperaturas fue de 17.50° a 19.50°C, con un promedio de 18.50 °C. La salinidad vario entre 35.10 y 35.30, con un promedio de 35.20. Las concentraciones de clorofila presentaron un intervalo de 0.90 a 3.90 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 1.90 mg/m<sup>3</sup>. Mientras que la biomasa del zooplancton vario entre los valores de 254.90 a 604.50 ml/1000m<sup>3</sup>, con un promedio de 354.70 ml/1000m<sup>3</sup>.

### ***Caranx sp.***

De especie se obtuvo el 0.35 % de abundancia relativa, obtenida de una sola estación en el área más norteña. La temperatura que se registró fue de 17.50 °C y la salinidad de 35.20. La concentración de clorofila fue de 1.1 mg/m<sup>3</sup> y el volumen desplazado de biomasa fue de 329.50 ml/1000m<sup>3</sup>.

### ***Oligoplites sp. 1***

Esta especie se presentó en dos estaciones, R1 y R3, con 0.17% de abundancia relativa. La temperatura promedio fue de 18.50 °C, la salinidad de 35.20. La clorofila se registro con un promedio de 1.01 mg/m<sup>3</sup> y el volumen promedio de biomasa zooplanctónica fue de 340.60 mg/m<sup>3</sup>.

## **Análisis estadístico**

### **Análisis de grupos**

Se obtuvieron tres grupos de estaciones para cada año según el análisis de similitud entre especies de ictioplancton y grupos de zooplancton, de los cuales

dos son recurrentes, el Grupo Norte y el Grupo sur. Durante marzo de 2005 se presentó un grupo asociado a las costas el cual fue denominado Grupo Costero (Figura 20), el cual desaparece en marzo de 2006 y es sustituido por el Grupo Transicional, que se presentó solo en aguas oceánicas durante 2006 (Figura 21). En ambos años las larvas de pelágicos menores se presentaron en el grupo Norte principalmente (*Engraulis mordax*, *Scomber japonicus* en 2005 y 2006 y *Sardinops sagax*, *Etrumeus teres* y *Trachurus symmetricus* en 2006), dicho grupo se caracteriza por tener las temperaturas más bajas, en promedio 20.21 °C en 2005 y 18.63 °C en 2006; la concentración de salinidad más elevada, altas concentraciones de clorofila y los mayores volúmenes de biomasa zooplanctónica.

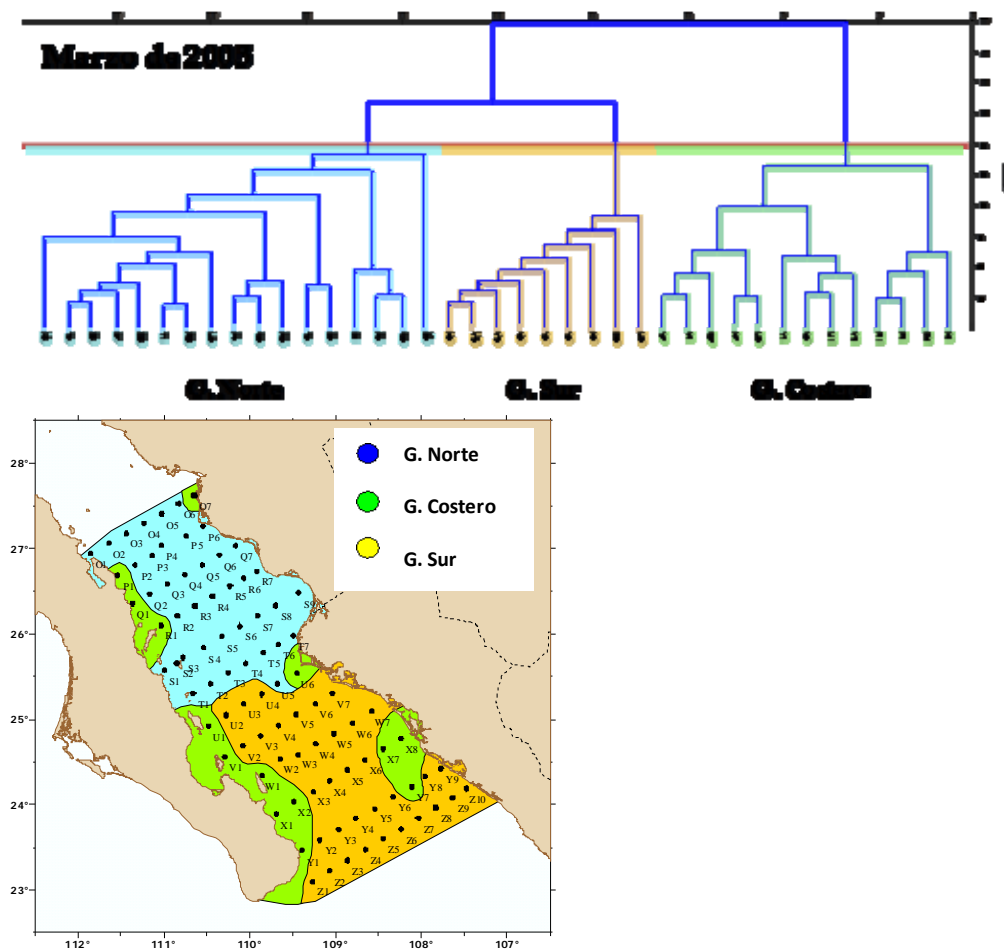


Figura 20. Dendrograma y asociaciones de zooplancton incluyendo el ictioplancton, de acuerdo al método de Ward (Marzo 2005).

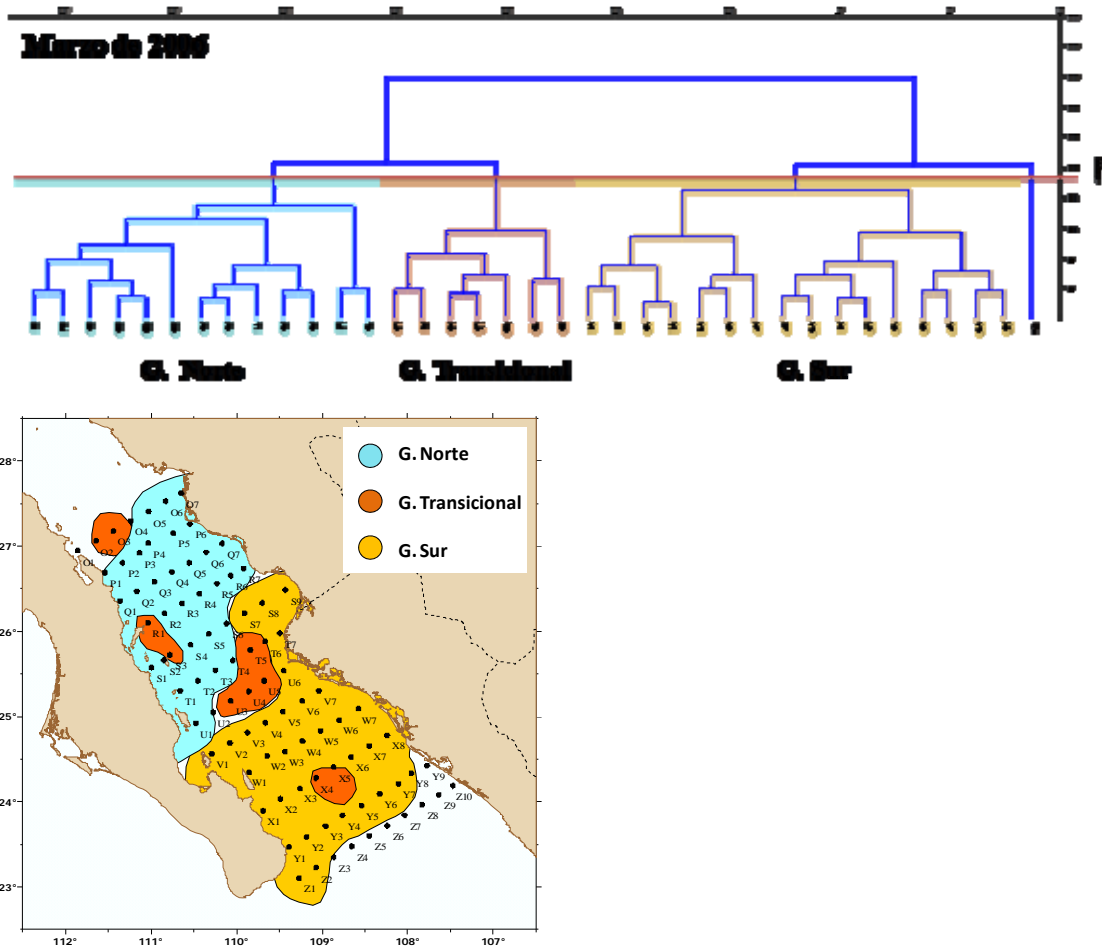


Figura 21. Dendrograma y asociaciones de zooplancton incluyendo el ictioplancton, de acuerdo al método de Ward (Marzo 2006).

### Análisis Multivariado de Escalamiento Multidimensional No-Métrico

El análisis multivariado de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (EMNM), tiene por objetivo el identificar grupos de estaciones similares entre sí, en función de las comunidades de organismos registrados, con la ventaja de que se puede relacionar simultáneamente con las variables ambientales. Este análisis linealiza la relación entre la distancia ambiental y la distancia biológica, para de esta manera, explicar que variables afectan en mayor medida a la abundancia y distribución de las especies. Se realizaron una serie de análisis basados en diferentes matrices, con el fin de explorar los distintos panoramas que se pudieron haber presentado durante el periodo de estudio. El análisis de zooplancton con

coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y la correlación de Pearson-Kendall (Tabla 5), mostró una correlación de  $r^2=0.487$  para el eje 1 y de  $r^2=0.207$  para el eje 3. Entre ambos explican el 70% de la variabilidad. Donde la temperatura y la biomasa se mostraron mayormente correlacionadas con el eje 1. Estas dos variables son las que definen la mayor separación entre ambos periodos de muestreo, revelando claramente que existe una diferencia significativa entre años. Las temperaturas cálidas, salinidades elevadas y bajas concentraciones de biomasa son condiciones que definen al grupo correspondiente a marzo de 2005, en el que las especies correlacionadas con este grupo (Tabla 5) y que probablemente se vean favorecidas por dichas condiciones son; los hidroides y cefalópodos, y en menor proporción los radiolarios y los octópodos. Mientras que bajas temperaturas, altas concentraciones de biomasa y salinidades menores, son las condiciones que definen a marzo de 2006. Las especies más correlacionadas con este grupo son los copépodos, terópodos, poliquetos, tiliáceos y gasterópodos principalmente, ya que bajo estas condiciones su abundancia aumenta significativamente.

El análisis de la matriz 2 (organismos del zooplancton y larvas de peces), mostró, de igual manera, una separación entre años, esto se debe a la influencia que proporcionan los datos de zooplancton, ya que fueron considerablemente más abundantes (Figura 22). Sin embargo proporciona valiosa información sobre las coincidencias de las larvas de peces con los organismos de zooplancton. Los ejes 1 y 2 explican el 70% de la variabilidad. Donde el eje 1 mostró una correlación de  $r^2=0.483$  y el eje 2 de  $r^2=0.221$ . La temperatura se correlacionó positivamente con el eje 1 ( $r^2=0.517$ ), siendo de nuevo la que define la separación entre periodos (Tabla 6). Se incluyeron los grupos de estaciones obtenidos mediante el análisis de agrupamiento como variable categórica en la matriz de variables ambientales, donde cada grupo es separado en tres gradientes ambientales, demostrando que los grupos Norte y Sur definidos previamente mediante el método de Ward, se conservan en espacio y tiempo a pesar de las condiciones distintas entre años.

El grupo norte de 2005 se encuentra asociado a altas salinidades. Dentro de este grupo se encontraron las estaciones con la mayor concentración de biomasa y un mayor número de especies de larvas de peces pelágicos menores.



También en este grupo se presentaron exclusivamente *Caranx* sp. 1 y *C. orqueta*, ambas especies de afinidad, tropical-subtropical. Dentro de los pelágicos menores, la especie dominante fue *E. mordax* de afinidad templada. Las especies *V. lucetia* y *D. laternatus*, ambas de afinidad tropical, tuvieron una abundancia importante dentro de este grupo, sin embargo también se presentaron con abundancias similares dentro del Grupo Sur, siendo *V. lucetia* aun más abundante que en el Grupo Norte. Dentro del grupo sur se registraron las temperaturas más elevadas, salinidades más bajas y bajas concentraciones de clorofila. Entonces, aparentemente la diferencia en el gradiente de temperatura entre los grupos norte y sur (20.18° - 21.20 °C) no afectó de manera importante las abundancias de estas dos especies. En el diagrama se aprecia que el grupo costero tiene una relación inversa con la biomasa, pero si esta positivamente relacionada con la clorofila. Se registraron cinco especies de larvas de peces pelágicos menores, *E. mordax*, *E. teres*, *S. japonicus*, *S. sagax* y *Seriola* sp., aunque en menor proporción respecto al Grupo Norte. Entre los grupos Norte y Costero se presentaron diferencias mínimas entre la temperatura y la salinidad. Pero los valores de biomasa si varían de manera significativa.

Durante marzo de 2006 la clorofila y la salinidad tuvieron una menor variación. La especie *Caranx* sp. al igual que en el periodo de marzo 2005, únicamente se presento en el Grupo Norte. *S. japonicus* fue la especie más abundante dentro de los pelágicos menores, seguida de *E. teres* y *S. sagax*, estas especies de afinidad templada a tropical, estuvieron significativamente correlacionadas con la temperatura y con valores intermedios de clorofila, respecto a los valores promedio de los otros grupos. Del resto de larvas de peces los más abundantes fueron las especies mesopelágicas *L. stilbius* y *D. laternatus*, aun que las abundancias de *L. stilbius* en ambos años permanecieron similares, por lo que la variabilidad en la temperatura no afecto su abundancia, mientras que *D. laternatus* se presento en menor proporción comparada con marzo de 2005, disminuyendo su abundancia a temperaturas menores a 20 °C. El grupo sur estuvo más correlacionado con la clorofila, ese grupo incluye las estaciones con las salinidades más bajas. Solo se presentaron tres especies de pelágicos

menores, *E. mordax*, *E. teres* y *S. sagax* como la más abundante en ese grupo. La especie dominante del Ictioplancton en el grupo sur fue el mesopelágico *V. lucetia*. Y en el Grupo Transicional se presentaron seis especies de pelágicos menores, *E. mordax*, *E. teres*, *S. japonicus*, *T. symmetricus*, *Oligoplites sp. 1* y *S. sagax* como el más abundante. Este grupo fue el que estuvo mayormente correlacionado con la biomasa, presentando condiciones de temperatura (18.89 °C) y salinidad (35.20) muy similares a las del grupo norte. El análisis que se realizó con las abundancias de pelágicos menores únicamente, tomando en cuenta a los grupos más abundantes del zooplancton dentro de la matriz de las variables ambientales, confirma que los pelágicos menores están inversamente correlacionados con la temperatura y que tienen una correlación directa con la biomasa zooplanctónica.

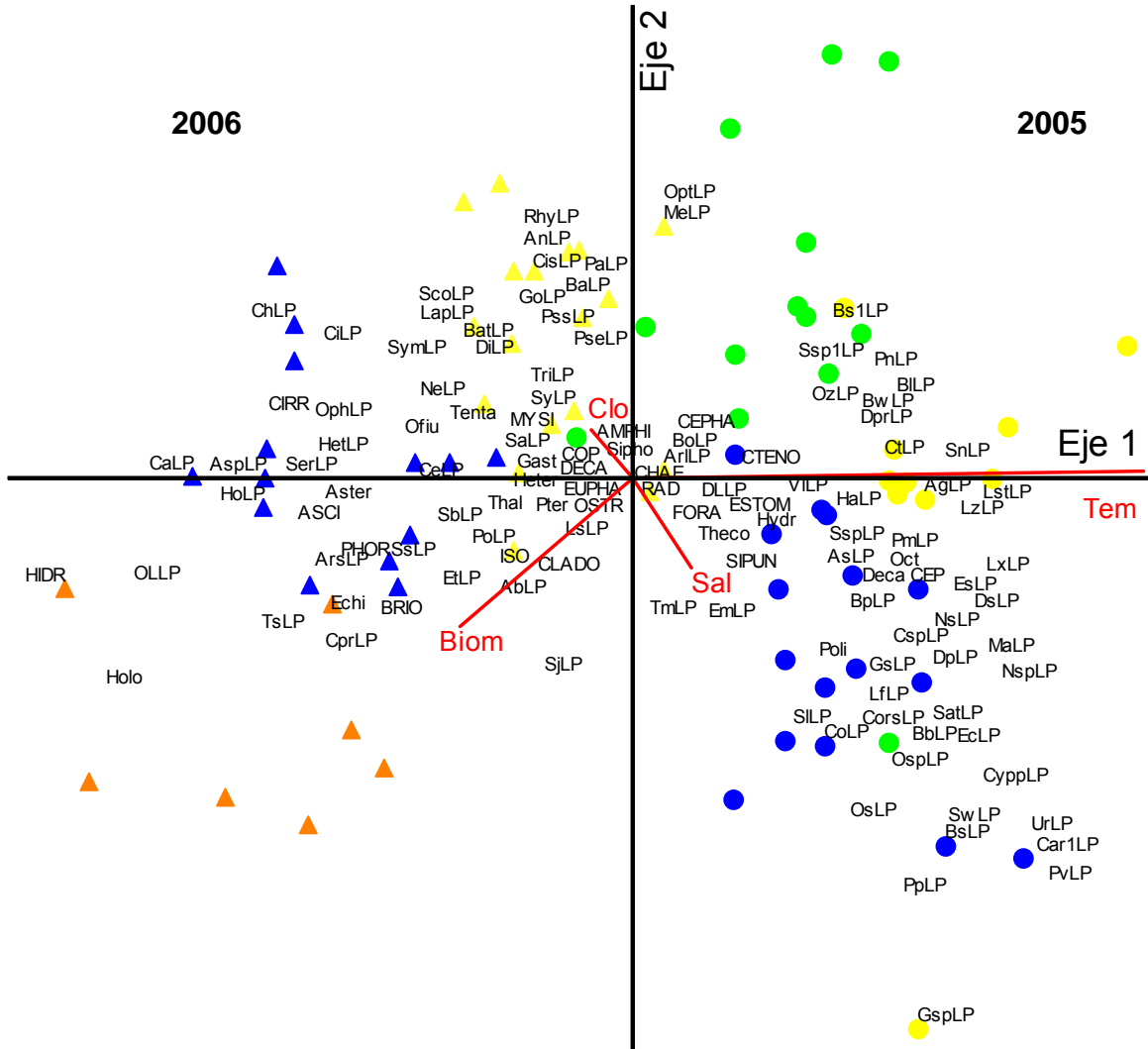


Figura 22. Diagrama de ordenación del análisis de escalamiento no-métrico multidimensional (EMNM) para el total de organismos del zooplancton y larvas de peces, incluyendo las larvas de los peces pelágicos menores (en letras negras) y las variables ambientales (vectores rojos). Los círculos representan las estaciones de muestreo de marzo de 2005; los círculos verdes representan al Grupo Costero, los círculos azules representan al Grupo Norte y los círculos amarillos representan al Grupo Sur; los triángulos representan las estaciones de muestreo de Marzo de 2006; los triángulos anaranjados representan al Grupo Transicional, los triángulos azules al Grupo Norte y los triángulos amarillos representan al Grupo sur.

## DISCUSIÓN

### **Condiciones ambientales**

El Golfo de California es una cuenca ubicada al noroeste de México entre la Península de Baja California y los estados de Sonora y Sinaloa, en una región con clima subtropical, por lo que sufre fuertes cambios anuales e interanuales. Según los índices MEI (Multivariate ENSO Index) y ONI (Oceanic Niño Index) de la NOAA, durante el mes de marzo de 2005 existió una anomalía de temperatura de +0.50 °C en la zona Niño 3.4 del Pacífico Tropical. Cabe mencionar que los efectos de El Niño tienen un desfase de dos meses en promedio con respecto a la señal en el Pacífico tropical y su arribo a las costas americanas y que para marzo de 2005 El Niño ya estaba en su fase terminal en la zona Niño 3.4, por lo que probablemente durante el periodo de estudio la señal de El Niño era más fuerte en el Golfo de California. De acuerdo con Soto-Mardones *et al.* (1999), el evento El Niño es la fuente de variación interanual más importante en el Golfo de California y se asocia a las variaciones no estacionales en el nivel del mar. Durante marzo de 2006 la temperatura presentó una anomalía negativa que no fue lo suficientemente grande para ser considerada como propia de un periodo La Niña. Las temperaturas presentes durante marzo de ambos años, fueron ligeramente distintas (1.00 °C), presentando temperaturas más cálidas en 2005 con relación al 2006. Durante el 2005 la mayoría de las estaciones presentaron temperaturas mayores a 20.00 °C, mientras que durante el 2006, las temperaturas fueron menores a 20.00 °C en la mayor parte de ellas. La distribución de la temperatura en ambos años coinciden con el patrón de circulación anticiclónica que se presenta en el golfo hacia finales del periodo frío, mostrando un flujo de entrada de aguas cálidas por la costa peninsular del golfo y un flujo de salida de agua relativamente más fría por el lado de la costa continental (Lavín & Marinone, 2003; Lavín *et al.*, 2009). Chávez-Andrade (2006), registro un incremento latitudinal de norte a sur en la temperatura durante Marzo y Abril de 2005, donde la máxima fue de 24.30 °C en la boca del golfo y temperaturas bajas a lo largo de las costas de Sinaloa con un promedio de 17.00 °C, señalando que esto podría

deberse al cambio abrupto en la orientación de la línea de costa, combinado con el efecto de los vientos y a eventos de surgencia.

Lavaniegos-Espejo (1990), menciona que durante marzo-abril de 1984 la temperatura aumenta de norte a sur, con un máximo de 23.00 °C en la boca del golfo, mientras que en este trabajo la máxima fue de 22.00 °C en ambos años. Bernal, *et al.* (2001), mencionan que el aumento y permanencia de las temperaturas, y las anomalías positivas del nivel de mar en el golfo se deben a su amplia comunicación con el Océano Pacífico. Esto favorece en la región sur, un fuerte intercambio de aguas con diferente origen, que se traduce en cambios significativos de salinidad y temperatura superficial (Lavín, *et al.* 2009). En condiciones El Niño (marzo de 1983), Jiménez-Pérez & Lara-Lara (1988) registró un intervalo de salinidad entre 34.40-35.20, con altas salinidades en el golfo central, y agua más salina que coinciden con el agua fría registrada frente a Guaymas, donde las surgencias son comunes, esto coincide con las salinidades encontradas en las estaciones más cercanas a la costa continental en el área más norteña, donde en ambos años se registraron salinidades altas y bajas temperaturas. Mientras que Lavaniegos-Espejo (1990), en su estudio bajo condiciones posteriores al Niño 1982-1983 encontró salinidades de >35.20 en la mayor parte del área de estudio y de ≤35.00 en la parte sur del golfo. Castro *et al.* (2006), menciona que las bajas salinidades registradas en la boca del golfo durante años Niño, se deben a la intrusión de agua Tropical Superficial, y que las salinidades mayores a 35.00 definen la presencia de Agua del golfo de California. Castro, *et al.* (2000), menciona que durante años anómalos la salinidad disminuye de 0.10 a 0.20, y que esto junto con las anomalías en el nivel del mar y el calentamiento de la capa superior pueden llegar a alterar las condiciones en el golfo. En este trabajo, no se mostro un padrón de salinidad bien definido, salvo por la observación de que las salinidades más elevadas se registraron en la parte norte del área de estudio durante el 2005 y que la diferencia entre el valor más elevado y el menor fue de 1.80. En el 2006 la variación fue mucho menor (0.70) ya que los valores estuvieron muy homogéneos a lo largo del área. Sin embargo

en ambos años, se encontraron núcleos de baja salinidad en la punta de la península, en 2005 se registró con valores de 34.2 de salinidad y 19:00 °C.

### **Cambios en la concentración de Clorofila-a**

Durante años anómalos se presenta una intrusión de agua superficial tropical, la capa de mezcla se engrosa, la termoclina se hunde y hay dominancia de nanofitoplancton con bajo contenido de pigmentos clorofílicos, en conjunto esta serie de fenómenos conllevan a la disminución de clorofila-a (de 0.77 mg/m<sup>3</sup> durante marzo 1998 bajo condiciones Niño a valores de 1.57 – 3.13 mg/m<sup>3</sup> en marzo de 1999 y 2000, respectivamente, siendo ambos años Niña). Valdez-Holguín & Lara-Lara (1987), mencionan que en la región central del golfo esta disminución de clorofila, no es significativa ya que esta disminución es mitigada por los procesos de enriquecimiento locales. En este trabajo se, la disminución de clorofila dentro del grupo norte, que es la región más cercana a la región central del golfo, se presentaron las concentraciones menores durante marzo de 2005 (1.38 mg/m<sup>3</sup>), para el 2006, la concentración fue mayor (1.73 mg/m<sup>3</sup>), aumentando 0.34 mg/m<sup>3</sup>, sin embargo en el grupo sur, en la boca del golfo, la diferencia entre años fue de 1.29 mg/m<sup>3</sup>, siendo menor en marzo de 2005 (0.51 mg/m<sup>3</sup>) y mayor en marzo de 2006 (1.80 mg/m<sup>3</sup>). Esto indica que es probable que el fenómeno de El Niño, tal y como lo mencionan Valdez-Holguín & Lara-Lara (1987), tenga más impacto en el sur del golfo que en la región central.

Espinoza-Carreón & Valdez-Holguín (2007), mencionan que durante El Niño de 1998, en los meses de febrero y marzo la clorofila sufrió una disminución de hasta 1.00 mg/m<sup>3</sup>, con una media de 0.77 mg/m<sup>3</sup> para el mes de marzo, mientras que durante marzo del 2000, año que presento anomalías negativas de temperatura el promedio fue de 3.13 mg/m<sup>3</sup>, demostrando bajo la influencia periodos fríos correspondientes a eventos La Niña, hay un incremento de biomasa fitoplanctónica debido al consecuente aumento de nutrientes en la zona eufótica (Chávez *et al.*, 2002). Chávez *et al.* (2002), mencionan que durante periodos fríos correspondientes al fenómeno La Niña, las temperaturas son menores al promedio, el nivel del mar disminuye y la termoclina se hace menos profunda, por

lo que incrementa el volumen de biomasa fitoplanctónica debido al aumento de nutrientes en la zona eufótica.

### ***Cambios en la Biomasa Zooplanctónica.***

Aparentemente la biomasa del zooplancton tiene una relación inversa con la temperatura superficial del mar, ya que los valores bajos de biomasa en 2005 están relacionados con temperaturas altas al sur del área de estudio. Mientras que los valores elevados en volumen de biomasa se ven relacionados con las temperaturas más bajas al norte del área. Esto coincide con los resultados obtenidos en Marzo de 2006, donde las temperaturas registradas fueron menores y la distribución de la biomasa zooplanctónica fue homogénea.

Diversos estudios realizados en la Corriente de California mencionan que las variaciones interanuales, están asociadas a diferentes fuentes de variación como; eventos hidrográficos, cambios en la intensidad de la Corriente de California y la intensidad con que se presenten las surgencias costeras (Colebrook, 1977). Roesler & Chelton (1987) coinciden con estos supuestos y argumentan que la biomasa de zooplancton responde positivamente a los cambios locales en la productividad primaria, que se dan cuando hay un aumento en el aporte de los nutrientes por procesos de advección, sin embargo, el aumento de biomasa en áreas más oceánicas se lo atribuyen al estrés del viento que produce divergencia y surgencia de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes.

Jiménez-Pérez & Lara-Lara (1988), realizó un estudio durante marzo de 1983 bajo condiciones anómalas de calentamiento en la región sur del Golfo de California (coincidente con el área de estudio de este trabajo), registrando valores bajos de biomasa (con un máximo de 352.4 ml/1000 m<sup>3</sup>,) y menciona que los volúmenes más altos se presentaron en las estaciones neríticas. Adicionalmente, menciona que la biomasa zooplanctónica no disminuyó durante el evento El Niño en comparación con otros sistemas como el de la Corriente de California y Perú. Sin embargo, registra diferencias en la estructura de la población del zooplancton. No obstante, en este estudio el valor máximo de 2005 fue de 728 ml/1000 m<sup>3</sup> y en

2006 de 802 ml/1000 m<sup>3</sup>, lo anterior indica que la variabilidad entre años no fue muy marcada en cuanto a volumen registrado sino que más bien se refleja en su distribución.

Lavaniegos-Espejo (1990), realiza un estudio durante marzo y abril de 1984, para analizar la respuesta del zooplancton a el fenómeno El Niño 1982-1983 en la porción sur de su área de estudio (que coincide en área con este trabajo) y menciona que el máximo de volumen zooplanctónico fue de 622 ml/1000m<sup>3</sup>. Estos valores presentan una menor variación entre estaciones de muestreo, comparado con los valores obtenidos por Jiménez-Pérez & Lara-Lara (1988) en marzo de 1983, y un aumento del 40% en volumen de biomasa. Un comportamiento similar se aprecia en los resultados registrados en este trabajo, donde los resultados de volumen de biomasa zooplanctónica durante el año cálido, Marzo de 2005, presentan una amplia variación entre estaciones, mientras que durante Marzo de 2006 la variación fue menor. De igual manera se aprecia que la estructura de la comunidad de los grupos de zooplancton se vio afectada entre ambos años, ya que durante marzo de 2006 la biomasa zooplanctónica aumentó un 40% coincidiendo con los resultados de Lavaniegos-Espejo (1990), para Marzo de 1984. Chávez-Andrade (2006), menciona que durante los meses de marzo y abril de 2005, los mayores volúmenes de biomasa zooplanctónica fueron encontrados en la zona centro y sur del golfo con una disminución hacia el norte, esto sería inverso a lo esperado ya que los mayores volúmenes de biomasa en el golfo históricamente han sido registrados en la zona de las grandes islas (Salas de León, *et al.*, 2011). En los análisis multivariados, se demostró que la biomasa es distinta entre marzo de 2005 y 2006, esto coincide con la idea de que las diferencias en temperatura durante el año cálido, propicio una menor oferta de alimento debido al debilitamiento de las surgencias, lo cual afecta de manera directa a los grupos de zooplancton.



## **Zooplankton**

Se han realizado diversos estudios tanto en la Corriente de California como dentro del Golfo de California, con el fin de explicar las fluctuaciones del zooplankton, y algunos autores coinciden en señalar, que dichas fluctuaciones son producto de procesos físicos más que de interacciones biológicas (Colebroock, 1977; Lavaniegos-Espejo *et al.*, 1990). Aunque la mayoría de los estudios de zooplankton se han centrado en estudiar principalmente su distribución y abundancia (Brinton *et al.*, 1986).

Jiménez-Pérez *et al.* (1983) y Lavaniegos-Espejo *et al.* (1990), analizaron las poblaciones de zooplankton durante un año Niño y un periodo de relajación y enfriamiento. Encontrando que la población de copépodos se vio beneficiada por el enfriamiento, aumentando un 14% su abundancia relativa. Este mismo comportamiento se puede observar en este trabajo donde la abundancia relativa de los copépodos aumento 27%. En este estudio se reportaron organismos que no vieron afectada su abundancia pero si su distribución, como lo fueron los quetognatos, heterópodos, anfípodos, misidáceos y estomatópodos. De los cuales todos se presentaron en el grupo norte, a excepción de los misidáceos cuya distribución fue principalmente en el grupo sur durante marzo de 2005, recordando que el grupo norte se caracterizó principalmente por temperaturas más bajas. Durante marzo de 2006 la distribución de estos grupos de zooplankton se amplió, presentándose todos en los grupos sur y transicional. Por lo que se puede decir que las anomalías positivas no afectan su abundancia, pero su distribución se ve reducida y desplazada hacia el norte del golfo, donde se concentran aguas más productivas y por tanto más alimento. Durante fuertes eventos El Niño, el número de especies de hábitat oceánico se duplica en el golfo (Jiménez-Pérez *et al.*, 1988). En general la mayor parte de los grupos se vieron favorecidos durante marzo de 2006, pero los radiolarios, hidroideos y sipunculidos, fueron más abundantes durante marzo de 2005.

En estudios realizados en la Corriente de California, mencionan que los principales depredadores de las larvas de anchoa son los quetognatos, sifonóforos, medusas y ctenóforos (Alvariño, 1980). En este sistema los grupos de

zooplancton se ven muy afectados por los procesos de advección, y las poblaciones se reducen de norte a sur y de costa a océano (Loeb *et al.*, 1983). Loeb (*loc. cit.*), menciona que en mayo y julio se dan las máximas abundancias en el centro de la costa de California, mientras que en la región sur se da durante marzo, sin embargo el pico más alto de abundancia de larvas de peces en la parte central se da de enero a marzo, antes de las máximas abundancias de zooplancton. Algo muy interesante es que no se encontró una correlación significativa entre el volumen de biomasa zooplanctónica y la abundancia del ictioplancton, lo que sugiere que los parches tanto de zooplancton como de larvas de peces tienen distribuciones independientes, por lo que las condiciones que afectan al zooplancton y a las larvas de peces deben ser diferentes y por lo tanto, se piensa que los procesos físicos los influyen de manera distinta. En este trabajo, solo se presentan la distribución y abundancia durante los meses de marzo de 2005 y 2006, por lo que es difícil saber si esto también se cumple en las otras estaciones del año. Sin embargo, se puede dar un estimado, tomando en cuenta los patrones de distribución tanto de los grupos del zooplancton y la biomasa, y las especies de peces pelágicos menores, donde se puede notar que en el Golfo de California las máximas abundancias de pelágicos menores si coinciden con las áreas donde se registraron los mayores volúmenes de biomasa.

### ***Ictioplancton***

La alta productividad del golfo permite que albergue una serie de hábitats únicos, los cuales sustentan una gran diversidad de organismos. Los trabajos de Castro-Aguirre (1995), Thomson *et al.* (2000) y Aceves-Medina (2003), demuestran con sus listas de especies ícticas, adultos y larvas respectivamente, una gran riqueza en el golfo de California. Durante el desarrollo de este trabajo el número de especies de larvas de peces recolectados fue menor (56 especies) durante 2006, en relación a el 2005 (72 especies). La suma de especies en ambos años de este trabajo fue de 105 especies, siendo menor (63%) comparado con las 283 especies registradas por Aceves-Medina *et al.* (2003) y 23% menor a las 137 especies registradas por Castro-Aguirre (1995). Estos autores tuvieron una mayor

cobertura del área de estudio y un mayor periodo de tiempo en sus muestreos, lo cual puede ser un factor que explique las diferencias en la riqueza de especies.

Durante marzo de 2005 el 90% de la abundancia del ictioplancton estuvo conformada por 7 taxa, y durante marzo de 2006 el 90% de la abundancia de larvas de peces estuvo integrada por 9 taxa, siendo los mesopelágicos de afinidad tropical *Vinciguerria lucetia* y *Diogenichthys laternatus* los más abundantes en ambos años (36.79% y 21.79% en 2005, y 24.35% y 20.11% en 2006, respectivamente). Aceves-Medina *et al.* (2003), reportan que durante el periodo El Niño 1956-1957 *Vinciguerria lucetia* fue la especie más abundante con 24.35% de abundancia relativa, junto con *Bregmaceros bathymaster* con 19.00%. *Benthoosema panamense* solo representó el 2.9 % de abundancia. Durante marzo de 2005 y 2006 *V. lucetia* fue la especie dominante con 36.79 y 24.35% de abundancia relativa, mientras que *B. bathymaster* solo se presentó durante 2005 en los grupos norte y sur con 0.42% de abundancia relativa y *B. panamense* con <0.10%. Ávalos-García *et al.* (2003), en su estudio durante otoño de 1997, y primavera y verano de 1998 bajo condiciones El Niño, mencionan la presencia de un grupo oceánico que se localiza mayormente en las estaciones más oceánicas en la región del centro del Golfo de California, conformado por las especies *B. panamense*, *Triphoturus mexicanus* y *V. lucetia*, siendo *B. panamense* la especie más abundante (44 - 65% de abundancia relativa), mencionando que esta especie se ve beneficiada por las condiciones Niño, ya que se crea un hábitat favorable para especies de afinidad tropical-subtropical. Durante este trabajo, este grupo de especies se conserva dentro de los grupos de estaciones norte y sur de 2005 principalmente, y en transicional en 2006, pero con menores abundancias. Moser *et al.*, (1971), mencionan que las especies *V. lucetia*, *B. panamense*, *D. laternatus*, *T. mexicanus* y *B. bathymaster* incrementan sus abundancias con el aumento de la temperatura por anomalías positivas en el Golfo de California.

### ***Pelágicos menores***

Aceves-Medina *et al.* (2003), mencionan que los pelágicos menores *E. mordax* y *S. sagax* fueron más abundantes durante el invierno. En 2005 de este trabajo *E. mordax* y *S. japonicus* fueron las especies de pelágicos más abundantes y en 2006 *Engraulis mordax* fue reemplazada por *S. sagax* como la más abundante, seguida de *S. japonicus*. Esto se podría atribuir a los cambios en la temperatura que se presentaron durante la temporada de estudio. Aceves-Medina *et al.* (2004), demuestra que los cambios en la composición de las especies en el Golfo de California están relacionados a los cambios en el ambiente y que la variable que tiene mayor influencia es la temperatura.

Por otro lado, fueron pocas las larvas de pelágicos menores recolectadas en este estudio, esto se debe a que el muestreo fue realizado en la etapa final de la época reproductiva de estas especies. La mayor abundancia de las larvas de peces pelágicos menores se registró en el grupo Norte de 2005, *Etrumeus teres* presentó una menor distribución durante 2005, ampliándose y aumentando su abundancia en marzo de 2006, esta especie es de afinidad tropical, por lo que no sería lo esperado que aumentara su abundancia, sin embargo tuvo una relación positiva con las mayores concentraciones de biomasa y se presentó tanto en el grupo Norte como en el grupo Transicional. La alta abundancia de *E. mordax* coincide con los resultados de Moser *et al.* (1971) donde menciona que *E. mordax* fue el pelágico menor más abundante (36%) durante de 1956 y 1957. Aceves-Medina *et al.* (2003), de igual manera reporta a *E. mordax* y a *S. sagax* como las especies más abundantes.

Aceves-Medina, *et al.* (2004), mencionan la existencia de tres grupos recurrentes de larvas de peces en el Golfo de California. En primavera el grupo denominado Complejo Sureño está situado en la parte norte del área de estudio de este trabajo. Dos de los grupos que componen el complejo sur (*Benthoosema* compuesto por cuatro especies principalmente mesopelágicas de afinidad tropical, y el grupo *Hygophum*, compuesto por dos especies, también mesopelágicas de afinidad tropical) fueron registrados durante este estudio. Menciona que el grupo *Benthoosema* tiene un límite de distribución en las isoterms de 19°C y 20°C. Sin

embargo, este grupo se presentó en los grupos norte y sur de este estudio, donde la temperatura media fue de 20.2 °C en el grupo norte y 21.2°C en el grupo sur durante marzo de 2005, mientras que durante marzo de 2006 se presentó en el grupo transicional, con temperatura media de 18.9 °C. El grupo de *Hygophum* únicamente se presentó durante marzo de 2005, dentro de los grupos Norte y Sur.

La composición de los organismos que coexisten con las larvas de peces es primordial, ya que la alimentación de las larvas considera tanto el tamaño como la densidad (Hunter, 1981). Hunter, 1981, menciona que la inanición y la depredación son la mayor causa de mortalidad en las larvas de peces, mientras que Alvaríño, 1980, menciona que las causas de mortalidad de las larvas de peces pueden ser tanto bióticas (inanición, depredación, parásitos y enfermedades) como abióticas (corrientes, temperatura, salinidad), en su estudio en la Corriente de California, menciona que la ausencia de *Engraulis mordax*, coincidió con la presencia de decápodos, pterópodos, heterópodos y poliquetos, mientras que su presencia se asocia con altas abundancias de copépodos y eufáusidos. Haro-Garay, 1991, menciona que *Sardinops sagax* presenta altas abundancias en estaciones con baja diversidad de organismos del plancton, a diferencia de *Ophistonema libertate* y *Vinciguerria lucetia* que sus mayores abundancias se presentaron con las mayores abundancias y alta diversidad. En este estudio *S. sagax* coincide en un núcleo en el centro del área de estudio con altas abundancias de copépodos y quetognatos, no obstante según Haro-Garay, 1991, los quetognatos son depredadores de zooplancton. *Engraulis mordax* en el grupo norte también coincide con las mayores abundancias de esta especie, esto quizás tenga que ver con lo que menciona esta autora en su trabajo acerca de estas dos especies se alimenten de nauplios de copépodos.

Las larvas de los peces pelágicos menores se alimentan tanto de fitoplancton como de zooplancton, al haber variaciones negativas en la productividad primaria por fenómenos como El Niño, la biomasa zooplanctónica consecuentemente resulta afectada y por tanto la estructura de la comunidad del zooplancton. Esto tiene repercusiones en la disponibilidad del alimento para las larvas. Las larvas de peces pelágicos menores entonces, al ser tanto herbívoros

como carnívoros, dependen en gran medida de la disponibilidad del alimento, y por los patrones de distribución del plancton. Esto se corrobora en los análisis estadísticos realizados en este trabajo, donde las larvas de los peces pelágicos coinciden significativamente con las mayores abundancias de biomasa zooplanctónica. Y que los cambios en temperatura a pesar de que si provocan cambios en la estructura de la comunidad, principalmente en el zooplancton, no es la variable que determinan la distribución de las larvas de los peces pelágicos menores.

Rykaczewski (2009), menciona que el crecimiento de la sardina depende de la estructura de la comunidad. Esto apoya la hipótesis propuesta en este trabajo, donde se menciona que la sobrevivencia de las larvas de los peces pelágicos menores está determinada por la estructura de la comunidad y la abundancia de las presas y sus posibles depredadores, y en menor grado son afectadas por los gradientes ambientales.

## CONCLUSIÓN

- La distribución de la clorofila-*a* en el Golfo de California durante marzo de 2005 se vio afectada y registró una disminución asociada probablemente a las condiciones de un Niño débil (2004-2005).
- En ambos cruceros los mayores volúmenes de biomasa zooplanctónica se asociaron a las zonas con mayor concentración de clorofila-*a* y con temperaturas bajas y se vio poco afectada por las anomalías causadas por el evento El Niño 2004-2005. No presentó la típica reducción que se presenta en otros sistemas como la Corriente de California y la Corriente de Humboldt durante eventos El Niño.
- El análisis comparativo de la estructura de la comunidad zooplanctónica durante el inicio de la primavera, en la región centro y sur del Golfo de California, nos muestra un cambio interanual significativo, que puede relacionarse con la afectación de esta zona por el evento El Niño, durante 2004 y principios de 2005.
- El Grupo costero coincide con el patrón de circulación del Golfo de California que se da durante el mes de marzo, con flujo de entrada del lado del margen peninsular y de salida por el lado continental. Los grupos oceánicos se asociaron al gradiente de temperatura que se presentó durante el periodo de estudio, presentándose las especies del Grupo Oceánico Sur asociadas a temperaturas cálidas, mientras que el Grupo Oceánico Norte se ve asociado a temperaturas templadas del norte del Golfo de California (marzo de 2005).
- Durante marzo de 2006 el Grupo Costero es sustituido por un Grupo Transicional, presente a lo largo del área de estudio en la zona más oceánica. Los Grupos Norte y Sur se conservan.

## LITERATURA CITADA

- Aceves-Medina, G. 2003. *Grupos de Larvas de Peces Recurrentes en la Costa Occidental de Baja California Sur y Región Central del Golfo de California*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 132 p.
- Aceves-Medina, G., R. Palomares-García, J. Gómez-Gutiérrez, C. J. Robinson & R. J. Saldierna-Martínez. 2009. Multivariate characterization of spawning and larval environments of small pelagic fishes in the Gulf of California. *J Plankton Res.* 31 (10): 1283-1297.
- Aceves-Medina, G., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna-Martínez & P. E. Smith. 2004. Fish larvae assemblages in the Gulf of California. *J Fish Biol.* 65: 832-847.
- Aceves-Medina, G., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna-Martínez, D. Lluch-Belda, P. E. Smith & W. Watson. 2003. Fish larvae from the Gulf of California. *Sci Mar.* 67(1): 1-11.
- Agostini, V. N., A. Bakun, & R. C. Francis. 2007. Larval stage controls on Pacific sardine recruitment variability: high zooplankton abundance linked to poor reproductive success. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 345: 237-244.
- Alvarino A. 1965. Distributional Atlas of Chaetognaths in the California Current region. *CalCOFI Rep. Atlas 3:* 1-291.
- Alvariño, A. 1980. The relation between the distribution of zooplankton predators and anchovy larvae. *CalCOFI Rep.* 21: 150-160.



- Avalos-García, C., L. Sánchez-Velasco & B. Shirasago. 2003. Larval fish assemblages in the Gulf of California and their relation to hydrographic variability (Autumn 1997-Summer 1998). *B Mar Sci.* 72(1): 63-76.
- Avendaño-Ibarra, R., R. De Silva-Dávila, G. Aceves-Medina, H. Urías-Leyva & G. Vázquez-López. 2009. Atlas de la Distribución de Larvas de Peces de la Región Sur del Golfo de California (Febrero-Marzo 2005). 1ra. Ed. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 114 p.
- Avendaño-Ibarra, R., R. de Silva-Dávila, F.E. Ordóñez-Guillén y G. Vázquez-López. 2010. Composición estacional de larvas de peces frente a Baja California Sur (primavera y otoño de 2003). Pp. 413-431. En: R. Durazo Arvizu y G. Gaxiola Castro (eds.). *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997–2007*. SEMARNAT-INE-CICESE-UABC.
- Barrón, J. A. & D. Bukry. 2007. Solar forcing of the Gulf of California climate during the past 2000 yr suggested by diatoms and silicoflagellates. *Mar Micropaleontol.* 62: 115-139.
- Beers, J. R. 1976. Volumetric methods, 56-60 pp. En: H. F. Steedman. 1976. *Zooplankton Fixation and Preservation. Monographs on Oceanographic Methodology. N° 4*. UNESCO Press. 84 p.
- Beltrán-León, B.S. & R. Ríos-Herrera. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Buenaventura, Colombia. Tomo I y Tomo II. 727 p.
- Ben-Tuvia, A. 1995. Biological Characteristics of middle-sized pelagic fishes. *Sci Mar.* 59 (3-4): 205-209.

- Bernal, G., P. Ripa & J. C. Herguera. 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el bajo Golfo de California: Influencias de Trópico y Pacífico Norte. *Cienc Mar.* 27 (4): 595-617.
- Brinton, E., A. Fleminger & D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 27: 228-266.
- Castro, R., A. S. Mascarenhas, R. Durazo & C. A. Collins. 2000. Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. *Cienc Mar.* 26 (4): 561-583.
- Castro, R., R. Durazo, A. S. Mascarenhas, C. A. Collins, & A. Trasviña. 2006. Thermohaline variability and geostrophic circulation in southern portion of the Gulf of California. *Deep-Sea Res.* 53: 188-200.
- Castro-Aguirre, J. L., A. F. González-Acosta & J. De la Cruz Agüero. 2005. Lista anotada de las especies ícticas, anfi-pacíficas, de afinidad boreal, endémicas y anfi-peninsulares del golfo de California, México. *Universidad y ciencia.* 21: 85-106.
- Castro-González, J. J. & O. M. Tapia-Vázquez. 1995. Frecuencia de desove de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) en la costa occidental de Baja California, México. *INP-SEMARNAP. Ciencia Pesquera.* 11: 28-31.
- Chávez, F.P., J.T. Pennington, C. G. Castro, J. P. Ryan, R. P. Michisaki, B. Schlining, P. Walz, K. R. Buck, A. McPhaden & C. A. Collins. 2002. Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in central California waters. *Prog Ocean.* 54: 205-232.
- Chávez-Andrade, A. 2006. *Caracterización del hábitat de grandes cetáceos del Golfo de California durante invierno.* Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 65 p.

- Chelton, D. B. 1982. Large-scale response of the California Current to forcing by the wind stress curl. *CalCOFI Rep.* 23: 130-148.
- Colebrook, J. M. 1977. Annual fluctuations in biomass of taxonomic groups of zooplankton in the California Current, 1955-59. *Fish B-NOAA.* 75 (2): 357-368.
- Csirke, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Doc Tec Pesca. 192: 82 p.
- Espinoza-Carreón, T. L. & J. E. Valdez-Holguín. 2007. Variabilidad interanual de clorofila en el Golfo de California. *Ecología Aplicada.* 6 (1, 2): 83-92.
- Esqueda-Escárcega, G. M & S. Hernández-Trujillo. 1995. Características del hábitat del desarrollo larval. *Cienc Mar.* 21 (4): 427-438.
- Farber-Lorda, J., A. Trasviña & P. Cortés-Verdín. 2004. Trophic conditions and zooplankton distribution in the entrance of the sea of Cortés during summer. *Estuar Coast Shelf S.* 51: 615-627.
- Fernández-Barajas, M. E., M. A. Monreal-Gómez & A. Molina-Cruz. 1994. Estructura termohalina y flujo geostrófico, en el Golfo de California, durante 1992. *Cienc Mar.* 20 (2): 267-286.
- Figuroa, J. M., S. G. Marinone & M. F. Lavín. 2002. Geostrophic gyres in the southern Gulf of California. *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.* 25 p.
- Funes-Rodríguez, R., R. González-Armas y A. Esquivel-Herrera. 1995. Distribución y composición específica de larvas de peces durante y después

de El Niño, en la costa del Pacífico de Baja California Sur (1983-1985). *Hidrobiológica*. 5 (1-2): 113-125.

Gasca, R. & E. Suárez. 1996. *Introducción al estudio del zooplancton marino*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Chetumal, México. 711 p.

Hammann, M. G., M. O. Nevarez-Martínez & Y. Green-Ruíz. 1998. Spawning habitat of the pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: egg and larval distribution 1956-1 957 and 1971-1991. *CalCOFI Rep.* 39: 169-179.

Haro-Garay, M.J. 1991. *Análisis de algunos grupos de zooplancton para caracterizar el área de desove de las sardinias monterrey *Sardinops sagax* y *crinuda Opisthonema libertate* en el Pacífico de Baja California Sur*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 51 p.

Hewitt, R. 1981. The value of pattern in the distribution of young fish. *Reun Cons Int Explor Mer.* 178: 229-236.

Hidalgo-González, R. M. & S. Alvarez-Borrego. 2004. Total and new production in the Gulf of California estimated from ocean color data from the satellite sensor Sea WIFS. *Deep-Sea Res.* 51: 739-752.

Hjört, J. 1914 Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. *Rapports et Procs-Verbaux des Reunions, Cons. Intl. Pour l'Exploration de la Mer.* 20: 1-228.

Hunter, J. R. 1981. Feeding Ecology and Predation of Marine Fish Larvae. En: Lasker, R. 1981. *Marine Fish Larvae: Morphology, ecology and relation to fisheries*. Washington sea grant program. 131 p.

Instituto Nacional de la Pesca. 2001. Comité técnico de pelágicos menores: Memorias IX taller de pelágicos menores.

Jiménez-Pérez, L. C. & R. Lara-Lara. 1988. Zooplankton biomass and copepod community structure in the Gulf of California during the 1982-1983 El Niño Event. CalCOFI Rep. 29: 122-128.

Jiménez-Rosenberg, S. 2008. *Asociaciones de Larvas de Peces por Estadio de Desarrollo en la Costa Noroccidental de la Península de Baja California*. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 223 p.

Kahru, M., S. G. Marinone, S. E. Lluch-Cota, A. Parés-Sierra & B. Greg Mitchell. 2004. Ocean-color variability in the Gulf of California: scales from days to ENSO. Deep-Sea Res. 51: 139-146.

Lasker, R. 1981. The role of a stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment, 80- 88 pp. In: R. Lasker (ed.), *Marine fish larvae. Morphology, Ecology and relation to fisheries*. University of Washington Press, USA. 131 p.

Lavaniegos-Espejo, B. E. & R. Lara-Lara. 1990. Zooplankton of the Gulf of California after the 1982-1983 El Niño event: Biomass Distribution and abundance. Pac Sci. 44 (3): 297-310.

Lavín, M. F. & S. G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. En: Velasco-Fuentes O. U., J. Sheinbaun & J. Ochoa. 2003. *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academic Publishers. 2003. 388 p.

- Lavín, M. F., R. Castro, E. Beier, C. M. Godínez, A. Amador & P. Guest. 2009. SST, thermohaline structure, and circulation in the southern Gulf of California in June 2004 during the North American Experiment. *J of Geophys Res.* 114: 1-22.
- Lluch-Belda, D., D. B. Lluch-Cota & S. E. Lluch-Cota. 2003. Baja California's biological transition zones: Refuges for the California Sardine. *J Oceanogr.* 59: 503-513.
- Lluch-Belda, D., R. A. Schwartzlose, D. B. Lluch-Cota, S. Hernández-Vázquez & C. A. Salinas-Zavala. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwell In the California Current system. *CalCOFI Rep.* 32: 105-111.
- Lluch-Cota, S. E., E. A. Aragón-Noriega, F. Arreguín-Sánchez, D. Auriolles-Gamboa, J. J. Bautista-Romero, R. C. Brusca, R. Cervantes-Duarte, R. Cortés-Altamirano, P. Del-Monte-Luna, A. Esquivel-Herrera, G. Fernández, M. E. Hendrickx, S. Hernández-Vázquez, H. Herrera-Cervantes, M. Kahru, M. Lavín, D. Lluch-Belda, D. B. Lluch-Cota, J. López-Martínez, S. G. Marinone, M. O. Nevarez-Martínez, S. Ortega-García, E. Palacios-Castro, A. Parés-Sierra, G. Ponce-Díaz, M. Ramírez-Rodríguez, C. A. Salinas-Zavala, R. A. Schwartzlose & A. P. Sierra-Beltrán. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Prog Oceanogr.* 72: 1-26.
- Lluch-Cota, S. E. & J. P. Arias-Aréchiga. 2000. Sobre la importancia de considerar la existencia de centros de actividad biológica para la regionalización del océano: el caso del Golfo de California. p. 255–263. En: D. Lluch-Belda, S. E. Lluch-Cota, J. Elorduy & G. Ponce. 2000. *Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste,

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina del IPN y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Loeb, V. J., P. E. Smith & H. G. Moser. 1983. Ichthyoplankton and zooplankton abundance patterns in the California Current Area, 1975. CalCOFI Rep. 24: 109-131.

López-Martínez, J., M. O. Nevárez-Martínez, R. E. Molina-Ocampo & F. A. Manrique-Colchado. 1999. Overlap in the type and size of the prey that compose the diet of the Pacific sardine *Sardinops caeruleus* (Girard, 1856), thread herring *Opisthonema libertate* (Guther, 1867) y northern anchovy *Engraulis mordax* (Girard, 1856) in the Gulf of California. Cienc Mar. 25(04): 541-556.

Makarov, V. & A. Jiménez-Illescas. 2003. Corrientes básicas barotrópicas en el Golfo de California. Cienc Mar. 29 (2): 141-153.

Martínez-Zavala, M.A., M. O. Nevárez-Martínez, M. L. Anguiano-Carrasco, J. P. Santos-Molina & A. R. Godínez-Cota. 2010. Captura de peces pelágicos menores en el golfo de California, temporada de pesca 2007-2008. Cienc Pesq. 18 (2): 5-18.

McClatchie S., S. N. Bograd & R. Charter. 2007. Spawning habitat of sardine (*Sardinops sagax*) is environment-dependent rather than physiologically determined. Fish B-NOAA. 33 p.

McGowan, J.A. & C.B. Miller. 1980. Larval fish and zooplankton community structure. CalCOFI Rep. 21: 29-36.

Moser, H. G. 1996. The early stages of fishes in the California Current region. Cal Coop Fish Inv Atlas N° 33. 1505 p.

- Moser, H.G., P.E. Smith & L.E. Eber. 1987. Larval Fish assemblages in the California Current Region, 1954-1960, a period of dynamic environmental change. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports 28: 97-127.
- Moser, H.G., W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall Jr., S.L. Richardson. 1984. Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication 1. 760 p.
- Moser, H. G., E. H. Ahlstrom, D. Kramer & E. G. Stevens. 1971. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. CalCOFI Rep. 17: 112-128.
- Moser, H. G., R. L. Charter, P. E. Smith, D. A. Ambrose, W. Watson, S. R. Charter & E. M. Sandknop. 2002. Distributional atlas of fish larvae and eggs from Manta (surface) samples collected on CalCOFI surveys from 1977 to 2000. CalCOFI Rep. Atlas No. 35. 97 p.
- Nevarez-Martínez M. O., D. Lluch-Belda, M. A. Cisneros-Mata, J. P. Santos-Molina, M. A. Martinez-Zavala & S. E. Lluch-Cota. 2001. Distribution and abundance of the pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California and their relation with the environment. Prog Oceanogr. 49: 565-580.
- Palomares-García, R. & R. Vera-Alejandro. 1995. Predation upon larvae on Pacific sardine *Sardinops sagax* by cyclopid copepods. J. Crustacean Biol. 15 (1):196-201.
- Pegau, W. S., E. Boss & A. Martínez. 2002. Ocean color observations of eddies during the summer in the Gulf of California. Geophys Res Lett. 29 (9): 1-3.



- Richards, W.J. 2006. Early Stages of Atlantic Fishes. An identification guide for the western central north Atlantic. Taylor & Francis Group. Florida, U.S.A. Volume I and Volume II. 2640 p.
- Roesler, C. S. & D. B. Chelton. 1987. Zooplankton variability in the California Current, 1951-1982. CalCOFI Rep. 23: 59-96.
- Rosas-Cota, A. 1976. Corrientes geostróficas en el Golfo de California en la superficie y a 200 metros, durante las estaciones de invierno y verano. CalCOFI Rep. 19: 89-106.
- Rykaczewski, R. R. 2009. *Influence of oceanographic variability on the planktonic prey and growth of sardine and anchovy in the California Current Ecosystem*. Tesis de doctorado. University of California, San Diego, La Jolla. 53 p.
- Sabatini, M. E. 2004. Características ambientales, reproducción y alimentación de la Merluza (*Meluccius hubbsi*) y la Anchoíta (*Engraulis anchoita*) en su hábitat reproductivo patagónico. Síntesis y perspectivas. Revista de investigación de desarrollo pesquero. 16: 5-25.
- Salas de León, D. A., N. Carbajal, M. A. Monreal-Gómez & A. Gil-Zurita. 2011. Vorticity and mixing induced by the barotropic M2 tidal current and zooplankton biomass distribution in the Gulf of California. J Sea Res. 66: 143-153.
- Sánchez-Velasco, L., C. Avalos-García, M, Rentería-Cano & B. Shirasago. 2004. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña). Estuar Coast Shelf S. 51: 711-722.

- Sánchez-Velazco, L., E. Beier, C. Avalos-García & M. F. Lavín. 2006. Larval fish assemblages and geostrophic circulation in Bahía de La Paz and the surrounding southwestern region of the Gulf of California. *J Plankton Res.* 28 (11): 1081-1098.
- Sánchez-Velazco, L., M. F. Lavín, M. Peguero-Icaza, C. A. León-Chávez, F. Contreras-Catala, S. G. Marinone, I. V. Gutiérrez-Palacios & V. M. Godínez. 2009. Seasonal changes in larval fish assemblages in a semi-enclosed sea (Golfo de California). *Cont Shelf Res.* 29: 1697-1710.
- Silva-Segundo, C. 2005. *Asociaciones Espacio-Temporales de Larvas de Peces y su Relación con las Condiciones Ambientales de las Costas de Jalisco y Colima, México*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 60 p.
- Smith, D. L. 1977. *A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae*. Kendall/Hunt Publishing. 161 p.
- Smith, P. E. & S. L. Richardson, 1979. Técnicas Modelos para Prospecciones de Huevos y Larvas de Peces Pelágicos. FAO, Documentos Técnicos de Pesca. 175: 107 p.
- Soto-Mardones, L., S. G. Marinone & A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Cienc Mar.* 25 (1): 1-30.
- Theilacker, G. H. & R. Lasker. 1974. Laboratory studies of predation by euphausiid shrimps on fish larvae. En: J. H. S. Blaxter. *The early life history of fish*. Springer Verlag. 287-299.

- Thomson, D.A., L. T. Findley & A.N. Kerstitch. 2000. Reef fishes of the sea of Cortez. John Wiley & Sons. Texas, U.S.A. 212 p.
- Valdez-Holguín, J. E. & J. R. Lara-Lara. 1987. Productividad primaria en el Golfo de California efectos del evento El Niño 1982-1983. Cienc Mar. 13 (2): 34-50.
- Ward, J. H. JR. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. J. Am. Stat. Assoc. 58: 236-244.
- Wroblewski, J. S., J. G. Richman & G. L. Mellor. 1989. Optimal Wind Conditions for the Survival of Larval Northern Anchovy, *Engraulis mordax*: A Modeling Investigation. Fish B-NOAA. 87: 387-395.
- Zwolinski, J. P., R. L. Emmett-Robert & D. A. Demer. 2011. Predicting habitat to optimize sampling of Pacific sardine (*Sardinops sagax*). ICES J Mar Sci. 68(5): 867–879.

## ANEXOS

Tabla 1. Tabla de abundancias relativas de los grupos de zooplancton encontrados durante Marzo de 2005.

|    | Especies     | % Ab relativa |    | Especies       | % Ab relativa |
|----|--------------|---------------|----|----------------|---------------|
| 1  | FORAMINIFERA | < 0.10        | 22 | COPEPODA       | 46.04         |
| 2  | RADIOLARIA   | 12.29         | 23 | DECAPODA       | 1.29          |
| 3  | BRIOZOA      | < 0.10        | 24 | ASCIDIACEA     | < 0.10        |
| 4  | PHORONIDA    | < 0.10        | 25 | LARVACEA       | 0.24          |
| 5  | SIPUNCULIDA  | < 0.10        | 26 | THALIACEA      | 0.25          |
| 6  | CTENOPHORA:  | < 0.10        | 27 | ECHINODERMATA  | < 0.10        |
| 7  | Tentaculata  | < 0.10        | 28 | Asteroidea     | < 0.10        |
| 8  | Nuda         | < 0.10        | 29 | Echinoidea     | < 0.10        |
| 9  | HIDROZOA     | < 0.10        | 30 | Ofiuroidea     | < 0.10        |
| 10 | Hydroida     | 0.23          | 31 | Holoturoidea   | < 0.10        |
| 11 | Siphonophora | 1.33          | 32 | MOLLUSCA       | < 0.10        |
| 12 | CHAETOGNATA  | 27.22         | 33 | Poliplacophora | < 0.10        |
| 13 | POLIUETA     | 0.44          | 34 | Pelecypoda     | 0.11          |
| 14 | MYSIDACEA    | 0.13          | 35 | Gastropoda     | 0.10          |
| 15 | EUPHAUSIACEA | 5.52          | 36 | Pteropoda      | < 0.10        |
| 16 | AMPHIPODA    | 0.68          | 37 | Thecosomata    | 0.30          |
| 17 | ISOPODA      | < 0.10        | 38 | Gymnosomata    | < 0.10        |
| 18 | CIRRIPEDIA   | < 0.10        | 39 | Heteropoda     | 0.37          |
| 19 | CLADOCERA    | 1.25          | 40 | CEPHALOPODA    | < 0.10        |
| 20 | OSTRACODA    | 1.75          | 41 | Octopoda       | < 0.10        |
| 21 | ESTOMATOPODA | < 0.10        | 42 | Decapoda       | 0.22          |

Tabla 2. Tabla de abundancias relativas de los grupos de zooplancton encontrados durante Marzo de 2006.

|    | Especies     | % Ab relativa |    | Especies       | % Ab relativa |
|----|--------------|---------------|----|----------------|---------------|
| 1  | FORAMINIFERA | < 0.10        | 22 | COPEPODA       | 62.46         |
| 2  | RADIOLARIA   | 1.40          | 23 | DECAPODA       | 0.97          |
| 3  | BRIOZOA      | < 0.10        | 24 | ASCIDIACEA     | < 0.10        |
| 4  | PHORONIDA    | < 0.10        | 25 | LARVACEA       | 0.45          |
| 5  | SIPUNCULIDA  | < 0.10        | 26 | THALIACEA      | 2.90          |
| 6  | CTENOPHORA:  | < 0.10        | 27 | ECHINODERMATA  | < 0.10        |
| 7  | Tentaculata  | < 0.10        | 28 | Asteroidea     | 0.18          |
| 8  | Nuda         | < 0.10        | 29 | Echinoidea     | < 0.10        |
| 9  | HIDROZOA     | < 0.10        | 30 | Ofiuroidea     | < 0.10        |
| 10 | Hydroida     | < 0.10        | 31 | Holoturoidea   | < 0.10        |
| 11 | Siphonophora | 1.89          | 32 | MOLLUSCA       | < 0.10        |
| 12 | CHAETOGNATA  | 12.24         | 33 | Poliplacophora | < 0.10        |
| 13 | POLIQUETA    | 0.84          | 34 | Pelecypoda     | < 0.10        |
| 14 | MYSIDACEA    | < 0.10        | 35 | Gastropoda     | 0.32          |
| 15 | EUPHAUSIACEA | 12.06         | 36 | Pteropoda      | 0.83          |
| 16 | AMPHIPODA    | 0.36          | 37 | Thecosomata    | < 0.10        |
| 17 | ISOPODA      | < 0.10        | 38 | Gymnosomata    | < 0.10        |
| 18 | CIRRIPIEDIA  | < 0.10        | 39 | Heteropoda     | 0.44          |
| 19 | CLADOCERA    | 1.03          | 40 | CEPHALOPODA    | < 0.10        |
| 20 | OSTRACODA    | 1.18          | 41 | Octopoda       | < 0.10        |
| 21 | ESTOMATOPODA | < 0.10        | 42 | Decapoda       | < 0.10        |

Tabla 3. Tabla de abundancias relativas de las larvas de peces encontradas durante Marzo de 2005.

|    | Especies                         | % Ab relativa |    | Especies                             | % Ab relativa |
|----|----------------------------------|---------------|----|--------------------------------------|---------------|
| 1  | <i>Vinciguerria lucetia</i>      | 36.79         | 37 | <i>Opisthonema sp</i>                | 0.07          |
| 2  | <i>Diogenichthys laternatus</i>  | 21.79         | 38 | <i>Coryphaenoides sp</i>             | 0.07          |
| 3  | <i>Engraulis mordax</i>          | 14.72         | 39 | <i>Etropus crossotus</i>             | 0.07          |
| 4  | <i>Benthoosema panamense</i>     | 8.61          | 40 | <i>Symphurus atramentatus</i>        | 0.07          |
| 5  | <i>Leuroglossus stilbius</i>     | 3.99          | 41 | <i>Pronotogrammus multifasciatus</i> | 0.07          |
| 6  | <i>Scomber japonicus</i>         | 2.96          | 42 | <i>Bathylagus wesethi</i>            | 0.06          |
| 7  | <i>Hygophum atratum</i>          | 2.28          | 43 | <i>Albula spp.</i>                   | 0.05          |
| 8  | Gobiidae spp                     | 1.29          | 44 | <i>Ariosoma gilberti</i>             | 0.05          |
| 9  | <i>Triphoturus mexicanus</i>     | 1.14          | 45 | <i>Lepophidium stigmatistium</i>     | 0.05          |
| 10 | <i>Etrumeus teres</i>            | 0.76          | 46 | <i>Lytrypnus zebra</i>               | 0.05          |
| 11 | <i>Bregmaceros bathymaster</i>   | 0.42          | 47 | <i>Stomias atriventer</i>            | 0.05          |
| 12 | Nomeidae sp-A                    | 0.39          | 48 | <i>Diaphus pacificus</i>             | 0.05          |
| 13 | <i>Ophidion scrippsae</i>        | 0.36          | 49 | <i>Cherublemma emmelas</i>           | 0.05          |
| 14 | <i>Sardinops sagax</i>           | 0.29          | 50 | <i>Coryphopterus nicholsii</i>       | 0.05          |
| 15 | <i>Labrisomus xanthi</i>         | 0.25          | 51 | <i>Monolene asaedai</i>              | 0.04          |
| 16 | <i>Nezumia spp</i>               | 0.21          | 52 | <i>Aulopus bajacali</i>              | 0.04          |
| 17 | <i>Psenes pellucidus</i>         | 0.20          | 53 | <i>Scopelarchoides nicholsi</i>      | 0.04          |
| 18 | Eleotridae sp 1                  | 0.18          | 54 | <i>Scopelogadus bispinosus</i>       | 0.03          |
| 19 | <i>Bregmaceros sp 1</i>          | 0.18          | 55 | <i>Bothus leopardinus</i>            | 0.03          |
| 20 | <i>Caranx sp 1</i>               | 0.17          | 56 | <i>Lampanyctus parvicauda</i>        | 0.03          |
| 21 | <i>Symphurus williamsi</i>       | 0.15          | 57 | <i>Cyclopsetta sp-1</i>              | 0.03          |
| 22 | Gonostomatidae sp 1              | 0.13          | 58 | <i>Kyphosus sp.</i>                  | 0.02          |
| 23 | <i>Synodus lucioceps</i>         | 0.13          | 59 | Melamphidae sp                       | 0.02          |
| 24 | <i>Seriola sp</i>                | 0.12          | 60 | <i>Chloroscombrus orqueta</i>        | 0.02          |
| 25 | <i>Cyclothone spp.</i>           | 0.12          | 61 | <i>Pronotogrammus eos</i>            | 0.02          |
| 26 | <i>Chilaria taylori</i>          | 0.10          | 62 | Congridae                            | 0.02          |
| 27 | <i>Diplectrum sp 1</i>           | 0.09          | 63 | <i>Rhynchoconger nitens</i>          | 0.02          |
| 28 | <i>Diplophos proximus</i>        | 0.09          | 64 | Bathylagidae sp                      | 0.02          |
| 29 | <i>Ophichthus zophochir</i>      | 0.09          | 65 | <i>Caulolatilus princeps</i>         | 0.02          |
| 30 | <i>Lepidopus fitchi</i>          | 0.09          | 66 | <i>Ophioblennius steindachneri</i>   | 0.02          |
| 31 | <i>Umbrina roncador</i>          | 0.09          | 67 | Ophidiidae sp-4                      | 0.02          |
| 32 | <i>Pleuronichthys verticalis</i> | 0.09          | 68 | <i>Nannobranchium idostigma</i>      | 0.02          |
| 33 | <i>Scorpaenodes xyris</i>        | 0.09          | 69 | <i>Argentina sialis</i>              | 0.02          |
| 34 | <i>Chaenopsidae sp</i>           | 0.08          | 70 | <i>Labrisomidae sp</i>               | 0.02          |
| 35 | <i>Physiculus nematopus</i>      | 0.08          | 71 | <i>Trachurus symmetricus</i>         | 0.02          |
| 36 | Serranidae sp 1                  | 0.08          | 72 | <i>Psenes sio</i>                    | 0.02          |

Tabla 4. Tabla de abundancias relativas de las larvas de peces encontradas durante Marzo de 2006.

|    | Especies                        | % Ab relativa |    | Especies                             | % Ab relativa |
|----|---------------------------------|---------------|----|--------------------------------------|---------------|
| 1  | <i>Vinciguerria lucetia</i>     | 24.35         | 29 | <i>Caulolatilus princeps</i>         | 0.15          |
| 2  | <i>Diogenichthys laternatus</i> | 20.11         | 30 | <i>Myctophum aurolaternatum</i>      | 0.15          |
| 3  | <i>Leuroglossus stilbius</i>    | 13.26         | 31 | <i>Albula sp.</i>                    | 0.12          |
| 4  | <i>Sardinops sagax</i>          | 9.93          | 32 | <i>Pronotogrammus multifasciatus</i> | 0.12          |
| 5  | <i>Scombrer japonicus</i>       | 8.42          | 33 | <i>Lepidopus fitchi</i>              | 0.12          |
| 6  | <i>Etrumeus teres</i>           | 6.58          | 34 | <i>Argyropelecus lychnus</i>         | 0.10          |
| 7  | <i>Trachurus symetricus</i>     | 3.95          | 35 | <i>Ophichthus triserialis</i>        | 0.09          |
| 8  | <i>Triphoturus mexicanus</i>    | 2.42          | 36 | <i>Synodus lucioceps</i>             | 0.09          |
| 9  | <i>Engraulis mordax</i>         | 2.12          | 37 | <i>Melamphe sp.</i>                  | 0.09          |
| 10 | <i>Hygophum atratum</i>         | 1.08          | 38 | <i>Scorpaena guttata</i>             | 0.09          |
| 11 | <i>Symphurus sp.</i>            | 0.66          | 39 | <i>Scopelogadus bispinosus</i>       | 0.09          |
| 12 | <i>Stomias atriventer</i>       | 0.51          | 40 | <i>Pontinus sp.</i>                  | 0.09          |
| 13 | <i>Seriola lalandi</i>          | 0.42          | 41 | <i>Benthoosema panamense</i>         | 0.08          |
| 14 | <i>Psenes sio</i>               | 0.39          | 42 | <i>Rhynchoconger sp.</i>             | 0.08          |
| 15 | <i>Lampanyctus parvicauda</i>   | 0.38          | 43 | <i>Bathylagus nigrigenys</i>         | 0.08          |
| 16 | Gobiidae sp.                    | 0.37          | 44 | <i>Diplectrum sp.</i>                | 0.08          |
| 17 | <i>Caranx sp.</i>               | 0.35          | 45 | <i>Antennarius sp.</i>               | 0.07          |
| 18 | <i>Cherublemma emmelas</i>      | 0.32          | 46 | <i>Ophichthus zophochir</i>          | 0.07          |
| 19 | <i>Psenes sp.</i>               | 0.31          | 47 | <i>Chiloconger obtusus</i>           | 0.07          |
| 20 | <i>Scorpaenodes xyris</i>       | 0.25          | 48 | <i>Bathycongrus macrurus</i>         | 0.07          |
| 21 | <i>Aulopus bajacali</i>         | 0.24          | 49 | Paralichthyidae sp.                  | 0.07          |
| 22 | <i>Ophidion sp.</i>             | 0.23          | 50 | <i>Hoplunnis sp.</i>                 | 0.06          |
| 23 | <i>Citharichthys sp.</i>        | 0.22          | 51 | <i>Triphoturus sp.</i>               | 0.05          |
| 24 | <i>Oligoplites sp. 1</i>        | 0.17          | 52 | <i>Syacium ovale</i>                 | 0.05          |
| 25 | <i>Argentina sialis</i>         | 0.16          | 53 | <i>Lestidiops neles</i>              | 0.05          |
| 26 | <i>Nezumia sp.</i>              | 0.16          | 54 | <i>Echiodon exilium</i>              | 0.05          |
| 27 | <i>Citharichthys fragilis</i>   | 0.15          | 55 | <i>Citharichthys platophrys</i>      | 0.05          |
| 28 | <i>Heteroconger digueti</i>     | 0.15          | 56 | <i>Bothus sp.</i>                    | 0.05          |

Tabla 5. Resultados del análisis multivariado Escalamiento no-paramétrico multidimensional (ENMM) de las abundancia de las especies del zooplancton que muestra el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y la correlación de Pearson-Kendall ( $r$ ) para ordenación entre de las distancias y distancia original del espacio multidimensional. (Las marcas en negritas indican el valor con mayor correlación).

| Especies | Variables biológicas  |               |               |
|----------|-----------------------|---------------|---------------|
|          | $r^2$ (Eje 1)         | $r^2$ (Eje 2) | $r^2$ (Eje 3) |
| COP      | <b>0.524</b>          | 0.084         | 0.193         |
| CHAE     | 0.124                 | 0.315         | 0.292         |
| RAD      | -0.159                | <b>0.504</b>  | -0.125        |
| EUPHA    | 0.359                 | 0.017         | 0.214         |
| OSTR     | 0.283                 | 0.197         | 0.060         |
| Sipho    | 0.372                 | 0.083         | 0.384         |
| DECA     | 0.195                 | 0.012         | 0.173         |
| CLADO    | 0.301                 | <b>0.510</b>  | -0.153        |
| Heter    | 0.118                 | 0.227         | 0.103         |
| AMPHI    | 0.163                 | 0.306         | 0.246         |
| POLI     | <b>0.540</b>          | 0.108         | 0.191         |
| Pter     | <b>0.556</b>          | 0.033         | 0.261         |
| Theco    | -0.175                | 0.320         | 0.265         |
| Thal     | <b>0.651</b>          | 0.051         | 0.152         |
| LARV     | 0.336                 | 0.046         | 0.076         |
| Hydr     | <b>-0.420</b>         | 0.391         | 0.144         |
| Deca CEP | <b>-0.490</b>         | 0.386         | -0.005        |
| MYSI     | 0.249                 | -0.264        | 0.388         |
| Pele     | 0.349                 | 0.215         | -0.012        |
| Gast     | <b>0.529</b>          | -0.134        | 0.145         |
| SIPUN    | -0.145                | <b>0.507</b>  | 0.173         |
| Ofiu     | 0.184                 | 0.018         | -0.391        |
| ESTOM    | -0.157                | 0.030         | <b>0.421</b>  |
| FORA     | -0.105                | 0.210         | -0.129        |
| CTENO    | -0.044                | -0.065        | -0.113        |
| Gymn     | 0.375                 | -0.036        | 0.249         |
| Tenta    | 0.167                 | -0.082        | 0.218         |
| Aster    | <b>0.488</b>          | 0.019         | -0.310        |
| Poli     | -0.146                | 0.193         | -0.081        |
| Nuda     | 0.167                 | 0.020         | 0.277         |
| ISO      | 0.186                 | 0.035         | 0.265         |
| BRIO     | 0.303                 | 0.248         | -0.057        |
| Oct      | -0.179                | 0.164         | -0.040        |
| Echi     | 0.194                 | 0.267         | -0.167        |
| CEPHA    | -0.040                | 0.058         | -0.022        |
| CIRR     | <b>0.440</b>          | -0.153        | -0.044        |
| ASCI     | 0.323                 | 0.018         | 0.003         |
| PHOR     | 0.327                 | 0.122         | 0.158         |
| HIDR     | 0.156                 | 0.131         | 0.023         |
| Holo     | 0.217                 | 0.199         | -0.069        |
|          | Variables ambientales |               |               |



---

|             | $r^2$ (Eje 1) | $r^2$ (Eje 2) | $r^2$ (Eje 3) |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Temperatura | <b>-0.427</b> | -0.045        | 0.220         |
| Salinidad   | -0.172        | 0.283         | -0.235        |
| Biomasa     | <b>0.405</b>  | 0.105         | 0.199         |
| Clorofila   | 0.241         | -0.002        | -0.024        |

---

Tabla 6. Resultados del análisis multivariado de escalamiento no-métrico multidimensional (ENMM) del total de organismos del zooplancton y larvas de peces, incluyendo las larvas de los peces pelágicos menores que muestra el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y la correlación de Pearson-Kendall ( $r$ ) para la ordenación entre las distancias y distancia original del espacio multidimensional. (Las marcas en negritas indican el valor con mayor correlación).

| Variables biológicas |               |               |               |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|
| Especies             | $r^2$ (Eje 1) | $r^2$ (Eje 2) | $r^2$ (Eje 3) |
| COP                  | <b>-0.434</b> | -0.261        | 0.185         |
| CHAE                 | 0.012         | <b>-0.409</b> | 0.164         |
| RAD                  | 0.227         | <b>-0.433</b> | -0.307        |
| EUPHA                | -0.295        | -0.150        | 0.193         |
| OSTR                 | -0.192        | -0.319        | 0.038         |
| Sipho                | -0.213        | -0.238        | 0.375         |
| DECA                 | -0.154        | -0.116        | 0.159         |
| CLADO                | -0.223        | <b>-0.528</b> | -0.275        |
| Heter                | -0.081        | -0.262        | 0.002         |
| AMPHI                | -0.029        | <b>-0.440</b> | 0.161         |
| POLI                 | <b>-0.410</b> | -0.272        | 0.207         |
| Pter                 | <b>-0.448</b> | -0.211        | 0.288         |
| Theco                | 0.278         | -0.325        | 0.075         |
| Thal                 | <b>-0.546</b> | -0.207        | 0.149         |
| LARV                 | -0.252        | -0.124        | 0.015         |
| Hydr                 | <b>0.487</b>  | -0.298        | -0.043        |
| Deca CEP             | <b>0.585</b>  | -0.288        | -0.113        |
| MYSI                 | -0.214        | 0.124         | <b>0.472</b>  |
| Pele                 | -0.286        | -0.272        | -0.031        |
| Gast                 | <b>-0.482</b> | 0.015         | 0.244         |
| SIPUN                | 0.250         | <b>-0.463</b> | -0.003        |
| Ofiu                 | -0.290        | 0.096         | -0.356        |
| ESTOM                | 0.209         | -0.049        | 0.312         |
| FORA                 | 0.142         | -0.132        | -0.175        |
| CTENO                | 0.050         | 0.103         | -0.004        |
| Gymn                 | -0.328        | -0.133        | 0.263         |
| Tenta                | -0.186        | 0.054         | 0.230         |
| Aster                | <b>-0.569</b> | -0.005        | -0.268        |
| Poli                 | 0.096         | -0.140        | -0.176        |
| Nuda                 | -0.148        | -0.076        | 0.236         |
| ISO                  | -0.120        | -0.141        | 0.264         |
| BRIO                 | -0.287        | -0.218        | -0.100        |
| Oct                  | 0.193         | -0.128        | -0.067        |
| Echi                 | -0.215        | -0.156        | -0.198        |
| CEPHA                | 0.001         | 0.034         | -0.052        |
| CIRR                 | <b>-0.448</b> | 0.066         | 0.070         |
| ASCI                 | -0.315        | -0.055        | 0.074         |
| PHOR                 | -0.303        | -0.172        | 0.136         |
| HIDR                 | -0.160        | -0.089        | 0.044         |
| Holo                 | -0.220        | -0.161        | -0.069        |

|        |              |               |        |
|--------|--------------|---------------|--------|
| AsLP   | 0.114        | -0.063        | 0.025  |
| AgLP   | 0.139        | -0.035        | 0.110  |
| AbLP   | 0.002        | -0.059        | 0.086  |
| BsLP   | 0.143        | -0.152        | -0.035 |
| BwLP   | 0.137        | 0.058         | 0.063  |
| BpLP   | <b>0.576</b> | -0.327        | -0.008 |
| BbLP   | 0.218        | -0.128        | 0.034  |
| Bs1LP  | 0.158        | 0.155         | -0.044 |
| Car1LP | 0.156        | -0.016        | -0.114 |
| CspLP  | 0.143        | -0.040        | -0.066 |
| CeLP   | -0.114       | 0.005         | -0.067 |
| CtLP   | 0.227        | -0.017        | 0.139  |
| CoLP   | 0.069        | -0.127        | -0.098 |
| BILP   | 0.140        | 0.043         | 0.037  |
| CorsLP | 0.106        | -0.123        | 0.094  |
| CyppLP | 0.208        | -0.187        | -0.117 |
| DpLP   | 0.184        | -0.128        | 0.013  |
| DLLP   | <b>0.419</b> | -0.126        | 0.151  |
| DprLP  | 0.206        | 0.076         | 0.063  |
| DsLP   | 0.249        | -0.116        | 0.048  |
| EcLP   | 0.106        | -0.123        | 0.094  |
| EmLP   | 0.104        | -0.344        | -0.330 |
| EtLP   | -0.260       | -0.242        | -0.180 |
| EsLP   | 0.306        | -0.155        | 0.039  |
| GsLP   | 0.237        | -0.004        | 0.092  |
| GspLP  | 0.127        | -0.160        | 0.152  |
| HaLP   | 0.333        | -0.068        | 0.112  |
| LxLP   | 0.131        | -0.081        | -0.119 |
| LfLP   | 0.111        | -0.131        | 0.031  |
| LstLP  | 0.139        | -0.035        | 0.110  |
| LsLP   | -0.125       | -0.244        | -0.271 |
| LzLP   | 0.139        | -0.035        | 0.110  |
| MaLP   | 0.208        | -0.117        | -0.022 |
| NsLP   | 0.167        | -0.123        | -0.129 |
| NspLP  | 0.181        | -0.058        | -0.087 |
| OsLP   | 0.155        | -0.239        | 0.032  |
| OzLP   | 0.111        | 0.080         | -0.109 |
| OspLP  | 0.106        | -0.123        | 0.094  |
| PnLP   | 0.137        | 0.066         | -0.075 |
| PvLP   | 0.156        | -0.156        | -0.114 |
| PmLP   | 0.172        | -0.080        | 0.109  |
| PpLP   | 0.167        | -0.202        | 0.176  |
| SjLP   | -0.089       | <b>-0.519</b> | -0.117 |
| SsLP   | -0.286       | -0.172        | 0.072  |
| SxLP   | -0.048       | -0.019        | 0.107  |
| SnLP   | 0.187        | 0.007         | 0.016  |
| SspLP  | 0.133        | -0.063        | -0.024 |
| Ssp1LP | 0.111        | 0.106         | -0.068 |
| SaLP   | -0.066       | 0.017         | 0.093  |
| SatLP  | 0.106        | -0.123        | 0.094  |
| SwLP   | 0.196        | -0.090        | 0.152  |

|       |              |        |        |
|-------|--------------|--------|--------|
| SILP  | 0.096        | -0.016 | 0.202  |
| TsLP  | -0.372       | -0.180 | -0.079 |
| TmLP  | 0.100        | -0.319 | -0.019 |
| UrLP  | 0.156        | -0.156 | -0.114 |
| VILP  | <b>0.481</b> | -0.091 | 0.265  |
| AspLP | -0.199       | -0.013 | -0.125 |
| AnLP  | -0.031       | 0.127  | 0.089  |
| ArsLP | -0.146       | -0.049 | 0.007  |
| ArlLP | 0.002        | 0.002  | 0.119  |
| BaLP  | -0.010       | 0.110  | 0.135  |
| BatLP | -0.056       | 0.073  | 0.156  |
| BoLP  | 0.002        | 0.002  | 0.119  |
| CaLP  | -0.152       | -0.006 | -0.094 |
| CprLP | -0.140       | -0.134 | -0.049 |
| ChLP  | -0.127       | 0.089  | -0.110 |
| CiLP  | -0.155       | 0.093  | 0.046  |
| CitLP | 0.002        | 0.002  | 0.119  |
| CisLP | -0.025       | 0.161  | 0.081  |
| DiLP  | -0.056       | 0.073  | 0.156  |
| EceLP | 0.002        | 0.002  | 0.119  |
| GoLP  | -0.063       | 0.200  | 0.149  |
| HetLP | -0.152       | 0.019  | -0.028 |
| HoLP  | -0.143       | -0.040 | -0.152 |
| LapLP | -0.123       | 0.174  | 0.127  |
| LeLP  | 0.002        | 0.002  | 0.119  |
| MeLP  | 0.006        | 0.139  | 0.131  |
| MyLP  | 0.002        | 0.002  | 0.119  |
| NeLP  | -0.102       | 0.058  | 0.119  |
| OLLP  | -0.196       | -0.117 | 0.040  |
| OphLP | -0.174       | 0.019  | 0.068  |
| OptLP | 0.006        | 0.139  | 0.131  |
| PaLP  | -0.100       | 0.110  | 0.135  |
| PoLP  | -0.048       | -0.060 | 0.114  |
| PssLP | -0.034       | 0.162  | 0.252  |
| PseLP | -0.007       | 0.081  | 0.181  |
| RhyLP | -0.019       | 0.131  | 0.106  |
| SbLP  | -0.048       | -0.060 | 0.114  |
| ScoLP | -0.073       | 0.081  | 0.123  |
| SerLP | -0.201       | -0.005 | -0.157 |
| SyLP  | -0.027       | 0.048  | 0.098  |
| SymLP | -0.194       | 0.199  | 0.208  |
| TriLP | -0.027       | 0.048  | 0.098  |

Variables ambientales

|             | r <sup>2</sup> (Eje 1) | r <sup>2</sup> (Eje 2) | r <sup>2</sup> (Eje 3) |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Temperatura | <b>0.517</b>           | 0.078                  | 0.224                  |
| Salinidad   | 0.142                  | -0.198                 | -0.349                 |
| Biomasa     | -0.315                 | -0.258                 | 0.144                  |
| Clorofila   | -0.283                 | -0.01                  | -0.094                 |