

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



**DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS  
ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES EN EL  
NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

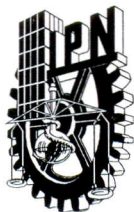
**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS  
EN  
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

BIOL. MARÍA TERESA PEIRO ALCANTAR

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 11 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:

**"DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA"**

Presentada por el alumno:

**PEIRO**

Apellido paterno

**ALCANTAR**

materno

**MARÍA TERESA**

nombre(s)

Con registro:

A	1	0	0	0	9	0
---	---	---	---	---	---	---

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

*Rogelio G. A.*

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS  
Director de Tesis

*René Funes Rodríguez*

DR. RENÉ FUNES RODRÍGUEZ  
2º. Director de Tesis

*Bernardo Shirasago Germán*

DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMÁN

*Germán Ponce Díaz*

DR. GERMÁN PONCE DÍAZ

*Alejandro Trinidad Hinojosa Medina*

MC. ALEJANDRO TRINIDAD HINOJOSA MEDINA

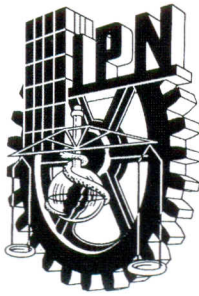
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

*Margarita Casas Valdez*

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



IPN  
CICIMAR  
DIRECCION



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

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 18 del mes Noviembre del año 2011  
el (la) que suscribe BÓL. MARÍA TERESA PEIRO ALCANTAR alumno(a) del  
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS  
con número de registro A100090 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:  
DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS y DR. RENÉ FUNES RODRÍGUEZ

y cede los derechos del trabajo titulado:

**“DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS ASOCIACIONES DE LARVAS DE PECES  
EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA”**

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: tere\_peiro@hotmail.com - rarmas@ipn.mx - rfunes@ipn.mx

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

*Ma. Teresa Peiro*  
BIÓL. MARÍA TERESA PEIRO ALCANTAR  
*nombre y firma*

# DEDICATORIA

*A mis padres*

*Jorge Peiro Corral y María Teresa Alcantar*

*Gracias por hacer de mi lo que soy y por ayudarme a llegar hasta donde estoy. Sin su apoyo, comprensión y cariño no podría estar aquí, infinitamente gracias!!*

*A mis hermanas*

*Diana y Cecilia*

*y*

*A mis sobrinos*

*Adrián y Sebastián*

*Gracias de todo corazón por siempre estar conmigo y por apoyarme en todo momento aun estando tan lejos de casa.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por permitirme realizar la presente investigación dentro de sus instalaciones.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa de Formación de Investigadores (PIFI) por el apoyo concedido a través de sus becas para llevar a cabo mis estudios de maestría. Así como a la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del IPN (COFAA) por el apoyo otorgado para la asistencia a congresos.

Al Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) a través del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Guaymas, Sonora, especialmente al Dr. Manuel O. Nevárez Martínez por facilitar la base de datos para la realización del presente trabajo.

A mis directores de tesis Dr. Rogelio González Armas y Dr. René Funes Rodríguez un agradecimiento especial por compartirme su gran conocimiento, además de la confianza que depositaron en mí en todo momento.

A mi comité revisor Dr. Bernardo Shirasago German, M. en C. Alejandro Hinojosa Medina y Dr. German Ponce Díaz por sus acertadas sugerencias y aportaciones referentes a mi tesis.

Al el personal administrativo y docente del CICIMAR-IPN por todo su apoyo, en especial al departamento de Servicios Escolares y Biblioteca quienes en todo momento mostraron la mejor disposición de ayudar.

A Gladys Cota Hernández por tu amistad, los buenos momentos, por todo el apoyo y la asesoría en mis múltiples dudas desde mi primer día en La Paz.

A mis amigos Juan Agustín Velasco García, Yazmín Vázquez Vega y José Alfredo Ruiz Chavarría por su amistad, los buenos momentos compartidos y por hacer de mi estancia en La Paz una tarea más sencilla.

A mis compañeros y amigos de la maestría.

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABLAS.....	iii
GLOSARIO.....	iv
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	5
2.1 Asociaciones de larvas de peces .....	5
2.2 Oceanografía .....	9
3. ÁREA DE ESTUDIO .....	12
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
5. HIPÓTESIS.....	15
6. OBJETIVOS.....	15
6.1 Objetivo general.....	15
6.2 Objetivos particulares.....	15
7. MATERIAL Y MÉTODOS .....	16
8. RESULTADOS .....	20
8.1 Perfiles de temperatura y salinidad .....	20
8.2 Masas de agua.....	22
8.3 Imágenes de satélite .....	23
8.3.1 Temperatura .....	23
8.3.2 Clorofila "a" .....	23
8.4 Abundancias .....	26
8.5 Diversidad, Heterogeneidad y Dominancia <i>k</i> .....	30
8.6 Análisis de la comunidad .....	33
8.6.1 Periodo frío .....	33
8.6.2 Periodo cálido .....	41

8.8 Especies características .....	49
8.8.1 Análisis de cocientes .....	49
8.8.2 Distribución de la abundancia .....	53
9. DISCUSIÓN.....	57
9.1 Perfiles de temperatura y salinidad .....	57
9.2 Masas de agua.....	58
9.3 Imágenes de satélite .....	59
9.4 Abundancia .....	60
9.5 Diversidad, Heterogeneidad y Dominancia <i>k</i> .....	62
9.6 Análisis de la comunidad.....	63
9.6.1 Periodo frío .....	64
9.6.2 Periodo cálido .....	66
9.7 Especies características.....	69
9.7.1 Análisis de cocientes .....	69
9.7.2 Distribución de la abundancia .....	70
10. CONCLUSIONES .....	73
11. REFERENCIAS .....	74

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio; ubicación de las estaciones de muestreo (1. Isla Ángel de la Guarda; 2. Isla Tiburón).....	12
Figura 2. Perfiles de temperatura hasta 100 m de profundidad.....	20
Figura 3. Perfiles de salinidad hasta 100 m de profundidad.....	21
Figura 4. Diagrama T-S del área de estudio (Agua del Golfo de California (AGC); Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt); Agua Subtropical Ecuatorial (ASE) y Agua Intermedia del Pacífico (AIP)).....	22
Figura 5. Imágenes de satélite de Temperatura Superficial del Mar. ....	24
Figura 6. Imágenes de satélite Clorofila “a”.....	25
Figura 7. Abundancias totales por grupos de especies, tomando en cuenta el hábitat del adulto.....	29
Figura 8. Abundancia relativa para los grupos de especies tomando en cuenta el hábitat del adulto. ....	29
Figura 9. Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), se presentan la media para cada uno de los muestreos ( $p = 0.0005$ ), así como el intervalo de confianza al 95%. ....	30
Figura 10. Distribución de los valores de $H'$ para cada uno de los muestreos realizados.....	31
Figura 11. Curvas de Dominancia $k$ , para los cuatro periodos muestreados. ....	31
Figura 12. Especies acumuladas (a) y Curva de heterogeneidad (b).....	32
Figura 13. Dendrograma y ubicación geográfica de estaciones con temperatura superficial (marzo 2005).....	34
Figura 14. Asociaciones de especies de larvas de peces (marzo 2005).....	35
Figura 15. Biplot del CCA, para especies y variables ambientales, marzo 2005. Las Flechas indican las variables ambientales. ....	36
Figura 16. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales, marzo 2005. Las Flechas indican las variables ambientales. ....	36
Figura 17. Dendrograma y ubicación geográfica de estaciones con temperatura superficial (abril 2007).....	38
Figura 18. Asociaciones de especies de larvas de peces (abril 2007).....	38



Figura 19. Biplot del CCA, para especies y variables ambientales, abril 2007. Las Flechas indican las variables ambientales. ....	40
Figura 20. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales, abril 2007. Las Flechas indican las variables ambientales. ....	40
Figura 21. Dendrograma y ubicación geográfica de estaciones con temperatura superficial (julio 2005). ....	42
Figura 22. Asociaciones de especies de larvas de peces (julio 2005). ....	42
Figura 23. Biplot del CCA, para especies y variables ambientales, julio 2005. Las Flechas indican las variables ambientales. ....	44
Figura 24. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales, julio 2005. Las Flechas indican las variables ambientales. ....	45
Figura 25. Dendrograma y ubicación geográfica de estaciones con temperatura superficial (noviembre 2006). ....	46
Figura 26. Asociaciones de especies de larvas de peces (noviembre 2006). ....	47
Figura 27. Biplot del CCA, para especies y variables ambientales, julio 2005. Las Flechas indican las variables ambientales. ....	48
Figura 28. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales, julio 2005. Las Flechas indican las variables ambientales. ....	49
Figura 29. Intervalos de temperatura y salinidad para <i>Anchoa</i> sp. ....	50
Figura 30. Intervalos de temperatura y salinidad para <i>Benthoosema panamense</i> . ....	50
Figura 31. Intervalos de temperatura y salinidad para <i>Citharichthys fragilis</i> . ....	51
Figura 32. Intervalos de temperatura y salinidad para <i>Engraulis mordax</i> . ....	52
Figura 33. Intervalos de temperatura y salinidad para <i>Merluccius productus</i> . ....	52
Figura 34. Distribución de la abundancia de <i>Engraulis mordax</i> . ....	53
Figura 35. Distribución de la abundancia de <i>Anchoa</i> sp. ....	54
Figura 36. Distribución de la abundancia de <i>Merluccius productus</i> . ....	55
Figura 37. Distribución de la abundancia de <i>Citharichthys fragilis</i> . ....	55
Figura 38. Distribución de la abundancia de <i>Benthoosema panamense</i> . ....	56

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Listado taxonómico de especies encontradas en los cuatro muestreos realizados al norte del Golfo de California.....	26
Tabla 2. Grupos de estaciones y asociaciones de especies (marzo 2005).....	35
Tabla 3. Correlación y Biplot Scores para las 8 variables ambientales (marzo 2005). .....	35
Tabla 4. Grupos de estaciones y asociaciones de especies (abril 2007). .....	39
Tabla 5. Correlación y Biplot Scores para las 8 variables ambientales (abril 2007)..	39
Tabla 6. Grupos de estaciones y asociaciones de especies (julio 2005). .....	43
Tabla 7. Correlación y Biplot Scores para las 8 variables ambientales (julio 2005). .	44
Tabla 8. Grupos de estaciones y asociaciones de especies (noviembre 2006). .....	47
Tabla 9. Correlación y Biplot Scores para las 8 variables ambientales (noviembre 2006).....	48

## GLOSARIO

**Abundancia.** Número de individuos de una población presentes en una muestra o en un área determinada.

**Análisis de Correspondencia Canónica (CCA).** Es una técnica que identifica la base ambiental para la ordenación de la comunidad mediante la detección de los patrones de variación en la composición de la misma, los cuales pueden ser mejor explicados por las variables ambientales.

**Asociación.** Son grupos de especies que coexisten, ya sea por preferencias de hábitat o debido a interacciones biológicas.

**Asociado a arrecife.** Especies que viven y se alimentan en o cerca de los arrecifes de coral.

**Batidemersal.** Especies que viven y se alimentan en el fondo del océano por debajo de los 200 m.

**Batipelágico.** Especies que viven o se alimentan en aguas abiertas a profundidades de entre 1.000 y 4.000 m.

**Bentopelágico.** Viven y se alimentan en el fondo, así como en aguas intermedias o cerca de la superficie.

**CTD.** Instrumento oceanográfico para obtener un perfil de la temperatura y la conductividad con la profundidad.

**Demersal.** Especies que viven en o cerca del fondo y se alimentan de organismos bentónicos.

**Dendrograma.** Diagrama que muestra las relaciones jerárquicas producidas por una clasificación jerárquica.

**Estructura termohalina.** Está dada por la distribución de los valores de temperatura y salinidad.

**Epipelágico.** Que viven o se alimentan de las aguas superficiales o en aguas intermedias hasta profundidades de 200 m.

**Flexión.** Etapa o proceso que se da cuando se dobla el urostilo dorsal al mismo tiempo que se da el desarrollo de los rayos principales y los huesos hipurales en la aleta caudal, también se conoce como el proceso de flexión de la notocorda. Preflexión se refiere a la etapa previa al inicio de la flexión de la punta de la

notocorda y postflexión se refiere a la etapa después de la finalización de la flexión de la notocorda.

**Hábitat.** Se refiere al conjunto de recursos y condiciones ambientales que están definidos en espacio y tiempo, mismos que determinan la presencia, supervivencia y reproducción de una especie o población.

**Ictioplancton.** Parte del zooplancton compuesto por huevos y estadios larvarios de peces.

**Larva.** La etapa de desarrollo desde el nacimiento hasta la adquisición plena de los caracteres merísticos externos (aletas y escamas), además incluye la etapa desde el saco vitelino hasta la etapa de postflexión.

**Masa de agua.** Un volumen de agua identificado por valores típicos de temperatura y salinidad que le son característicos y que permiten distinguirlo de otras.

**Media aritmética no ponderada (UPGMA).** Distancia entre grupos que es el promedio de todas las distancias para todos los pares de individuos, uno de cada grupo.

**Merístico (carácter).** Estructuras contables que se presentan en serie (e.g., miomeros, vértebras, radios de la aleta).

**Mesopelágico.** Capa oceánica de 200 a 1000 m, es una capa media del océano entre las capas epipelágica y batipelágica. También hace referencia a especies que viven o se alimentan en aguas intermedias a profundidades entre 200 m y 1000 m.

**Pelágico.** Viven y se alimentan en mar abierto, asociadas a la superficie o profundidad media de un cuerpo de agua, son nadadores libres, no están asociados con el fondo. También hace referencia a las aguas superficiales o profundidades medias de 0 a 200 m.

**Pesca exploratoria.** Rama especializada de la pesca que comprende la ecodetección y explotación de cardúmenes comerciales. Es la encargada de localizar nuevas zonas y recursos pesqueros.

## RESUMEN

Los requerimientos ambientales que promueven el éxito reproductivo de los peces son una combinación de varios factores, tanto físicos como biológicos que influyen en diferentes escalas espaciales y temporales. Por esta razón, se llevaron a cabo cuatro cruceros de pesca exploratoria siguiendo cardúmenes de merluza al norte del Golfo de California entre 2005 y 2007, donde se realizaron arrastres verticales de plancton con red Bongo e hidrocaldas con CTD, a una profundidad máxima de 200 m. La información de la abundancia y distribución de larvas de peces fue analizada con el objeto de identificar su variación espacio-temporal en relación a las características del ambiente. Se identificaron un total de 93 especies pertenecientes a 41 familias y 61 géneros. *Engraulis mordax*, presentó la mayor abundancia relativa (>80%) en marzo de 2005 y abril de 2007 y *Benthoosema panamense* en julio de 2005 y noviembre de 2006 (40 y 52%). El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) permitió la diferenciación de dos periodos: uno frío (marzo-abril); y otro cálido (julio-noviembre). En el periodo frío, se presentaron dos masas de agua: Agua del Golfo de California (AGC) que fue predominante en el muestreo de abril de 2007 y Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt). En abril, la diversidad de especies fue baja (0.9 bits/ind.), pero incrementó al doble en marzo (2.1 bits/ind.). Durante el periodo frío, *E. mordax* fue la especie dominante, asociada con especies de afinidad templada y subtropical (*Merluccius productus* y *Citharichthys fragilis*). Durante el periodo cálido, el AGC fue predominante en julio de 2005, y en noviembre de 2006 estuvieron presentes tres masas de agua (AGC, ASsSt y Agua Superficial Ecuatorial). En el periodo cálido, la diversidad fue mayor en julio (2.5 bits/ind.), pero disminuyó ligeramente en noviembre (1.9 bits/ind.). Las asociaciones características del periodo cálido son de especies de afinidad tropical y subtropical, como los mesopelágicos *B. panamense* y *Vinciguerria lucetia*. Se encontraron especies dominantes en cada una de las asociaciones de especies de larvas de peces; dichas especies y las características hidrográficas muestran una clara estacionalidad en el área. De acuerdo con la temperatura y el CCA fue posible detectar dos periodos, con especies dominantes en cada uno de los mismos.

## ABSTRACT

Environmental requirements that promote the fish reproductive success are a combination of factors, both physical and biological processes that influence different spatial and temporal scales. For this reason, four exploratory fishing cruises were carried out along the northern Gulf of California between 2005 and 2007; vertical plankton tows were made with Bongo net and hydrocast with CTD, at maximum of 200 m depth. The abundance and distribution information of fish larvae was analyzed in order to identify the spatio-temporal variation in relation to environmental characteristics. A total of 93 species was identified, belonging to 41 families and 61 genera. *Engraulis mordax*, had the highest relative abundance (> 80%) in March, 2005 and April, 2007 and *Benthoosema panamense* in July, 2005 and November, 2006 (40 and 52%). Canonical Correspondence Analysis (CCA) allowed the differentiation of two periods: the cold period (March-April) and the warm period (July-November). In the cold period, there were two water masses: Gulf of California Water (GCW) that was predominant in the sample of April 2007 and Subtropical Subsurface Water (SsStW). In April, the species diversity was low (0.9 bits/ind.), but increased twice in March (2.1 bits/ind.). During the cold period, *E. mordax* was the dominant species, associated with temperate and subtropical affinity species (*Merluccius productus* and *Citharichthys fragilis*). During the warm period, the GCW was predominant in July, 2005 and three water masses were present in November, 2006 (AGCW SsStW and Equatorial Surface Water). In the warm period, diversity was higher in July (2.5 bits/ind.), but decreased slightly in November (1.9 bits/ind.). The assemblages during the warm period presented characteristics of tropical and subtropical affinity species, such as mesopelagic *B. panamense* and *Vinciguerria lucetia*. Dominant species were found in each of the of larval fish assemblages, these species and hydrographic characteristics show a clear seasonality in the area.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los cambios en la distribución, abundancia y estructura de las comunidades de larvas de peces son, utilizados como indicadores de cambio en los ecosistemas que, en conjunto, con la distribución de las áreas de desove, se utilizan para investigar la distribución y determinación de los límites poblacionales (Auth, 2008; Bernal *et al.*, 2007). Las asociaciones son grupos de especies que tienden a coexistir, ya sea por preferencias de hábitat o debido a interacciones biológicas (Jaureguizar *et al.*, 2003). De este modo, las asociaciones de larvas de peces pueden exhibir una estabilidad temporal que se relaciona con requerimientos ambientales y localidades geográficas comunes, constituidas por especies que tienden a coexistir, debido a preferencias de hábitat similares (Moser *et al.*, 1987; Fuiman y Werner, 2002; Aceves-Medina *et al.*, 2004; Funes-Rodríguez *et al.*, 2011).

La respuesta de las larvas de peces a los componentes bióticos y abióticos del ambiente son de importancia en términos acceso a los hábitat de crianza, el éxito en el reclutamiento y sobre todo, en la dinámica de las poblaciones de peces (Agostini y Bakun, 2002; Keane y Neira, 2008). La extensión espacial y localización del desove puede ser crítica para los huevos y larvas resultado del cambio en la estructura poblacional y de las condiciones ambientales que pueden variar geográficamente y entre años (Smith y Moser, 2003; Emmett *et al.*, 2005; Coombs *et al.*, 2006; Bernal *et al.*, 2007; Ibaibarriaga *et al.*, 2007; Planque *et al.*, 2007;).

En este sentido, se considera a los procesos oceánicos como los responsables de las asociaciones por que originan, mantienen e interrumpen las asociaciones (e. g. circulación de corrientes, frentes, giros, topografía) (Fuiman y Werner, 2002). De esta forma, es posible definir el hábitat como la posición en el espacio ocupado por los huevos y larvas de peces en un punto en el tiempo, caracterizado por requerimientos y respuestas comunes a las condiciones ambientales existentes (Fuiman y Werner, 2002), donde los procesos físicos se combinan para ofrecer los requerimientos de hábitat favorables para el crecimiento y supervivencia de las larvas (Lasker, 1978;

Bakun, 1996; Logerwell y Smith, 2001; Agostini y Bakun, 2002; Lynn, 2003; McClatchie *et al.*, 2007; Planque *et al.*, 2007; Aceves-Medina *et al.*, 2009).

El Golfo de California (GC) es único por ser la gran cuenca de evaporación del Océano Pacífico, que se caracteriza por su estacionalidad en cuanto a temperatura, circulación, vientos, surgencias y productividad de sus aguas (Lavín *et al.*, 1997; Hammann *et al.*, 1998; Lavín y Marinone, 2003). Las condiciones en la superficie oceánica están dominadas en gran parte por el forzamiento atmosférico y la dinámica oceánica. Las temperaturas más altas se encuentran en la cabecera y boca del Golfo durante el verano, mientras que las más bajas se encuentran en la porción norte durante el invierno y alrededor de las grandes islas durante todo el año (Soto-Mardones *et al.*, 1999; Marinone y Lavín, 2003).

La circulación en el norte del Golfo está dominada por un giro invertido por la temporalidad, ciclónico en verano y anticiclónico en invierno (Lavín *et al.*, 1997; Beier, 1997; Beier y Ripa, 1999; Lavín y Marinone, 2003; Calderón-Aguilera *et al.*, 2003). La alta productividad del GC es el resultado de un transporte eficiente de nutrientes en la zona eufótica. El enriquecimiento de nutrientes se debe principalmente a una fuerte mezcla de marea alrededor de las grandes islas, mismo que se debe a una fuerte mezcla vertical y un flujo continuo de agua fría rica en nutrientes, además de la surgencia costera impulsada por el viento durante el invierno (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987; Lluch-Cota *et al.*, 2007). Debido a la ubicación geográfica y conformación del GC, este alberga diversos ecosistemas y recursos pesqueros de importancia industrial y económica (Lluch-Cota *et al.*, 2007).

El conocimiento adquirido de las especies que habitan el GC ha permitido realizar un análisis detallado de la comunidad ictioplanctónica en términos de composición de especies, patrones de distribución, asociaciones de especies y de cómo, los cambios ambientales afectan la distribución y composición de las larvas de peces (Moser *et al.*, 1974; Aceves-Medina *et al.*, 2003; Aceves-Medina *et al.*, 2004). Desde los años 50 diferentes organizaciones han realizado expediciones exploratorias y



oceanográficas en el GC. Por ejemplo, Mathews *et al.* (1973) a bordo del buque Alejandro de Humboldt, para explorar los potenciales recursos pesqueros del GC. Simultáneamente, Moser *et al.* (1974) aportaron una visión general de la composición, distribución y abundancia estacional de las larvas de peces del GC con énfasis en las especies de importancia comercial y ecológica. Recientemente, se han realizado trabajos sobre composición taxonómica de las larvas de peces, patrones temporales de distribución, abundancia y diversidad de especies, así como la determinación de la relación entre las asociaciones de larvas de peces y las características ambientales (Aceves-Medina *et al.*, 2003; Aceves-Medina *et al.*, 2004; Sánchez-Velasco *et al.*, 2002; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009).

Específicamente, en la porción norte y centro del GC, existen trabajos de las asociaciones de larvas de peces en relación a la variabilidad ambiental, además de trabajos para explorar los patrones de conectividad evaluando los cambios estacionales de las asociaciones (Peguero-Icaza *et al.*, 2008; Peguero-Icaza *et al.*, 2011). Asimismo, en el área de las grandes islas, particularmente en la zonas de frentes existen contribuciones sobre la distribución vertical de las asociaciones y distribución de las especies en relación con la hidrografía (Danell-Jiménez *et al.*, 2009; Inda-Díaz *et al.*, 2010).

El GC es una de las regiones pesqueras más importantes y productivas en el Pacífico Oriental Tropical y en México. Particularmente, soporta una importante pesquería multiespecífica de pelágicos menores; que es dominada por la sardina del Pacífico (*Sardinops sagax*) la cual aporta el 80% del total de las capturas anuales (Cisneros-Mata *et al.*, 1995; Nevárez-Martínez *et al.*, 2001; Lanz *et al.*, 2008). Dada la importancia de los pelágicos menores en la industria pesquera, se han realizado diversos trabajos enfocados para el reconocimiento de las áreas de desove, además de la distribución y abundancia de huevos, larvas y adultos de estas especies que tienen un alto valor comercial (Green-Ruiz y Hinojosa-Corona, 1997; Coteró-Altamirano y Green-Ruiz, 1997; Hammann *et al.*, 1998).

Es por esto, que la caracterización espacio-temporal del hábitat de desove de las especies de peces en el GC, es una tarea importante en la ciencia pesquera, debido a la importancia comercial y ecológica del área. La interacción entre el hábitat y el desove de especies que presentan una dinámica particular, produce complejas asociaciones de larvas de peces que pueden variar en sus límites y permanencia. No obstante, la importancia de una caracterización de la estructura de la comunidad y de los mecanismos que favorecen las agrupaciones, aún son escasos los estudios para explicar la variabilidad de las poblaciones dentro del GC y en particular en la porción norte, caracterizada por su dinámica oceánica y su alta productividad biológica. Debido a ello, el presente trabajo identificó la distribución espacio-temporal de las asociaciones de las larvas de peces y su relación con la variabilidad estacional de algunas variables ambientales, en la parte norte del GC durante cuatro muestreos entre 2005 y 2007.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Asociaciones de larvas de peces

Los requerimientos ambientales que promueven el éxito reproductivo de los peces son una combinación compleja de varios factores, tanto físicos como biológicos que influyen en diferentes escalas espaciales y temporales (Bakun, 1990; Sánchez-Velasco *et al.*, 2002). Los procesos que favorecen el enriquecimiento y la concentración de partículas (e. g., convergencia, estabilidad de la columna de agua, mezcla) y procesos de retención o transporte, generan condiciones favorables para el desove y consecuentemente una mayor supervivencia de huevos y larvas (Lasker, 1978; Bakun, 1996; Logerwell y Smith, 2001; Lynn, 2003; McClatchie *et al.*, 2007; Planque *et al.*, 2007; Aceves-Medina *et al.*, 2003; Aceves-Medina *et al.*, 2009). Por tales motivos, cualquier cambio en la distribución, abundancia y estructura de las comunidades de larvas de peces, pudiera ser utilizado como indicador de cambio en el ecosistema y en conjunto, con la distribución de las áreas de desove, se utiliza para investigar la distribución y determinación de los límites entre las poblaciones (Auth, 2008; Bernal *et al.*, 2007).

Alrededor del mundo se han realizado diversos trabajos sobre la respuesta de la comunidad del ictioplancton, en relación a las características del ambiente, donde se relaciona su distribución de acuerdo a la presencia de masas de agua (Moser *et al.*, 1987; Moser y Smith, 1993; Doyle *et al.*, 2002; Funes-Rodríguez *et al.*, 2011), así como relacionados con la circulación de corrientes y otros fenómenos oceanográficos a diferentes escalas espaciales y temporales (Gray y Miskiewicz, 2000; Harris *et al.*, 2001; Jaureguizar *et al.*, 2003; Silva-Segundo *et al.*, 2008; Keane y Neira 2008). Además, de relacionar los procesos y factores que afectan la distribución y abundancia de las comunidades de larvas de peces y los adultos (Garrison *et al.*, 2002).

El GC posee una gran diversidad y alta abundancia de especies de peces de importancia comercial y ecológica (Mathews *et al.*, 1973; Moser *et al.*, 1974). La mayoría de las especies de peces tienen períodos y áreas de desove bien definidos.

Los epipelágicos como *S. sagax* y *Engraulis mordax*, y el demersal *Merluccius productus* desovan de noviembre a abril, con una máxima intensidad en enero y febrero, mientras que *Auxis* sp., *Opisthonema libertate* y *Benthoosema panamense* desovan principalmente de junio a septiembre, con un máximo en agosto (Moser *et al.*, 1974; Green-Ruiz y Hinojosa-Corona, 1997; Hammann *et al.*, 1998; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009).

En el GC se destaca la predominancia de larvas de peces mesopelágicas, principalmente de las familias Myctophidae, Phosichthyidae y Bathylagidae, mientras que las familias de peces pelágico-costeros (Clupeidae, Engraulidae y Scombridae) contribuyen con un menor porcentaje del total de la abundancia de larvas de peces (Aceves-Medina *et al.*, 2003). Asimismo, este autor identifica a dos complejos de larvas de peces de acuerdo a su composición taxonómica y afinidad biogeográfica de los taxones. Un complejo “norte” compuesto principalmente de especies templadas y subárticas, caracterizado por tres grupos recurrentes (Sardinops, Engraulis y Merluccius) y un complejo “sur” conformado por especies tropicales y subtropicales caracterizado por nueve grupos recurrentes que son propios de ambientes templados o tropicales-subtropicales (Benthoosema, Scyacium, Albula, Oligoplites, Bothus, Hygophum, Gobulus, Ophichthus y Bregmaceros) (Aceves-Medina *et al.*, 2004).

En la porción central del GC, Ávalos-García *et al.* (2003) reportaron que las familias más abundantes durante otoño, primavera y verano fueron, Myctophidae, Clupeidae, Engraulidae y Phosichthyidae, siendo el mesopelágico *B. panamense* la especie más frecuente y abundante. Asimismo, Danell-Jiménez *et al.* (2009) señalaron a *B. panamense* como el principal constituyente del ictioplancton en la zona de un frente oceánico al sur de las grandes islas en verano, entre otras especies comunes presentes en la columna de agua (*Syacium ovale*, *Triphoturus mexicanus* y *Albula* sp). Estos autores señalan que el contraste hidrográfico entre ambos lados del frente asociado a la circulación, generan diferentes hábitats de acuerdo a las asociaciones de larvas de peces.

En particular, la porción norte del GC presenta una alta variabilidad estacional en la composición de las larvas de peces. Sánchez-Velasco *et al.* (2009) indican que el mayor número de especies comunes, como son *B. panamense*, *Anchoa* spp. y *Opisthonema libertate* se observaron durante el verano; mientras que en el invierno las mayores abundancias estuvieron representadas por especies tales como, *B. panamense*, *E. mordax* y *M. productus* (Sánchez-Velasco *et al.*, 2009; Peguero-Icaza *et al.*, 2011). No obstante, Peguero-Icaza *et al.* (2008) indicaron que durante el otoño las especies más abundantes fueron *B. panamense* y *E. mordax*, mismas que representaron el 62% del total de la abundancia. Sin embargo, cabe señalar que estas especies pertenecen a afinidades biogeográficas diferentes.

En el GC la distribución de los patrones de diversidad reflejan dos o tres regiones geográficas de acuerdo a la temporada del año, que fueron establecidas por las diferencias en los valores de diversidad (Aceves-Medina *et al.*, 2004). Estos autores indicaron que de verano a invierno la región de las grandes islas presenta una menor diversidad, en comparación a dos zonas de alta diversidad (norte de las grandes islas y central del Golfo), mientras que durante el otoño y primavera, una segunda área de baja diversidad se observa entre Bahía Concepción y Guaymas, que a su vez divide una área de alta diversidad (Isla Carmen).

La alta diversidad de peces en el GC se debe en parte a los procesos geológicos que dieron forma a esta cuenca, misma que han permitido el establecimiento de especies de afinidades subárticas y templadas en el norte; así como, especies tropicales en el sur. Incluidos diversos ambientes marinos asociados con características topográficas, batimétricas y climáticas contrastantes que permiten la coexistencia de especies epipelágicas, mesopelágicas y demersales en un área de estrecha relación (Castro-Aguirre *et al.*, 1995; Aceves-Medina *et al.*, 2004). Al respecto, Aceves-Medina *et al.* (2004) sugieren que la distribución de la diversidad y de los agrupamientos de larvas de peces indica dos periodos principales (invierno y verano).

En invierno, cuando las aguas tropicales se limitan a la parte sureste de la boca del Golfo y los procesos de surgencia más intensos, tienen lugar principalmente en la costa continental y la zona de las grandes islas, favorece la reproducción de las especies subárticas y templadas. En cambio en verano, la alta diversidad es una consecuencia de la invasión de la masa de agua tropical al sur de las grandes islas y en combinación con el calentamiento solar de la parte norte del GC, permite la reproducción de especies tropicales. Entre ambos periodos se ubican, además, a dos periodos de transición (primavera y otoño), en los que el cambio estacional, la localización y límites de las asociaciones, son determinados por la expansión y contracción de las faunas relacionados con la circulación general de corrientes (Aceves-Medina *et al.*, 2004).

Debido a la importancia pesquera y económica de los peces pelágicos menores en el GC, se han realizado diversos trabajos para caracterizar su hábitat de desove, así como el hábitat donde se encuentran las larvas en sus diferentes estadios de desarrollo (Hamman *et al.*, 1988; Green-Ruiz y Hinojosa-Corona, 1997; Hamman *et al.*, 1998; Sánchez-Velasco *et al.*, 2000; Sánchez-Velasco *et al.*, 2002; Aceves-Medina *et al.*, 2009; Inda-Díaz *et al.*, 2010). En sus resultados, Aceves-Medina *et al.* (2009) sostienen la hipótesis de que las áreas de desove de los peces pelágicos menores están mayormente correlacionadas con una alta biomasa de zooplancton, que con las variables físicas ambientales. Al respecto, se ha demostrado que las altas densidades de huevos de peces pelágicos menores están asociadas con altas densidades de zooplancton, lo que parece ser una estrategia evolutiva que promueve las oportunidades para obtener un mejor suministro de alimentos, para el desarrollo larvario y/o los requerimientos alimentarios de los adultos y sus desoves (Lynn, 2003).

Recientemente, Inda-Díaz *et al.* (2010) proponen que la distribución de las larvas de *E. mordax* y *S. sagax* alrededor de las grandes islas, estuvieron ausentes del lado frío de un frente térmico, donde sugieren la posibilidad de que los adultos eviten esta zona de alta turbulencia para desovar, pero también, que el frente funcione como

barrera en la advección de huevos, mientras que las larvas sean transportadas por las corrientes y atrapadas por los giros anticiclónicos. Las larvas en preflexión de *S. sagax* se distribuyeron, mayormente en las aguas más cálidas que 16 °C y en los primeros 100 m de profundidad, en este caso la temperatura superficial puede funcionar como una barrera tan importante como los efectos del frente, ya que esta especie tiene un rango de temperatura para el desove bien definido (Lluch *et al.*, 1991; Funes-Rodríguez *et al.*, 1995; Hammann *et al.*, 1998; Aceves-Medina *et al.*, 2009; Inda-Díaz *et al.*, 2010).

## **2.2 Oceanografía**

El GC se caracteriza por su estacionalidad en temperatura, circulación, vientos, surgencias y productividad. El clima y la circulación están influenciados por la inversión estacional de los vientos y los cambios en la radiación solar. La temperatura superficial del mar presenta una gran variabilidad anual. El rango estacional de la temperatura superficial es extremo: en la parte norte varía entre los 14° C en febrero hasta los 30° C en agosto y en la parte sur entre los 20° y 30° C (Badan-Dangon *et al.* 1985; Brinton *et al.*, 1986; Lavín *et al.*, 1997; Hammann *et al.*, 1998; Soto-Mardones *et al.*, 1999; Lavín y Marinone, 2003).

La circulación superficial en el GC tiene un fuerte ciclo estacional, con flujo entrante en verano y saliente en invierno; gran parte de la señal estacional resulta de la acción del Océano Pacífico a través de la boca del Golfo (Lavín *et al.*, 1997). La circulación oceánica es resultado de la baja frecuencia y la co-oscilación de las mareas con el Océano Pacífico; el momentum y el flujo de calor en la superficie del mar, además de la interacción entre la corriente producida por estos agentes y la topografía. La variabilidad temporal de estos agentes, con excepción de la mareas está determinado por la estacionalidad del GC, donde Badan-Dangon *et al.* (1991) describen un verano subtropical de junio a septiembre y un invierno subtropical de latitudes medias de octubre a mayo, por tanto, las corrientes en el Golfo varían con las mareas y la temporalidad (Ripa, 1997; Beier, 1997; Beier y Ripa, 1999; Velasco y Marinone, 1999). La amplitud de mareas aumenta gradualmente a partir de la

entrada del GC hasta la isla Tiburón y después rápidamente hacia su extremo norte (Velasco y Marinone, 1999; Martínez-Díaz de León, 2001). Como consecuencia del carácter de los componentes diurnos y semidiurnos, las mareas en el Golfo son mixtas, principalmente semidiurnas en las zonas norte y sur, y diurnas en el centro del Golfo (Lavín y Marinone, 2003).

El GC puede ser dividido en cuatro regiones de acuerdo con Lluch-Cota y Arias-Aréchiga (2000), con base en la concentración de pigmentos fotosintéticos y zonificación previamente establecida por otros autores utilizando otros criterios como la hidrografía, abundancia y depositación de diatomeas, especies dominantes de fitoplancton, así como información de concentración de pigmentos provenientes de imágenes satelitales (Sverdrup, 1941; Gilbert y Allen, 1943; Round, 1967; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994; Arias-Aréchiga, 1998 en Lluch-Cota y Arias-Aréchiga, 2000). Una región norte, bajo el predominio e influencia del forzamiento de mareas; una central, influenciada principalmente por el esfuerzo del viento; y una sureña influenciada por el Océano Pacífico; una cuarta región se ubica alrededor del Canal de Ballenas (grandes islas), que muestra una alta productividad durante todo el año y es considerada como un Centro de Actividad Biológica. El enriquecimiento de las aguas superficiales de esta última región, generalmente más fría que el resto del GC, es básicamente debido a la fuerte mezcla de mareas (Hammann *et al.*, 1988). La gran productividad sostenida en el Canal de Ballenas permite la existencia de grandes poblaciones de especies de afinidad templada, rodeadas de aguas tropicales empobrecidas, donde las especies cálidas muestran una alta diversidad y baja biomasa durante el verano (Lluch-Belda *et al.*, 2003).

La parte norte del GC es principalmente somera (<200 m), comparada con el resto del Golfo donde hay diferentes cuencas que alcanzan hasta 3000 m de profundidad cerca de la boca del GC. También, en la porción norte se localizan algunas cuencas importantes que alcanzan hasta 600 m de profundidad (Lavín *et al.*, 1997). La circulación está dominada por un giro que se invierte con la estacionalidad, ciclónico en verano el cual tiene una permanencia de aproximadamente cuatro meses (junio-



septiembre) con flujo de entrada del lado continental; mientras que en invierno el giro es anticiclónico con flujo de entrada del lado peninsular y una permanencia de cerca de seis meses (noviembre-abril) (Lavín *et al.*, 1997; Lavín y Marinone, 2003; Calderón-Aguilera *et al.*, 2003). Estos giros son causados por el período anual de forzamiento provocado por los vientos monzónicos, el Océano Pacífico y el flujo de calor a través de la superficie (Beier y Ripa, 1999).

En la parte norte del Golfo, las fuertes corrientes de marea provocan una mayor homogeneización de la columna de agua (Álvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979). Una fracción de la energía extraída de las corrientes de marea por la fricción del fondo, es utilizada para la mezcla vertical, es por esto que la mezcla de mareas es importante en las zonas donde la disipación de la marea es alta, como son las áreas del alto Golfo, el archipiélago y de la plataforma sur de la Isla Tiburón. Tanto la mezcla interna como la del fondo son moduladas por las mareas, ya sea en su frecuencia diaria, semidiurna o quincenal, lo que causa variaciones en la distribución de la temperatura superficial y la estratificación en el área de las grandes islas (Lavín y Marinone, 2003).

### 3. ÁREA DE ESTUDIO

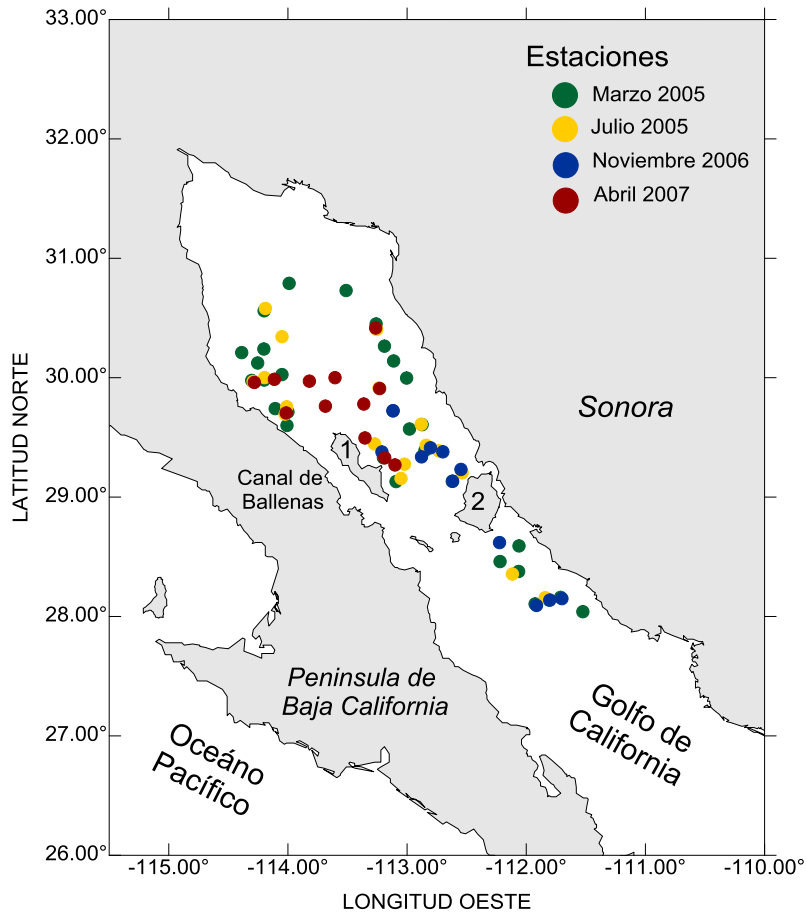


Figura 1. Área de estudio; ubicación de las estaciones de muestreo (1. Isla Ángel de la Guarda; 2. Isla Tiburón).

El GC se extiende desde los 23 a los 32° N dentro de la zona templado-cálida desde la zona de transición Californiana, hasta su desembocadura con la Provincia Mexicana, ha sido denominada como una entidad zoogeografía distinta y llamada Provincia de Cortez (Briggs, 1974). Es un mar alargado y semicerrado con una anchura promedio de 150 km y una longitud de 1100 km. El GC se caracteriza por su estacionalidad en temperatura, circulación, vientos, surgencias y productividad de sus aguas (Lavín *et al.*, 1997; Hammann *et al.*, 1998; Soto-Mardones *et al.*, 1999; Lavín y Marinone, 2003). La porción norte está separada por dos grandes islas (Ángel de la Guarda y Tiburón), y es principalmente somera con una profundidad media de ~ 200 m; asimismo, se localizan algunas cuencas importantes como son:

parte de la Cuenca Tiburón (400 m), Cuenca Delfín (600 m) y Cuenca Wagner (200 m). El rango estacional de la temperatura superficial es extremo: en la parte norte varía entre los 14° C en febrero y los 30° C en agosto (Brinton *et al.*, 1986; Lavín *et al.*, 1997; Soto-Mardones *et al.*, 1999). La circulación en el norte del Golfo está dominada por un giro que se invierte estacionalmente, mismo que se observa ciclónico en verano y anticiclónico en invierno, el primero tiene una duración de cerca de cuatro meses (junio a septiembre) y el segundo dura cerca de seis meses (noviembre a abril) (Lavín *et al.*, 1997; Beier, 1997; Beier y Ripa, 1999; Lavín y Marinone, 2003; Calderón-Aguilera *et al.*, 2003).

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El GC es una de las regiones pesqueras más importantes del Pacífico Oriental Tropical y la región pesquera más productiva en México (Lluch-Cota *et al.*, 2007; Erisman *et al.*, 2010). En particular, alrededor de las grandes islas soporta grandes biomásas de sardinas y sirve de refugio a especies durante periodos adversos (Lluch-Belda *et al.*, 2003). Su alta productividad se determina por la fuerte mezcla de mareas y la presencia de ondas internas (Hammann *et al.*, 1988; Lavín y Marinone, 2003). No obstante, la abundancia relativa de los stock de sardinas fluctúa con los diferentes estados de enfriamiento y calentamiento del ambiente (Lluch-Belda *et al.*, 2003) y simultáneamente afecta la distribución de las especies, zonas de desove y las pesquerías (Lanz *et al.*, 2008). En este sentido, la caracterización del hábitat del desove de las especies de peces, es una tarea importante en la ciencia pesquera, particularmente en la estimación de biomasa y el reclutamiento de las especies, así como, de la salud de los stocks pesqueros.

La interacción del desove de especies en ambientes que presentan una dinámica particular con el hábitat, produce complejas asociaciones de larvas de peces que pueden variar en sus límites y permanencia (Neira y Keane, 2008; Peguero-Icaza *et al.*, 2008). Estas asociaciones de larvas de peces exhiben una estabilidad temporal que está relacionada con diferentes requerimientos ambientales y localidades geográficas, además de estar constituidas por especies que coexisten, debido a

preferencias de hábitat similares (Moser *et al.*, 1987; Aceves-Medina *et al.*, 2004; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009). De la misma forma que los cambios en la estructura de las comunidades de larvas de peces pueden ser utilizados como indicadores de cambio en los ecosistemas, ya que contribuyen en la determinación de los límites entre diferentes poblaciones (Aceves-Medina *et al.*, 2004; Bernal *et al.*, 2007; Auth, 2008; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009; Funes-Rodríguez *et al.*, 2011).

A pesar de la importancia de una caracterización de la estructura de la comunidad y de los mecanismos que favorecen las asociaciones, aún son escasos los estudios para explicar la variabilidad de las poblaciones en el GC y en particular en la porción norte, caracterizada por su dinámica oceánica y su alta productividad biológica. En este estudio, mediante la utilización de técnicas multivariantes se analizó la variabilidad en la estructura de la comunidad de larvas de peces en el tiempo y el espacio en la porción norte del GC, con lo cual se pretende distinguir la estructura de las asociaciones de especies y de su relación con diferentes variantes ambientales. En consideración, de que los datos de la comunidad son inherentemente multivariantes, el análisis de la variación espacio-temporal de las asociaciones de larvas de peces y de su relación con el ambiente, se incorporan una serie de métodos univariantes y multivariantes para obtener una imagen completa de cómo y por qué una comunidad biótica está estructurada (Harris *et al.*, 2001).

## **5. HIPÓTESIS**

La distribución espacio-temporal de las asociaciones de las larvas de peces, se verá afectada por la variabilidad estacional de las masas de agua que modifican el ambiente en la porción norte del Golfo de California.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo general**

Identificar la distribución espacio-temporal en las asociaciones de larvas de peces en relación a la variabilidad estacional de algunas variables ambientales (i. e., temperatura, salinidad, biomasa del zooplancton y clorofila “a”) en la porción norte del Golfo de California entre 2005 y 2007.

### **6.2 Objetivos particulares**

1. Identificar los cambios espacio-temporales en la composición y diversidad de las larvas de peces.
2. Determinar la variabilidad espacio-temporal de las asociaciones de larvas de peces.
3. Relacionar la variabilidad espacio-temporal de las asociaciones de larvas de peces con algunas variables ambientales (i. e., temperatura, salinidad, biomasa del zooplancton y clorofila “a”).
4. Identificar los intervalos preferenciales de las especies características de las asociaciones, en relación a diferentes variables (i. e., temperatura, salinidad).

## 7. MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de zooplancton provienen de cuatro cruceros de pesca exploratoria realizados a bordo del buque de investigación pesquera BIP XI del INAPESCA-Guaymas, Sonora, efectuados al norte del Golfo de California en marzo (invierno) y julio (verano) de 2005, noviembre (otoño) de 2006 y abril (primavera) de 2007 (Fig. 1). Este tipo de pesca comprende la ecodetección y explotación de cardúmenes comerciales y es la encargada de localizar nuevas zonas y recursos pesqueros. (Carta Nacional Pesquera, 2004). Es por esto que el derrotero de cada uno de los cuatro cruceros oceanográficos se llevó a cabo mediante la localización y pesca exploratoria de la merluza (*Merluccius productus*), de tal forma que la cobertura de cada crucero y número de muestras de plancton recolectadas difiere entre periodos: 39 muestras de plancton en marzo de 2005; 18 en julio de 2005; 13 en noviembre de 2006; y 12 muestras de plancton en abril de 2007 (Fig. 1).

En cada una de las estaciones de plancton se realizaron arrastres verticales a una velocidad constante hasta 200 m, donde la profundidad lo permitió; esto para disminuir el tiempo de muestreo, ya que la embarcación tenía como objetivo el seguimiento de cardúmenes de pesca. Los arrastres se realizaron con una red Bongo de 505  $\mu\text{m}$  de luz de malla, 0.6 m de diámetro en la boca y 3 m de longitud de las mangas. Las muestras se fijaron con formaldehído al 4% y fueron neutralizadas con una solución saturada de borato de sodio. La medición de biomasa se realizó por el método de volumen desplazado (Beers, 1976).

La separación ictioplancton, se llevó a cabo con un microscopio estereoscopio y las larvas de peces se conservaron en viales de borosilicato con tapa de baquelita y una capacidad de 11 ml; mismos que fueron etiquetados con los datos de cada estación; para posteriormente ser identificadas hasta el mínimo nivel taxonómico posible, por personal del departamento del Laboratorio de Ictioplancton, del Departamento de Plancton y Ecología Marina del CICIMAR-IPN (Dr. René Funes Rodríguez, M. en C. Alejandro Hinojosa Medina, M. en C. Alejandro Zarate Villafranco). Los valores de la

abundancia de larvas peces, fueron transformados a 1000 m<sup>3</sup> de acuerdo al procedimiento estándar propuesto por Smith y Richardson (1977).

A la par de los arrastres de plancton se realizaron lances con un CTD para registrar profundidad, temperatura y conductividad. La estructura termohalina de los primeros 100 m de la columna de agua se registró mediante la selección de estaciones de sur a norte para cada uno de los cuatro periodos de muestreo, para esto se tomó mayor número de estaciones posible, mismas que se localizaron a lo largo del GC paralelas a ambas costas. En cada periodo se graficó la temperatura y la salinidad a diferentes niveles de profundidad, desde la superficie hasta 100 m ya que el número total de estaciones tomadas para este ejercicio no alcanzaron una mayor profundidad, se utilizaron los niveles de 0 m, 10 m, 50 m y 100 m. Proporcionando información sobre los cambios latitudinales en un estrato de la columna de agua de 100 m de profundidad en el área de estudio.

Asimismo, se elaboraron diagramas T-S para identificar las masas de agua utilizando el número total de datos de temperatura y salinidad hasta los 200 m de profundidad para cada muestreo, siguiendo los intervalos de temperatura y salinidad propuestos por Torres-Orozco (1993) y Lavín *et al.* (1997). Adicionalmente se obtuvieron imágenes de satélite de la temperatura superficial del mar y clorofila "a" de 1.1 km de resolución y promediadas quincenalmente, de las cuales se tomó información de manera visual como complemento del marco ambiental, proporcionadas por personal del departamento de Oceanología del CICIMAR-IPN.

Para el análisis de la estructura de la comunidad ictioplanctónica se utilizó el índice de Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), y Número de especies ( $S$ ) para cada estación muestreada; calculados con el software Species, Diversity and Richness, ver. 3.02 (Pisces Conservation Ltd., 2002). Con el mismo software se calcularon las curvas Dominancia  $k$  (porcentaje de abundancia acumulada contra jerarquía de las especies) (Lambhead *et al.*, 1983) para cada muestreo, que es un método grafico para comparar la diversidad entre muestras, que consiste en graficar el porcentaje de

la abundancia acumulada vs. el rango de las especies registradas en cada muestreo, de esta forma se sugiere que la curva más elevada tendría una menor diversidad y viceversa (Harris *et al.*, 2001).

Como medida de heterogeneidad de la comunidad se comparó la curva de especies acumuladas (media aleatoria) contra la curva esperada ( $S_a$ ), si todos los individuos capturados en el total de muestras estuvieran asignados de forma aleatoria en las muestras (Coleman *et al.*, 1982), la cual sugiere que mientras más escalonada sea la pendiente de la curva desde su origen, mayor será la heterogeneidad de la comunidad. Esto implica que para lograr una mayor representatividad en la comunidad catalogada como heterogénea, se requerirá de un mayor esfuerzo de muestreo y lo contrario sería en una comunidad homogénea. Para esto, se utilizaron los software Species, Diversity and Richness, ver. 3.02 (Pisces Conservation Ltd., 2002) y Microsoft Excell.

Previo al análisis multivariado, la matriz de especies fue complementada con información autoecológica de las especies (i. e., distribución de la especie; afinidad biogeográfica; época de reproducción); con información obtenida principalmente de los trabajos de Moser (1996) y Fishbase (<http://www.fishbase.org/search.cfm>). Esto para una mejor comprensión de las asociaciones de larvas de peces. El análisis multivariado fue aplicado para representar la distribución espacio-temporal de las asociaciones y su relación con las características ambientales.

Se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), que es un método de gradiente directo por el que los ejes canónicos, que son combinaciones lineales de variables explicativas, se utilizan para explicar la variación en los promedios ponderados de las variables de respuesta multivariada (Garrison *et al.*, 2002). Para esto se tomaron como variables ambientales la temperatura y salinidad a diferentes niveles de profundidad (0, 10, 50, 75 y 100 m); además de la biomasa del zooplancton y la profundidad del arrastre vertical, para el total de las estaciones muestreadas. El CCA se aplicó a cada uno de los periodos de muestreo, previo al



análisis se eliminaron las especies raras con un porcentaje de ocurrencia  $\leq 5\%$ . Adicionalmente, se realizó el análisis de grupos utilizando el análisis de disimilitud de Sorensen (Bray-Curtis) y como técnica de agrupamiento o cluster, la media aritmética no ponderada (UPGMA) para cada periodo de estudio (marzo, julio y noviembre), a excepción de abril donde se utilizó el método de ligamiento Flexible Beta; para ello se utilizó el software PC-ORD ver. 4.0 (McCune y Mefford, 1999).

Se aplicó el método de Análisis de Cocientes para caracterizar las áreas preferenciales de desove de las especies de larvas de peces dominantes por su abundancia y frecuencia de ocurrencia. Este método compara una hipótesis nula que menciona una distribución uniforme de las larvas con la distribución de larvas observadas, en relación con cualquiera de las covariables de interés (Emmet *et al.*, 2005; Bernal *et al.*, 2007; Ibaibarriaga *et al.*, 2007). En este análisis la variable de interés es dividida en intervalos de clases iguales donde son comparados el porcentaje de las estaciones con el porcentaje de abundancia total por clase, con el siguiente cociente:

$$Q_i = \frac{A_i / \sum_i A_i}{N_i / \sum_i N_i}$$

Donde  $N_i$  y  $A_i$  indican el número de estaciones y la abundancia total por clase  $i$ , respectivamente (Ibaibarriaga *et al.*, 2007). El análisis se aplicó a las especies dominantes de las asociaciones de especies de larvas de peces (i.e., *Anchoa* sp., *Benthoosema panamense*, *Citharichthys fragilis*, *Engraulis mordax* y *Merluccius productus*) ya que dichas especies presentaron un elevado porcentaje de abundancia y frecuencia de aparición durante los muestreos; además de ser especies de importancia ecológica e interés comercial en el área de estudio. Conjuntamente, se elaboraron mapas de distribución con el software Surfer 9 (Golden Software Inc., 2010) para cada una de las especies dominantes de las asociaciones de larvas de peces, esto para conocer cómo se distribuyó la abundancia en cada una de las estaciones en los muestreos realizados en cada periodo.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Perfiles de temperatura y salinidad

El perfil de temperatura hasta una profundidad de 100 m sobre el arreglo de estaciones sur-norte lo largo del GC, indicó que existe una aparente homogeneidad térmica en marzo y abril (“periodo frío”) con valores en superficie de  $\sim 18^\circ\text{C}$  y de  $15^\circ\text{C}$  a 100 m de profundidad, a diferencia de los muestreos de julio y noviembre (“periodo cálido”), donde se observa una fuerte estratificación, con valores máximos en superficie de  $29^\circ\text{C}$  y de  $16\text{-}17^\circ\text{C}$  a 75 m de profundidad en julio, mientras que en noviembre alcanzó un máximo de  $24^\circ\text{C}$  en superficie y un mínimo de  $15\text{-}16^\circ\text{C}$  a 100 m de profundidad (Fig. 2).

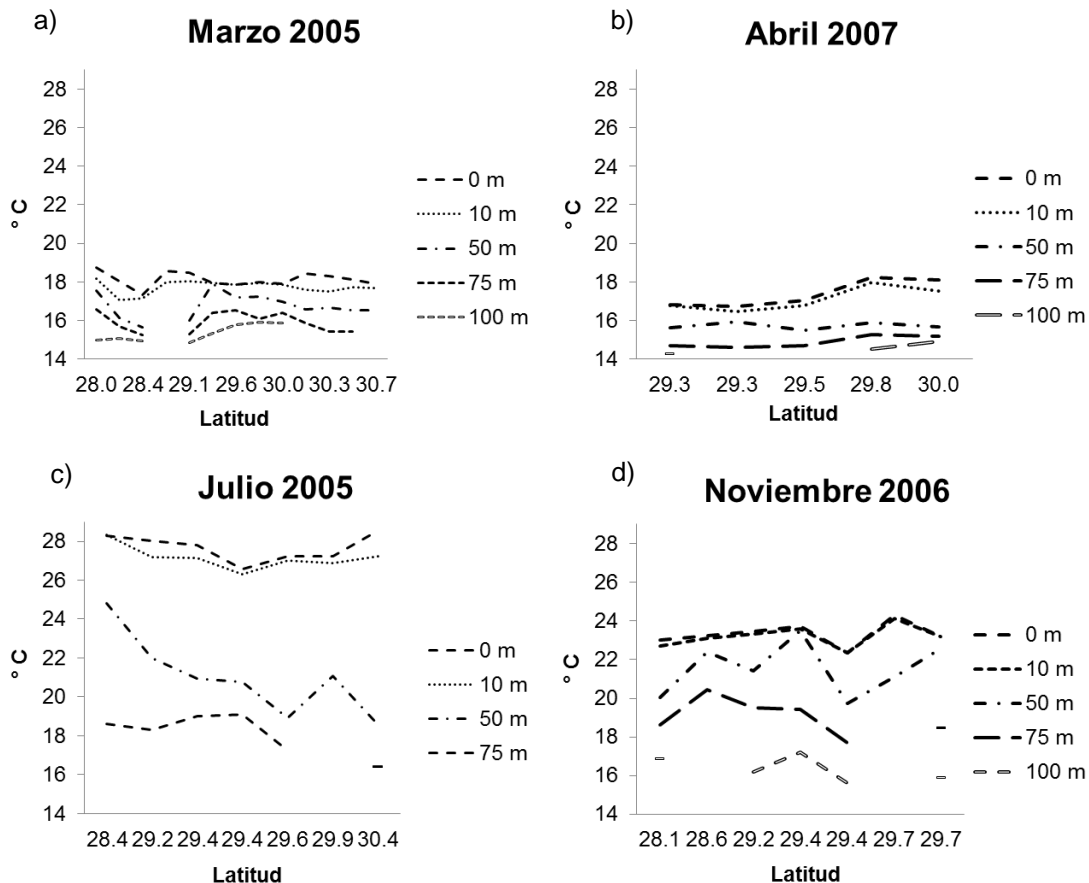


Figura 2. Perfiles de temperatura hasta 100 m de profundidad.

El gradiente de temperatura no presentó un cambio evidente en el arreglo de estaciones de sur-norte en marzo y abril, ya que las temperaturas entre el sur y la

porción norte fueron similares en los primeros 100 m de la columna de agua. En cambio durante los meses cálidos se presenta poca variabilidad en la parte superior de la columna de agua (0-100 m), pero es notable como el gradiente de temperatura disminuyó de sur a norte a profundidades entre 50 y 100 m (Fig. 2).

El perfil de salinidad localizado en el mismo arreglo de estaciones, mostró un claro aumento en los valores de salinidad desde el sur hacia el norte; los valores durante marzo y abril oscilaron entre ~35 en la superficie y ~35.4 a 100 m de profundidad; mientras que en julio y noviembre se presentaron valores en superficie de ~35.6 y ~34.8 conforme aumento la profundidad. El gradiente de salinidad no mostró estratificación durante los muestreos de marzo y abril, la variabilidad en los valores de salinidad fue poca, mientras que en los meses cálidos (julio, noviembre) fue notable el aumento en los valores de salinidad desde el sur hacia el norte (Fig. 3).

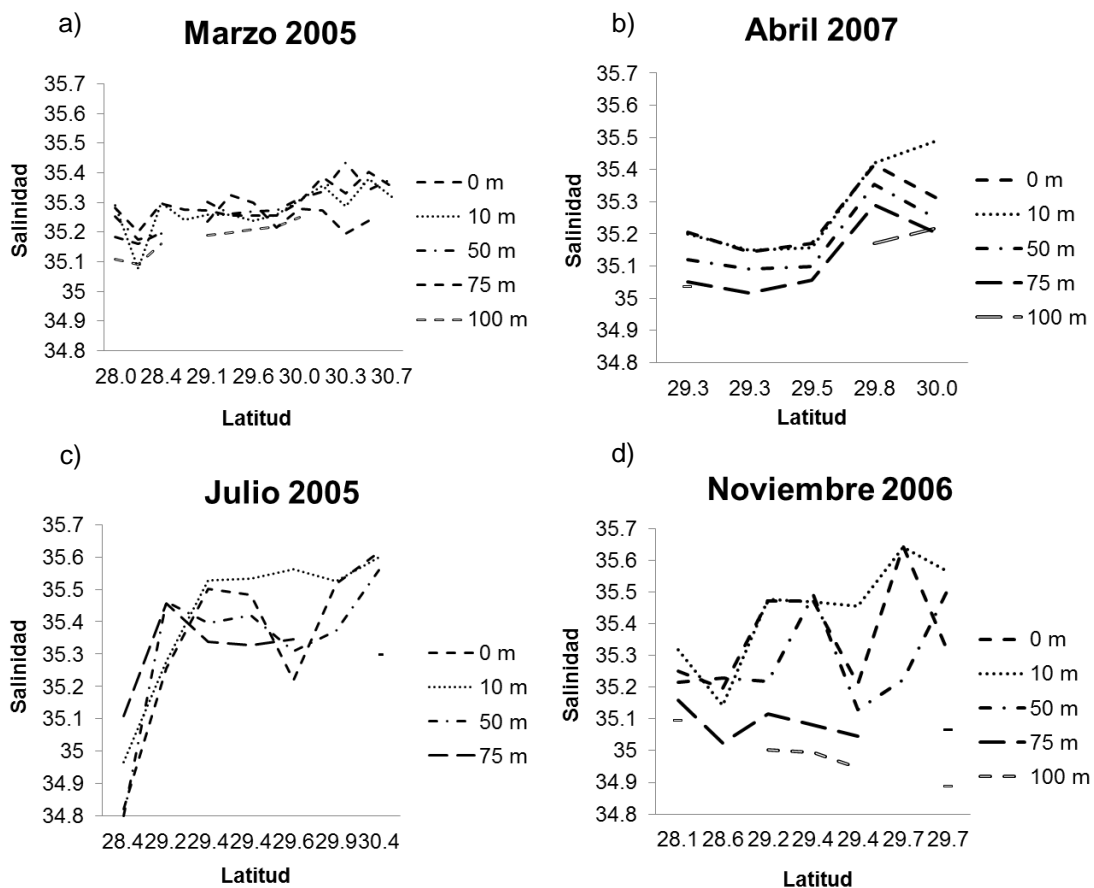


Figura 3. Perfiles de salinidad hasta 100 m de profundidad.

## 8.2 Masas de agua

El diagrama T-S muestra la presencia de masas de agua para cada uno de los periodos muestreados. La distribución de los puntos indicó que durante todos muestreos se representan características del Agua del Golfo de California (AGC), y en menor proporción en el Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt), así como la presencia de Agua Superficial Ecuatorial (ASE) únicamente en el muestreo de noviembre. El AGC fue dominante en julio, mientras que una mezcla de ASsSt y AGC se observó en los muestreos de noviembre, marzo y abril. En marzo y abril existió predominancia de AGC, sin embargo las temperaturas tiende a ser más frías, comparativamente a los otros muestreos (Fig. 4).

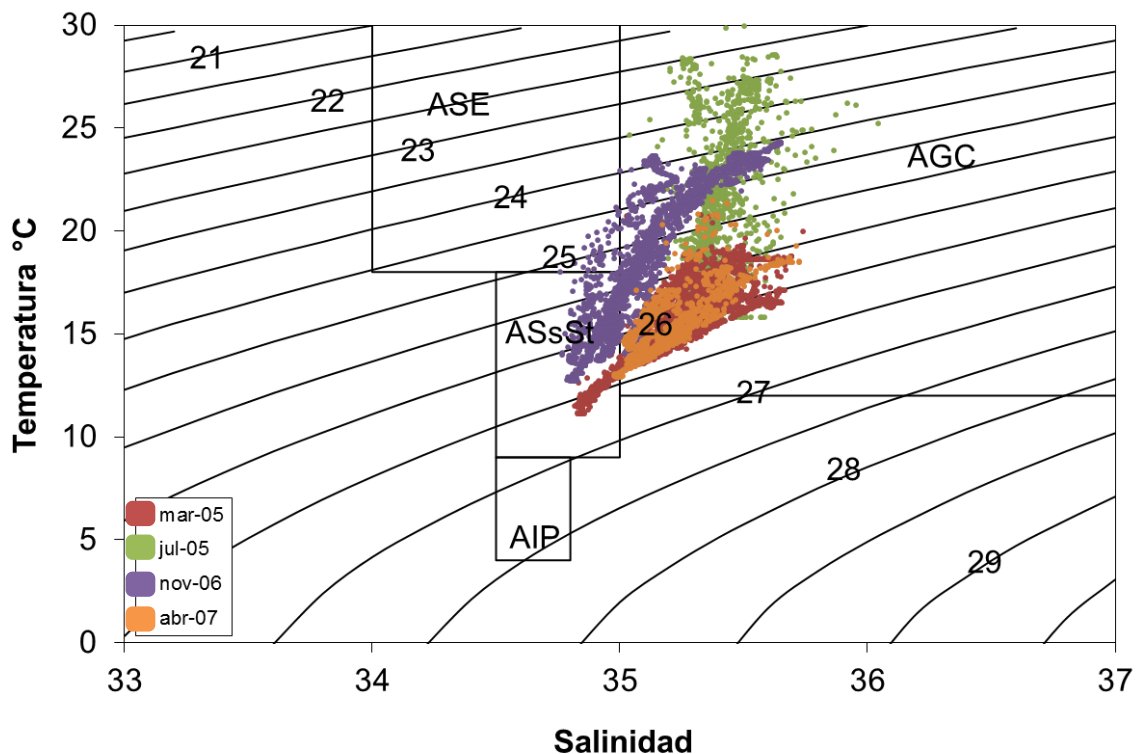


Figura 4. Diagrama T-S del área de estudio (Agua del Golfo de California (AGC); Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt); Agua Subtropical Ecuatorial (ASE) y Agua Intermedia del Pacifico (AIP)).

## **8.3 Imágenes de satélite**

### **8.3.1 Temperatura**

Durante los muestreos de marzo y abril (periodo frío) las temperaturas fueron comparativamente menores al norte del GC. En marzo, las imágenes de satélite de temperatura superficial del mar (TSM), muestran una zona de menor temperatura alrededor de las grandes islas (17-20° C) con un incremento hacia el sur del GC (21-23° C). De forma similar, en abril la región de las grandes islas presentó una menor temperatura al norte del GC que abarca hacia el sur de la Isla Ángel de la Guarda (17-19° C), donde la temperatura aumentó hacia la boca del Golfo, alcanzando valores de hasta 24° C (Fig. 5).

Durante los muestreos de julio y noviembre (periodo cálido) las temperaturas fueron las más altas a lo largo del GC. En julio, la temperatura fue la más cálida, incluyendo los alrededores de las grandes Islas (26-30° C), con una distribución casi uniforme a lo largo del GC, relacionada con el ASE que es más salada y cálida. En noviembre, la temperatura desciende ligeramente al norte del GC (21-24° C), pero es consistentemente alta hacia la boca del Golfo (~29° C), además, se observó una masa de agua superficial que influye la porción sur del GC (Fig. 5).

### **8.3.2 Clorofila “a”**

Durante los periodos fríos (marzo y abril) las mayores concentraciones de clorofila “a”, estuvieron principalmente del lado oriental del GC, probablemente asociadas al esfuerzo del viento (noroeste). En marzo y abril la concentración de clorofila “a” fue comparativamente mayor alrededor de las grandes islas (~10 mg Chl-a m<sup>-3</sup>), incluyendo el Canal de Ballenas en abril, mientras hacia el sur de las grandes islas y del lado occidental del GC, los valores son comparativamente menores (~1 mg Chl-a m<sup>-3</sup>). En contraste, durante el periodo cálido (verano-otoño) la concentración Clorofila “a” fue comparativamente baja a lo largo del GC ( $\leq 1$  mg Chl-a m<sup>-3</sup>), con un ligero incremento de décimas, únicamente en la porción norte y centro del CG, en noviembre. En particular durante el verano se observan giros ciclónicos al norte y la porción central del GC (Fig. 6).

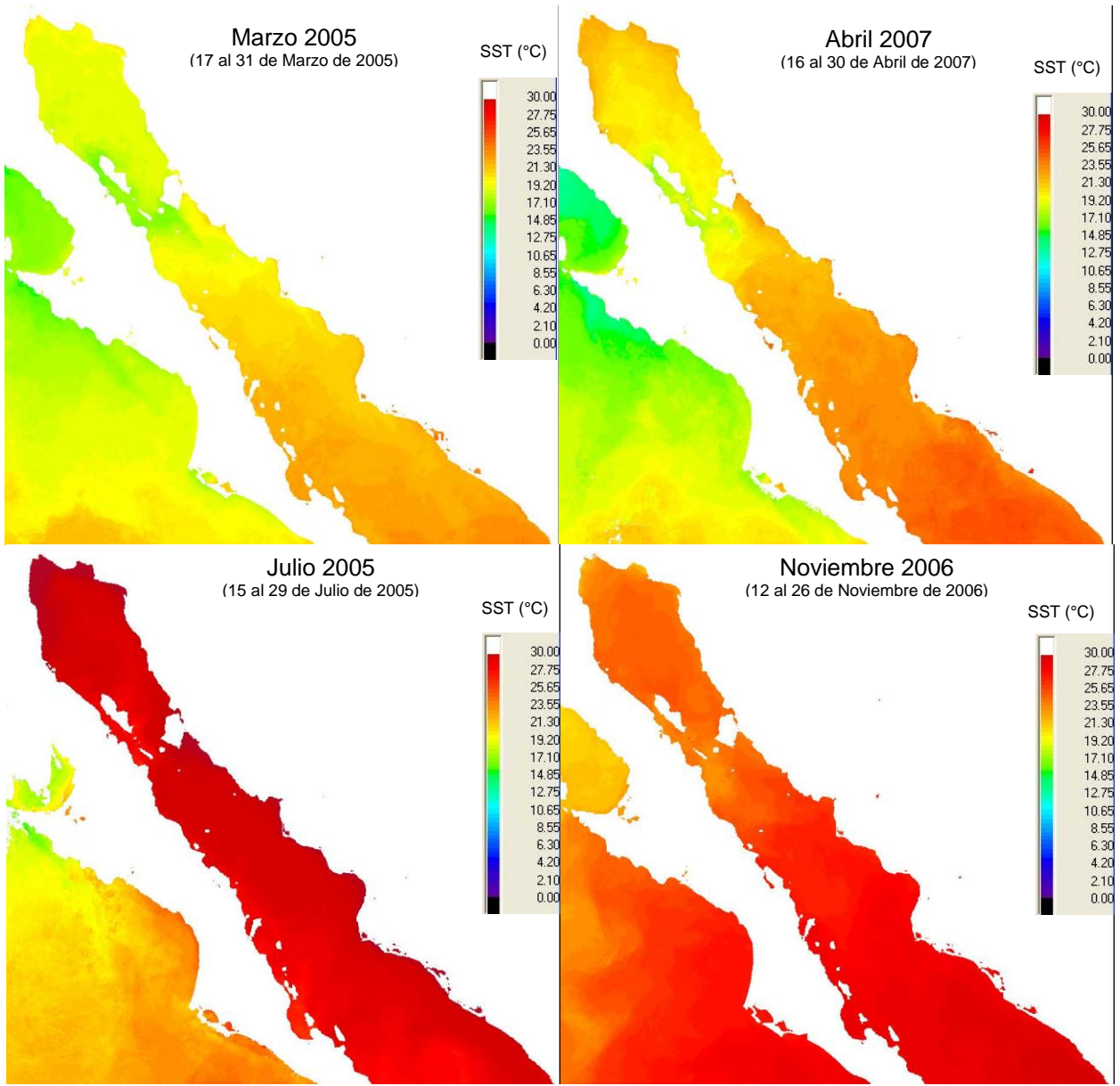


Figura 5. Imágenes de satélite de Temperatura Superficial del Mar.

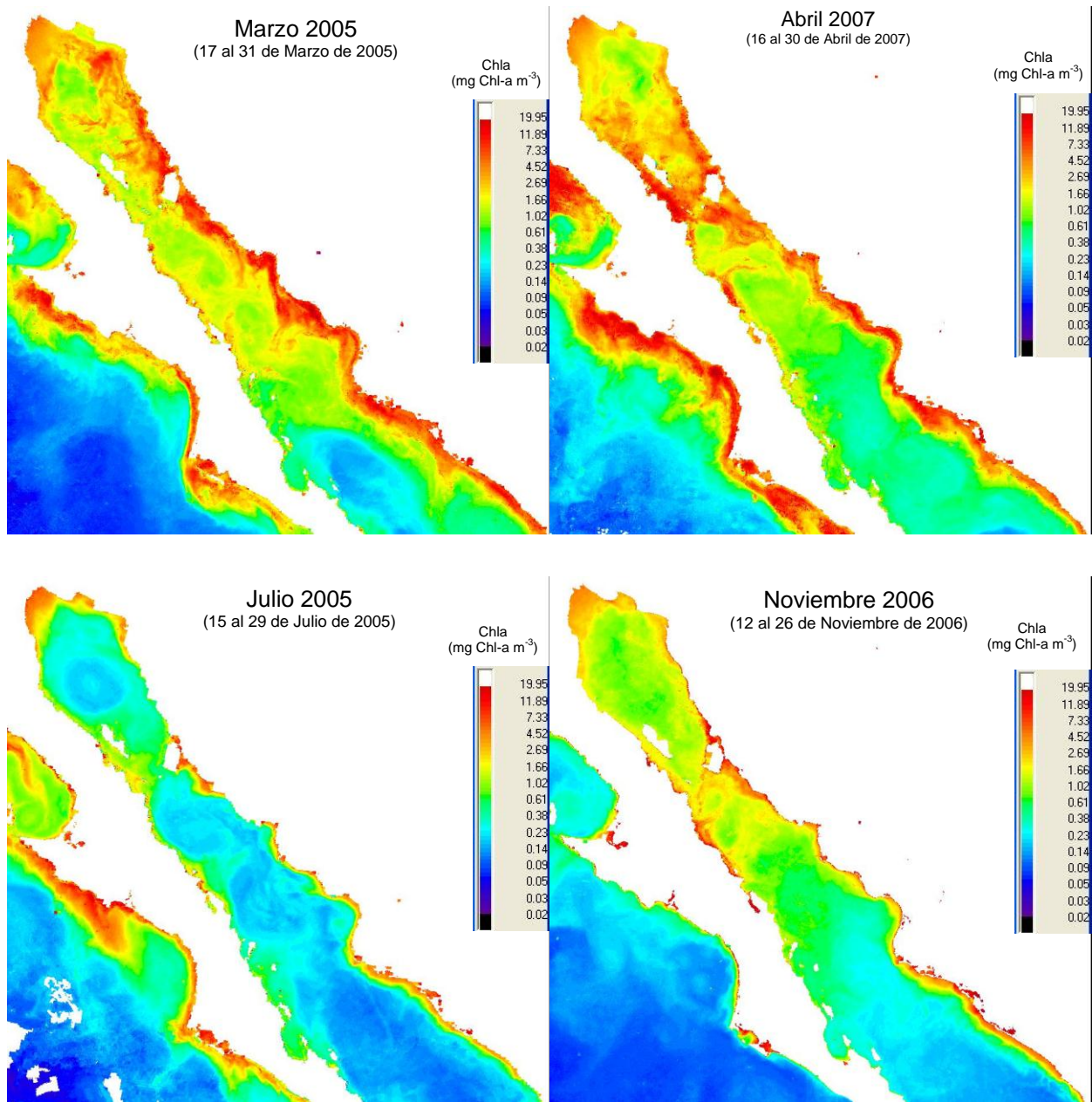


Figura 6. Imágenes de satélite Clorofila "a".

## 8.4 Abundancias

En total se identificaron 98, 025 larvas de peces de 91 especies diferentes (Tabla 1), pertenecientes a 41 familias y 61 géneros; 57, 043 y 16, 302 en los muestreos de marzo y julio con 40 y 50 especies, respectivamente; 18, 853 en el muestreo de noviembre encontrándose un total de 28 especies y 10, 768 larvas de peces en el muestreo de abril con 10 especies diferentes. El grupo de especies que presentó mayor abundancia fue el de hábitat pelágico-costero y los de menor abundancia fueron los grupos de hábitat batidemersal y batipelágico (Fig. 7).

Tabla 1. Listado taxonómico de especies encontradas en los cuatro muestreos realizados al norte del Golfo de California.

Orden	Familia	Código	Especies	Ambiente	Afinidad	Abundancia			
						marzo 2005	julio 2005	noviembre 2006	abril 2007
Albuliformes	Albulidae		<i>Albula</i> sp.	Demersal	Tropical	69			
	Ophichthidae	Albusp	<i>Ophichthus triserialis</i> (Kaup, 1856)	Demersal	Subtropical	37			
		Ophicl		<i>Ophichthidae I</i>	Demersal			238	
	Congridae	Rniten	<i>Rhynchoconger nitens</i> (Jordan & Bollman, 1890)	Demersal	Tropical	21			
Clupeiformes	Clupeidae	Eteres	<i>Etrumeus teres</i> (De Kay 1842)	Pelágico	Subtropical	62		198	263
		Oliber	<i>Opisthonema libertate</i> (Günther 1867)	Pelágico	Tropical		394		
		Ssagax		<i>Sardinops sagax</i> (Jenyns 1842)	Pelágico	Subtropical		54	
	Engraulidae	Emord		<i>Engraulis mordax</i> (Girard 1854)	Pelágico	Subtropical	51025	43	10205
		Anchsp		<i>Anchoa</i> sp.	Pelagico		1352	2758	
Osmeriformes	Argentiniidae	Asialis	<i>Argentina sialis</i> (Gilbert 1890)	Demersal	Templado	446			
	Bathylagidae	Lstilb	<i>Leuroglossus stilbius</i> (Gilber, 1890)	Mesopelágico	Templado	129			
Salmoniformes	Phosichthyidae	Vlucet	<i>Vinciguerria lucetia</i> (Garman 1899)	Mesopelágico	Tropical	21	503	29	
		Synodontidae	Slucio	<i>Synodus lucioceps</i> (Ayles 1855)	Asociado a arrecife	Subtropical		120	599
Gadiformes	Bregmacerotidae	Bbathy	<i>Bregmaceros bathymaster</i> (Jordan & Bollman, 1890)	Demersal	Subtropical			190	
	Macrouridae	Cscaph	<i>Caelorinchus scaphopsis</i> (Gilbert, 1890)	Bentopelágico	Templado	202			
		Clepto		<i>Coryphaenoides leptolepis</i> (Günther, 1877)	Batidemersal	Deep-water	69		
	Merlucciidae	Mprodu	<i>Merluccius productus</i> (Ayles, 1855)	Demersal	Templado	1014		39	
	Moridae	Moridae		Moridae	Demersal				56
			Amicro		<i>Antimora microlepis</i> (Bean, 1890)	Batipelágico	Deep-water	91	
			Pnemat		<i>Physiculus nematopus</i> (Gilbert, 1890)	Demersal	Tropical	27	
Myctophiformes	Myctophidae	Dlater	<i>Diogenichthys latematus</i> (Garman, 1899)	Mesopelágico	Subtropical	37		350	
		Tmexic		<i>Triphoturus mexicanus</i> (Gilbert 1890)	Mesopelágico	Subtropical	21	946	190
		Myctophinae	Bpanam	<i>Bentosema panamense</i> (Táning 1932)	Mesopelágico	Tropical	861	5977	7271
Ophidiiformes	Bythitidae	Crubri	<i>Cataetyx rubrirostris</i> (Gilbert, 1890)	Mesopelágico	Templado	26			
	Ophidiidae	Cemme		<i>Cherublemma emmelas</i> (Gilbert, 1890).	Batidemersal	Tropical			56
		Lnegro		<i>Lepophidium negropinna</i> (Hildebrand & Barton, 1949)	Demersal	Tropical		55	
		Lstigm		<i>Lepophidium stigmatistium</i> (Gilbert, 1890)	Demersal	Subtropical			56



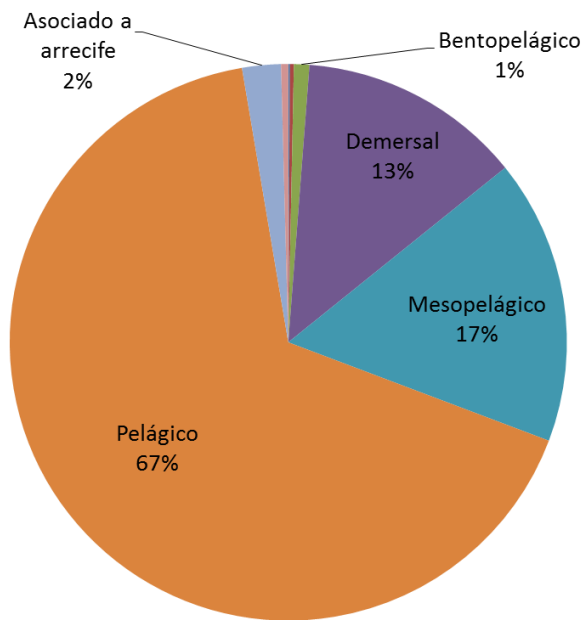
Tabla 1 (continuación). Listado taxonómico de especies encontradas en los cuatro muestreos realizados al norte del Golfo de California.

	Carapidae	Edubi	<i>Encheliophis dubius</i> (Putnam 1874)	Demersal	Tropical	49			
<b>Lophiiformes</b>	Antennariidae	Antensp	<i>Antennarius</i> sp.			43			
<b>Scorpaeniformes</b>	Scorpaenidae	Sgutt	<i>Scorpaena guttata</i> (Girard, 1854)	Demersal	Subtropical	43			
		Scorp	<i>Scorpaena</i>	Demersal	Tropical	49			
		Pontsp	<i>Pontinus</i> sp.	Demersal	Tropical	54			
	Sebastinae	Sebsp	<i>Sebastes</i> sp.	Demersal	Templado	28			
		SebspI	<i>Sebastes</i> sp. I	Demersal		64			
		SebspII	<i>Sebastes</i> sp. II	Demersal		21			
		SebspIII	<i>sebastes</i> sp. III	Demersal		42			54
		SebspIV	<i>Sebastes</i> sp. IV	Demersal		26			
		SebspV	<i>Sebastes</i> sp. V	Demersal		119			
	Triglidae	Prusca	<i>Prionotus ruscarius</i> (Gilbert & Starks, 1904)	Demersal	Tropical	204		224	
<b>Perciformes</b>	Serranidae	Pclath	<i>Paralabrax clathratus</i> (Girard, 1854)	Bentopelágico	Subtropical	27	54		44
		Pnebul	<i>Paralabrax nebulifer</i> (Girard, 1854)	Asociado a arrecife	Subtropical	64			60
		Spsitt	<i>Serranus psittacinus</i> (Valenciennes, 1846)	Asociado a arrecife	Tropical	201			
		Sersp	<i>Serranus</i> sp.	Asociado a arrecife	Tropical	124			
	Apogonidae	Areto	<i>Apogon retrosella</i> (Gill 1863)	Asociado a arrecife	Tropical	54			
	Carangidae	Corqu	<i>Chloroscombrus orqueta</i> (Jordan y Gilbert 1833)	Bentopelágico	Subtropical	164		66	
		Decapspl	<i>Decapterus</i> sp. I	Asociado a arrecife				56	
		DecapsplI	<i>Decapterus</i> sp. II	Asociado a arrecife				336	
		Oinorn	<i>Oligoplites saurus inornatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Asociado a arrecife	Subtropical	121			
		Scrum	<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)	Asociado a arrecife	Subtropical	49			
	Gerreidae	Gerreidae	Gerreidae I	Demersal		61			
		Dperuv	<i>Diapterus peruvianus</i> (Cuvier, 1830)	Mesopelágico	Subtropical	37		350	
		EucinosI	<i>Eucinostomus</i> I	Demersal		214			
	Haemulidae	Haemulidae	<i>Haemulidae</i>	Demersal		49			
		Haemull	<i>Haemulidae</i> I	Demersal		322			
		Xcalifor	<i>Xenistius californiensis</i> (Steindachner, 1876)	Demersal	Subtropical	88			
	Kyphosidae	Hazurea	<i>Hermosilla azurea</i> (Jenkins y Evermann 1889)	Bentopelágico	Subtropical	59	176		29
	Pomacentridae	Atrosch	<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill 1862)	Asociado a arrecife	Tropical	54			
		Srecti	<i>Stegastes rectifraenum</i> (Gill 1862)	Asociado a arrecife	Subtropical	63			
	Labrisomidae	Labril	<i>Labrisomidae</i> I	Asociado a arrecife		57			
	Blenniidae	Hjenk	<i>Hypsoblennius jenkinsi</i> (Jordan & Evermann, 1896)	Demersal	Subtropical	70			32
	Gobiidae	GobidaeI	<i>Gobidae</i> I	Demersal		37	161		
		Gcresc	<i>Gobulus crescentalis</i> (Gilbert, 1892)	Demersal	Subtropical	31	1500	56	25
		Igilber	<i>Ilypnus gilberti</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	Demersal	Subtropical	398			
		Qycauda	<i>Quietula y-cauda</i> (Jenkins & Evermann, 1889)	Demersal	Subtropical	412			
		Ldalli	<i>Lythrypnus dalli</i> (Gilbert, 1890)	Demersal	Subtropical	861			

Tabla 1 (continuación). Listado taxonómico de especies encontradas en los cuatro muestreos realizados al norte del Golfo de California.

	Lzebra	<i>Lythrypnus zebra</i> (Gilbert, 1890)	Demersal	Subtropical	114		
Microdesmidae	Maffin	<i>Microdesmus affinis</i> (Meek & Hildebrand, 1928)	Demersal	Tropical	98		
Scombridae	Auxisp	<i>Auxis</i> sp.	Epipelágico		161		59
	Sjapon	<i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	Pelágico	Subtropical	67		56
Sciaenidae	Bicist	<i>Bairdiella icistia</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	Demersal	Tropical	51		
	Rstearn	<i>Roncador steamsii</i> (Steindachner, 1876)	Demersal	Subtropical	44		
	Larspll	<i>Larimus</i> sp. II	Demersal				169
Latilinae	Cprince	<i>Caulolatilus princeps</i> (Jenyns, 1840)	Asociado a arrecife	Subtropical	27		
Eleotridae	Earmi	<i>Erotelis armiger</i> (Jordan & Richardson, 1895)	Demersal	Tropical	75		56
Labridae	Hsemic	<i>Halichoeres semicinctus</i> (Ayres, 1859)	Asociado a arrecife	Subtropical	43		
Trichiuridae	Tniten	<i>Trichiurus nitens</i> (Garman, 1899)	Bentopelágico	Subtropical			56
<b>Pleuronectiformes</b>	Paralichthyidae	Sovale	<i>Syacium ovale</i> (Günther 1864)	Demersal	Tropical	377	
		Cithasp	<i>Citharichthys</i> sp.	Demersal		51	
		Cfrag	<i>Citharichthys fragilis</i> (Gilbert, 1890)	Demersal	Subtropical	1701	33
		Ecross	<i>Etropus crossotus</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	Demersal	Subtropical	85	551 112
		Xliole	<i>Xystreurus liolepis</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	Demersal	Subtropical		25
		Parasp	<i>Paralichthys</i> sp.	Demersal		37	
	Pleuronectidae	Pleurol	<i>Pleuronectidae</i> I			70	
		Pleuroll	<i>Pleuronectidae</i> II			140	
		PleuroIV	<i>Pleuronectidae</i> IV			33	
		Pvertic	<i>Pleuronichthys verticalis</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	Demersal	Subtropical		20
	Cynoglossidae	Satric	<i>Symphurus atricaudus</i> (Jordan y Gilbert 1880)	Demersal	Subtropical	83	178 378
		Satram	<i>Symphurus atramentatus</i> (Jordan y Bollman 1890)	Asociado a arrecife	Tropical	62	112
		Sgorg	<i>Symphurus gorgonae</i> (Chabanaud, 1948)	Demersal	Tropical	37	
		Swilli	<i>Symphurus williamsi</i> (Jordan & Culver, 1895)	Demersal	Tropical	314	468

El grupo de especies de hábitat pelágico-costero alcanzó el 90 y 97% de la abundancia relativa en el periodo frío, respectivamente (marzo y abril). Siendo *Engraulis mordax* la especie más abundante en ambos muestreos. En cambio, las especies del hábitat mesopelágico presentaron un mayor porcentaje de abundancia relativa durante los muestreos realizados en julio y noviembre, siendo *Bentosema panamense* la especie más abundante. Las especies demersales estuvieron presentes en los cuatro muestreos, alcanzando la mayor proporción relativa de su abundancia durante julio (46%), siendo *Gobulus crescentalis* la especie demersal más abundante (Fig. 8).



98, 025 Larvas de Peces/1000 m<sup>3</sup>

Figura 7. Abundancias totales por grupos de especies, tomando en cuenta el hábitat del adulto.

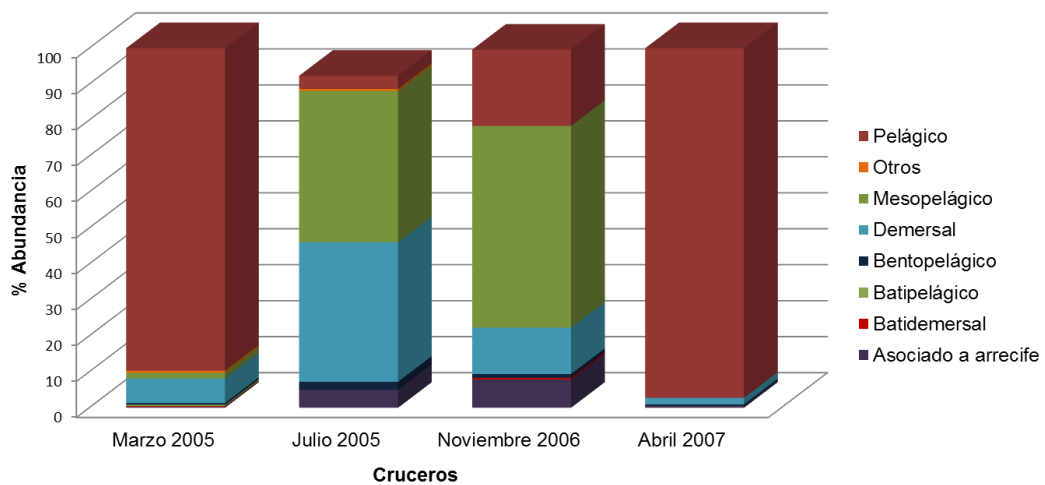


Figura 8. Abundancia relativa para los grupos de especies tomando en cuenta el hábitat del adulto.

### 8.5 Diversidad, Heterogeneidad y Dominancia $k$

La variabilidad del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) fue significativa ( $P = 0.005$ ) en julio y abril, con el promedio más alto en julio (1.17 bits/ind; 50 especies) y el más bajo en abril (0.22 bits/ind; 10 especies), mientras que en marzo y noviembre mostraron valores promedio similares  $H'$ , pero no en número de especies (~0.8 bits/ind; 40 y 28 especies) (Fig. 9). La distribución de la diversidad durante el muestreo de julio fue mayor alrededor de la Isla Tiburón y el norte de la Isla Ángel de la Guarda (~2.5 bits/ind) en noviembre se observó al sur de la Isla Tiburón (~1.9 bits/ind). En marzo la  $H'$  fue mayor en la porción norte y sur de las grandes islas (~2.1 bits/ind) y en abril al norte de la Isla Ángel de la Guarda (~0.9 bits/ind) (Fig. 10).

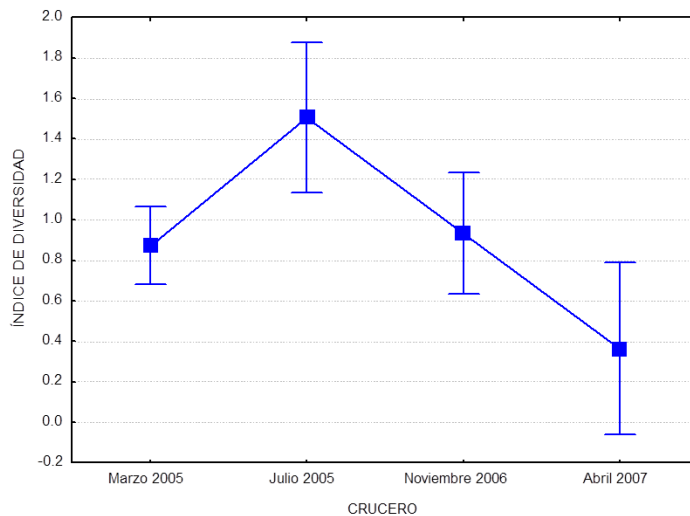


Figura 9. Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), se presentan la media para cada uno de los muestreos ( $p = 0.0005$ ), así como el intervalo de confianza al 95%.

Las curvas de Dominancia  $k$  para comparar la diversidad entre muestras (porcentaje de la abundancia acumulada vs. el rango de las especies registradas) indicó que durante el periodo frío (marzo, abril) un mayor porcentaje de abundancia es alcanzado con un menor número de especies, lo que significaría una mayor dominancia (i. e., *E. mordax*). En contraste durante los muestreos realizados en el periodo cálido (julio, noviembre), se observó un crecimiento más escalonado que indicó una distribución de la abundancia más equitativa (incorporación de un mayor número de taxas para alcanzar una mayor abundancia acumulada) (Fig. 11).

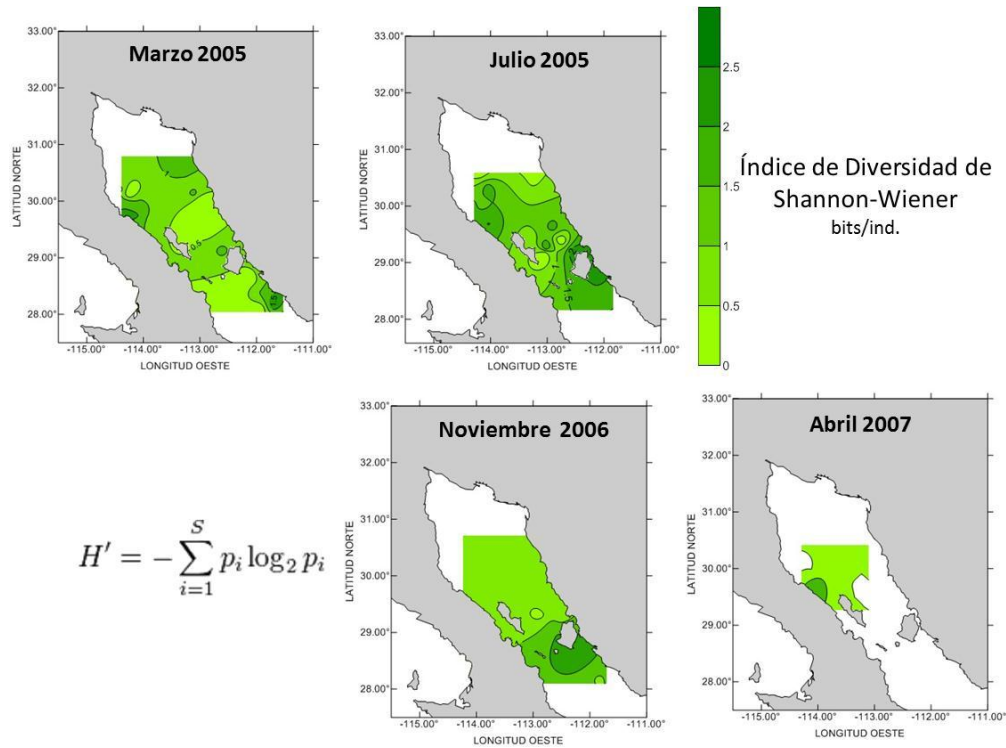


Figura 10. Distribución de los valores de  $H'$  para cada uno de los muestreos realizados.

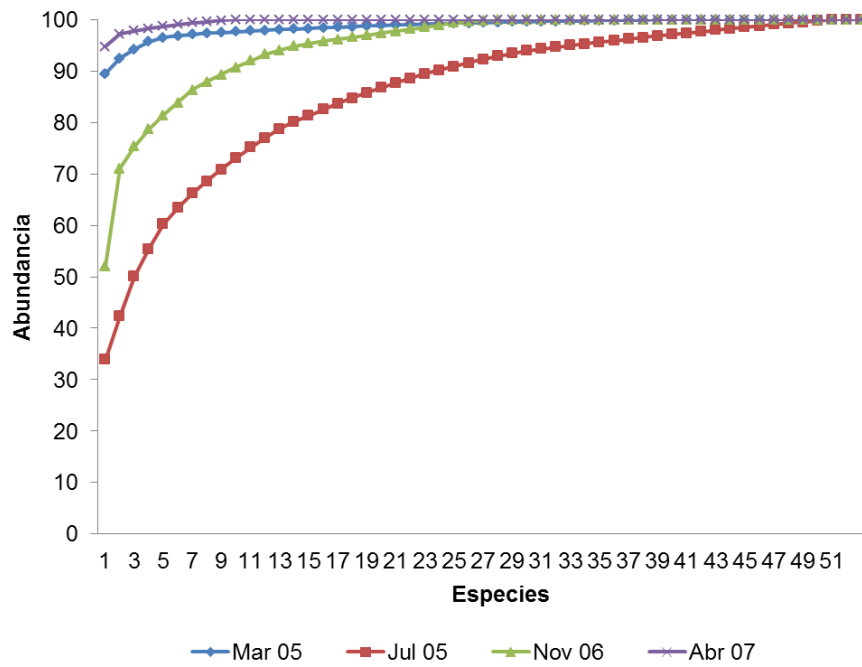


Figura 11. Curvas de Dominancia  $k$ , para los cuatro periodos muestreados.

Las curvas que representan las especies acumuladas (media aleatoria) vs. número de estaciones muestreadas, indicó un crecimiento escalonado (Fig. 12a). No obstante, la prueba de heterogeneidad señaló que durante el muestreo de marzo la curva del incremento de las especies ( $S_a$ ) presentó una pendiente más escalonada en comparación a las demás. Esto significa que para lograr una mayor representatividad en la comunidad catalogada como heterogénea (marzo), se requerirá de un mayor esfuerzo de muestreo y lo contrario sería en una comunidad homogénea, como aparentemente se observó en abril, julio y noviembre, cuando la pendiente de la curva alcanza rápidamente la asíntota (Fig. 12).

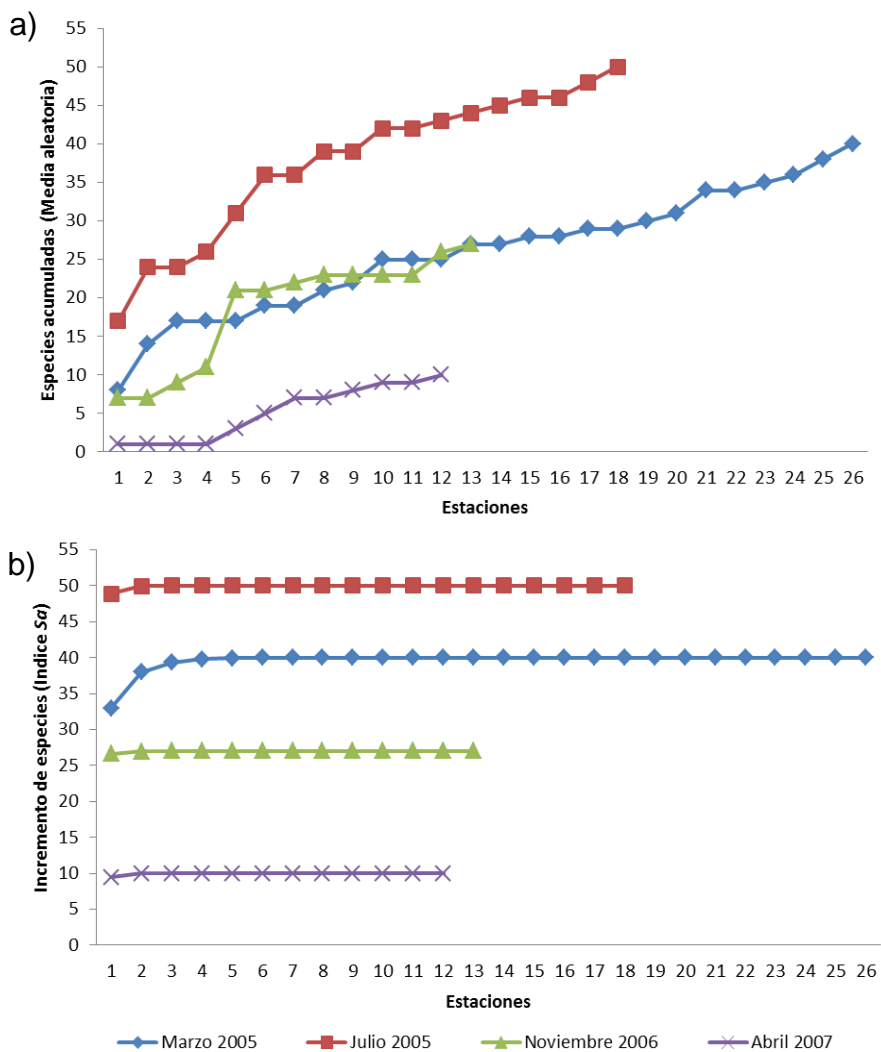


Figura 12. Especies acumuladas (a) y Curva de heterogeneidad (b).

## 8.6 Análisis de la comunidad

La exploración de los datos mediante el CCA, fue aplicado en primer lugar al conjunto de datos de los cuatro muestreos, y posteriormente de forma individual para cada uno de los muestreos. El análisis exploratorio realizado para los cuatro muestreos identificó la presencia de dos periodos contrastantes, que se denominaron en este estudio como frío y cálido, con fines de diferenciación. La mayor varianza explicada se presentó en los ejes 1 y 2 (4.8 y 4.2, respectivamente), con una mayor correlación ( $\geq 0.9$ ) en la temperatura superficial y la temperatura a 10 m de profundidad. Una vez determinada la tendencia de variación (periodos cálido y frío), se analizó a las agrupaciones de forma individual para cada muestro, dado que tanto la composición de las especies, como el número son variables para cada uno de los muestreos.

### 8.6.1 Periodo frío

En el muestro de marzo, el dendrograma señaló a dos Grupos de estaciones (1 y 2; Fig. 13; Tabla 2) y tres Asociaciones de especies (1-3) (Fig. 14; Tabla 2). El Grupo 1 (estaciones) se distribuyó en la costa oriental del GC y el Grupo 2 al norte de la Isla Ángel de la Guarda del lado occidental del Golfo. Entre las especies características por su abundancia en las agrupaciones se encontraron larvas de peces de afinidad subtropical y hábitat pelágico y demersal (Asociación 1, de especies), mismas que fueron comunes en ambos grupos de estaciones (1 y 2), aunque *E. mordax* fue notablemente más abundante en el Grupo 1 (Tabla 2; Fig. 13).

Asimismo, en el CCA los ejes canónicos 1 y 2 sumaron la mayoría de la varianza explicada para el análisis con un 24.8% (Fig. 15); el CCA mostró alta correlación positiva con las variables ambientales, profundidad del lance (0.757) y las salinidades a 10 y 50 m de profundidad (0.817 y 0.809, respectivamente) (Tabla 3). Al graficar el CCA y las variables ambientales, coincidieron con los dendrogramas de asociaciones (1-3, de especies) y grupos (1-2, estaciones) (Figs. 15 y 16). La Asociación 1 fue conformada por especies de afinidad subtropical y hábitat pelágico y demersal (*E. mordax*, *M. productus*, *C. fragilis*), éstas especies se relacionaron con el incremento

en la temperatura a 10 m de profundidad y la salinidad en la superficie (Fig. 15). Sin embargo, *E. mordax* mostró una relación inversa con la temperatura a 10 m de profundidad. La Asociación 2, fue compuesta por especies asociadas al fondo de la zona costera fueron inversamente relacionadas con la profundidad (*Argentina sialis*, *Caelorinchus scaphopsis*, *Etropus crossotus*). La Asociación 3, conformada por especies mesopelágicas (*B. panamense*, *Leuroglossus stilbius*) estuvieron relacionadas con un aumento de la profundidad (Fig. 15). El diagrama de los grupos de estaciones (Grupo 1) localizado al norte de la Isla Ángel de la Guarda se relacionó positivamente con la temperatura y salinidad a diferentes profundidades (Fig. 16). En tanto que el Grupo 2 de estaciones se localizó geográficamente del lado oriental del GC y es relacionado con el incremento de la profundidad (Fig. 16).

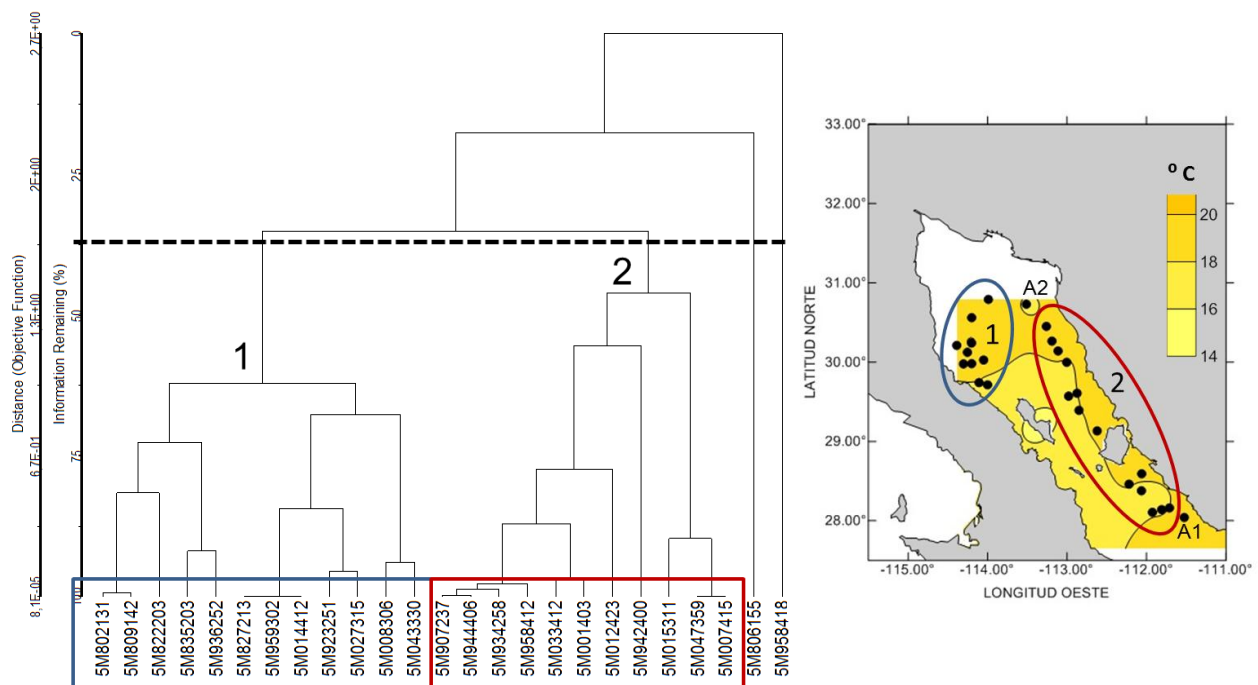


Figura 13. Dendrograma y ubicación geográfica de estaciones con temperatura superficial (marzo 2005).



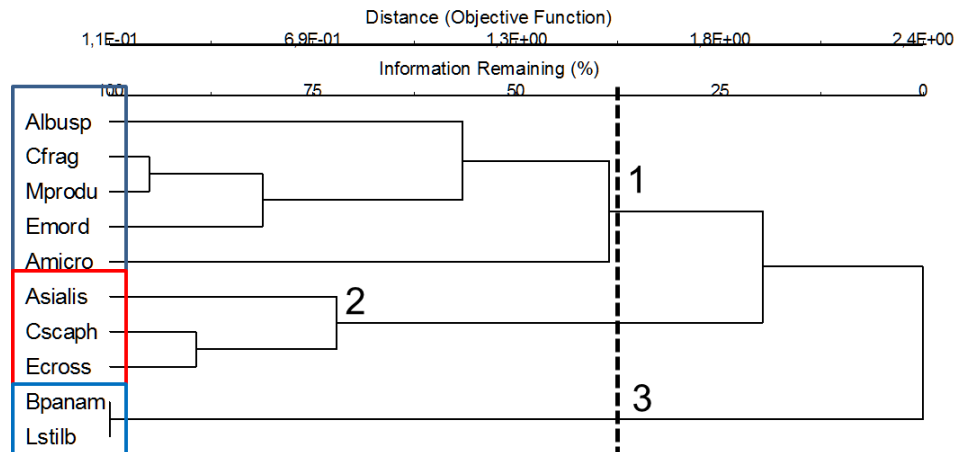


Figura 14. Asociaciones de especies de larvas de peces (marzo 2005).

Tabla 2. Grupos de estaciones y asociaciones de especies (marzo 2005).

	ESPECIE	HABITAT	AFINIDAD	GRUPO 1	GRUPO 2	AISLADO 1	AISLADO 2
<b>Asociación 1</b>	<i>Albula sp.</i>	Demersal	Tropical		34.29		
	<i>Citharichthys fragilis</i>	Demersal	Subtropical	191.85	90.10		
	<i>Merluccius productus</i>	Demersal	Templado	35.37	99.96		
	<i>Engraulis mordax</i>	Pelágico	Subtropical	3501.12	1437.70		
	<i>Antimora microlepis</i>	Batipelágico			34.89		
<b>Asociación 2</b>	<i>Argentina sialis</i>	Demersal	Templado	78.73	52.50		
	<i>Caelorinchus scaphopsis</i>	Bentopelágico	Templado	66.30			69.77
	<i>Etropus crossotus</i>	Demersal	Subtropical	56.59			
<b>Asociación 3</b>	<i>Benthoosema panamense</i>	Mesopelágico	Tropical	279.55		22.14	
	<i>Leuroglossus stilbius</i>	Mesopelágico	Templado	43.03			

Tabla 3. Correlación y Biplot Scores para las 8 variables ambientales (marzo 2005).

Variable	Correlación			Biplot Scores		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 1	Eje 2	Eje 3
1 Profundidad	-0.323	<b>0.757</b>	-0.181	-0.156	0.337	-0.063
2 Biomasa del Zooplancton	0.218	0.024	-0.177	0.106	0.011	-0.061
3 Temperatura superficial	0.284	0.212	-0.219	0.137	0.094	-0.076
4 Temperatura 10 m	0.485	0.309	0.324	0.235	0.138	0.112
5 Temperatura 50 m	-0.269	-0.079	0.177	-0.130	-0.035	0.061
6 Salinidad 0 m	<b>0.765</b>	0.008	-0.551	0.370	0.004	-0.191
7 Salinidad 10 m	<b>0.817</b>	-0.132	-0.325	0.396	-0.059	-0.113
8 Salinidad 50 m	<b>0.809</b>	-0.109	-0.054	0.392	-0.048	-0.019

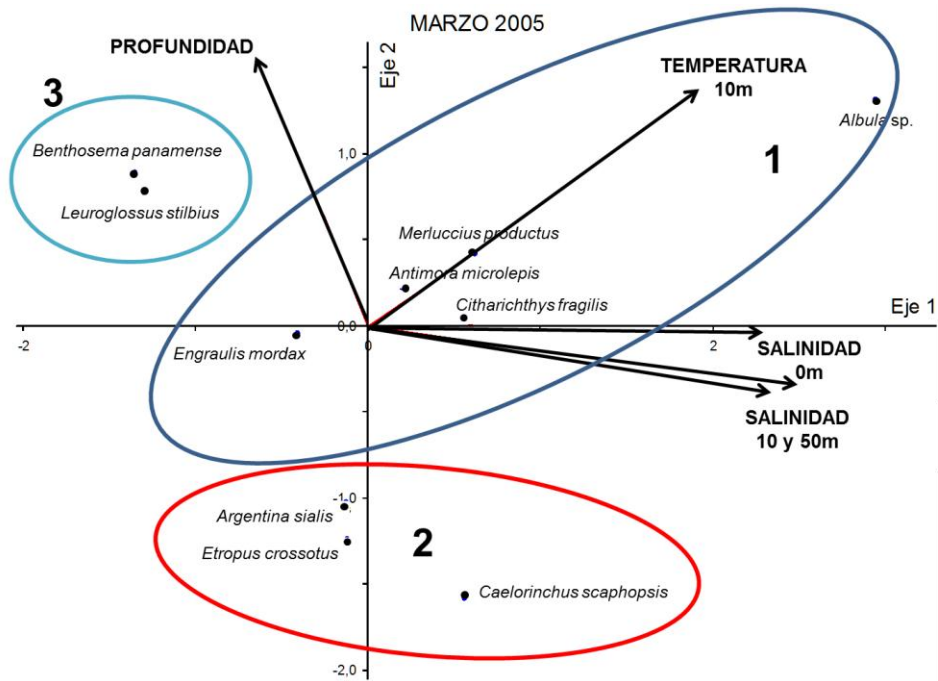


Figura 15. Biplot del CCA, para especies y variables ambientales, marzo 2005. Las Flechas indican las variables ambientales.

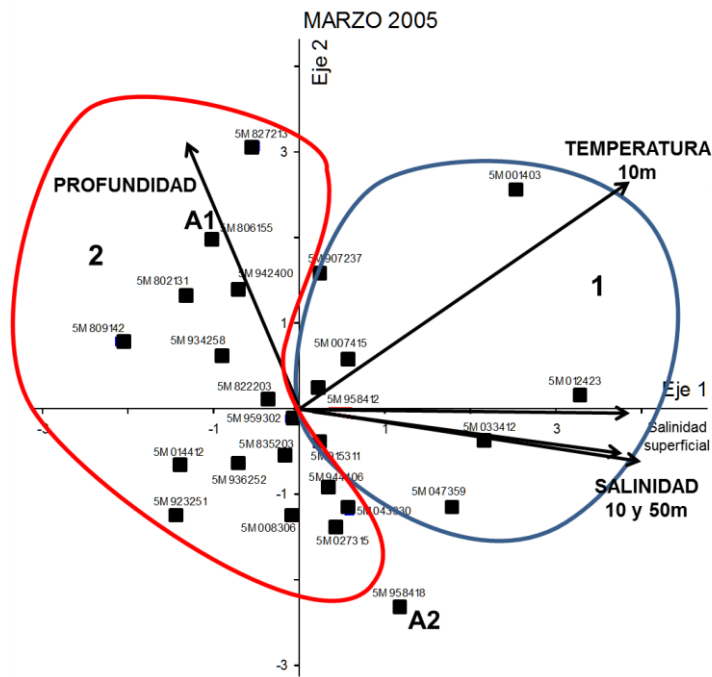


Figura 16. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales, marzo 2005. Las Flechas indican las variables ambientales.

El dendrograma del muestreo de abril mostró un solo Grupo de estaciones (1) distribuido al norte de la Isla Ángel de la Guarda, y una estación aislada (A) junto al Grupo 1 (Fig. 17). En el Grupo 1 se concentraron la mayoría de las estaciones, la especie pelágica *E. mordax* presentó la mayor abundancia promedio para este muestreo, misma especie que se caracterizó por su dominancia y alta abundancia (Tabla 4). Asimismo, las especies formaron una asociación (1) de acuerdo con su afinidad subtropical y hábitat demersal (Fig. 18), con excepción de los pelágicos *E. mordax* y *Etrumeus teres*.

En el CCA los ejes canónicos 1 y 2 sumaron el 46.4% de la varianza explicada para abril, presentando una alta correlación positiva con las variables ambientales biomasa del zooplancton (0.528), temperatura (0.705) y salinidad a 50 m de profundidad (0.505) (Tabla 5). En el análisis las especies y las variables ambientales mostraron una asociación de especies (1) coincidiendo con el dendrograma (Fig. 19), la Asociación 1 estuvo compuesta principalmente por especies de afinidad subtropical y hábitat demersal; sin embargo, la especie pelágica de afinidad subtropical *E. mordax* fue la especie dominante durante este periodo, asociada con *M. productus*, mismas que se relacionaron inversamente con la temperatura superficial y a 50 m de profundidad y la salinidad en superficie, así como a 10 y 50 m de profundidad. Por el contrario, la relación con el incremento en la biomasa del zooplancton fue positiva (Fig. 19). El diagrama de las estaciones y las variables ambientales mostró que en el Grupo 1 la mayoría de las estaciones se relacionaron inversamente a las variables temperatura y salinidad en las diferentes profundidades, mientras que la relación con el incremento en la biomasa del zooplancton fue positiva (Fig. 20). En el caso de la especie (*Sebastes* sp. III) y la estación aislada (A), esta se posicionó en el diagrama alejada de los ejes principales y los vectores de las variables ambientales, mostrando poca relación con las variables ambientales (Figs. 20 y 21).

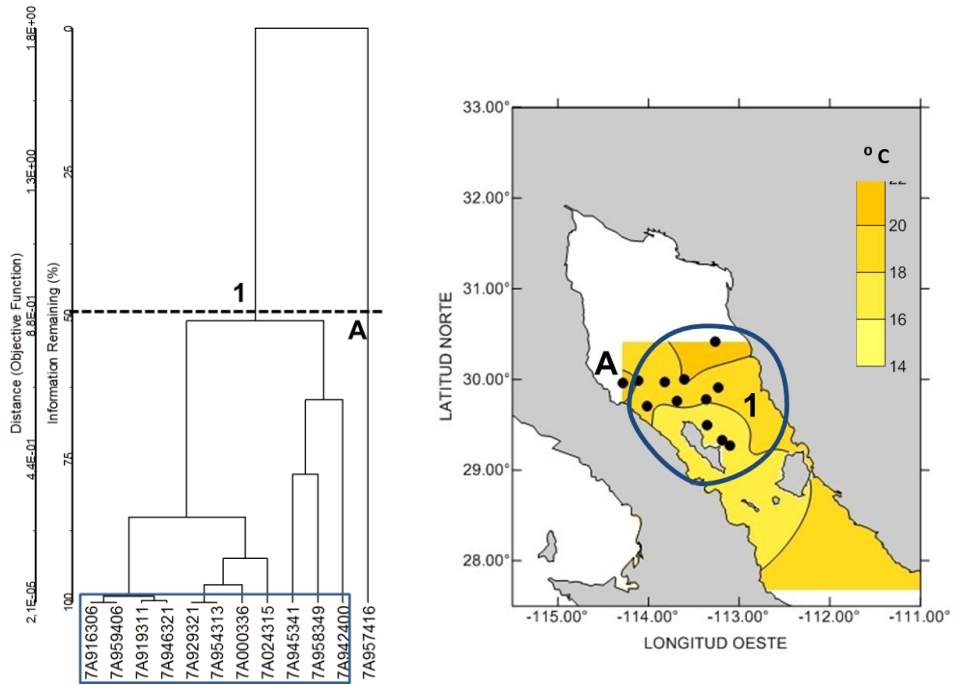


Figura 17. Dendrograma y ubicación geográfica de estaciones con temperatura superficial (abril 2007).

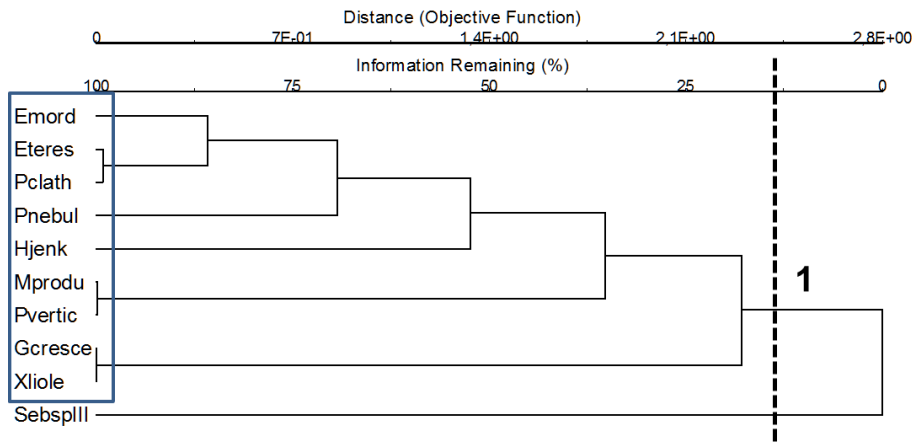


Figura 18. Asociaciones de especies de larvas de peces (abril 2007).

Tabla 4. Grupos de estaciones y asociaciones de especies (abril 2007).

	ESPECIES	HABITAT	AFINIDAD	GRUPO 1	AISLADO
<b>Asociación 1</b>	<i>Engraulis mordax</i>	Pelágico	Subtropical	927.73	
	<i>Etrumeus teres</i>	Pelágico	Subtropical	263.43	
	<i>Paralabrax clathratus</i>	Bentopelágico	Subtropical	43.90	
	<i>Paralabrax nebulifer</i>	Asociado a arrecife	Subtropical	59.92	
	<i>Hypsoblennius jenkinsi</i>	Demersal	Subtropical	32.23	
	<i>Merluccius productus</i>	Demersal	Templado	39.48	
	<i>Pleuronichthys verticalis</i>	Demersal	Subtropical	19.74	
	<i>Gobulus crescentalis</i>	Demersal	Subtropical	25.46	
	<i>Xystreureys liolepis</i>	Demersal	Subtropical	25.46	
<b>Aislado</b>	<i>Sebastes</i> sp. III	Demersal			54.18

Tabla 5. Correlación y Biplot Scores para las 8 variables ambientales (abril 2007).

Variable	Correlación			Biplot Scores		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 1	Eje 2	Eje 3
1 Profundidad	-0.204	0.459	0.309	-0.083	0.291	0.232
2 Biomasa del Zooplancton	-0.166	<b>0.528</b>	-0.178	-0.068	0.335	-0.134
3 Temperatura superficial	<b>0.510</b>	0.030	-0.018	0.209	0.019	-0.013
4 Temperatura 10 m	0.128	0.129	-0.146	0.053	0.082	-0.110
5 Temperatura 50 m	<b>0.705</b>	-0.387	0.013	0.289	-0.246	0.010
6 Salinidad 0 m	0.057	<b>-0.523</b>	-0.058	0.024	-0.331	-0.044
7 Salinidad 10 m	0.364	-0.418	0.351	0.149	-0.265	0.264
8 Salinidad 50 m	<b>0.505</b>	-0.401	-0.127	0.207	-0.254	-0.095

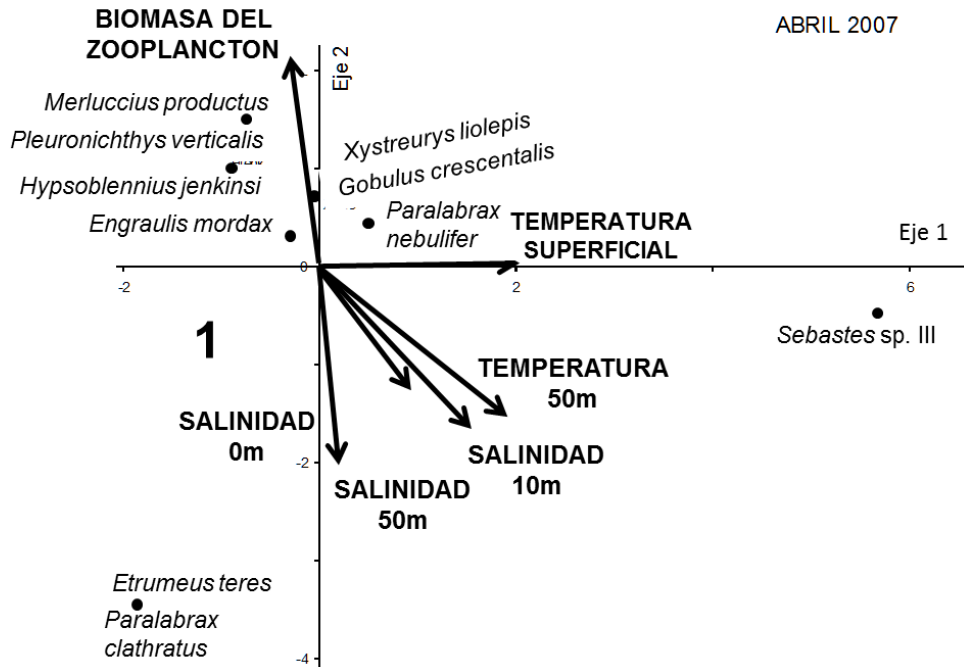


Figura 19. Biplot del CCA, para especies y variables ambientales, abril 2007. Las Flechas indican las variables ambientales.

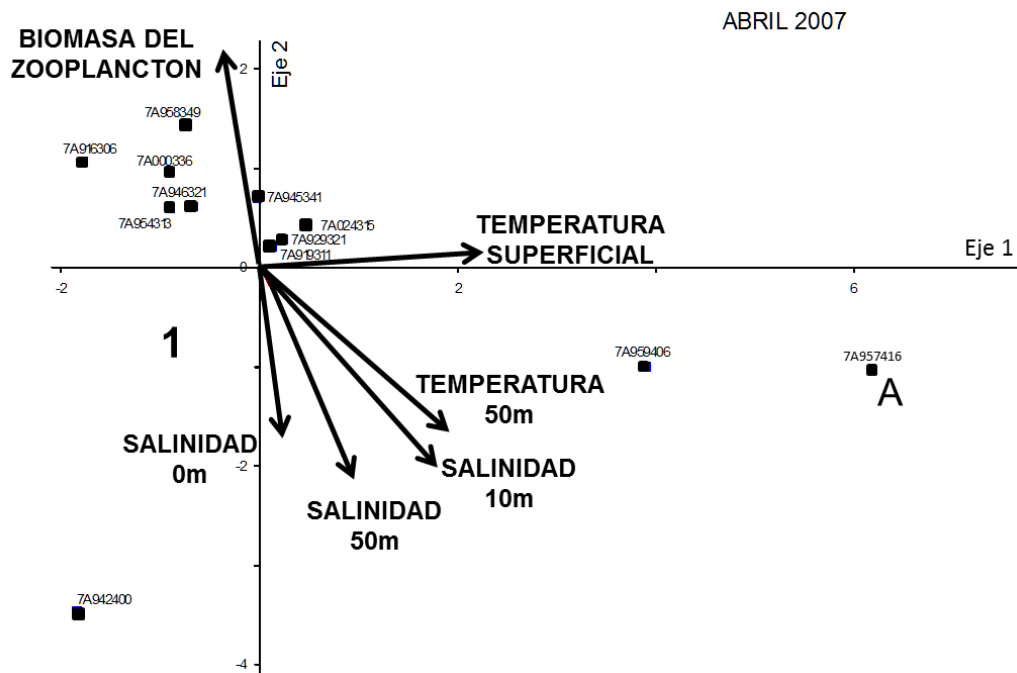


Figura 20. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales, abril 2007. Las Flechas indican las variables ambientales.

### 8.6.2 Periodo cálido

El dendrograma de julio mostró dos Grupos de estaciones (1 y 2), el primer grupo (1) se localizó en el área de las grandes islas del lado oriental del GC, mientras que el Grupo 2 se encontró al norte de la Isla Ángel de la Guarda del lado peninsular (Fig. 21). Mientras que el dendrograma de especies indicó cinco asociaciones de especies de larvas de peces (1-5) (Fig. 22; Tabla 6) principalmente de afinidad tropical y subtropical. En dichas asociaciones (1), el pelágico *Anchoa* sp. y el mesopelágico *B. panamense* se caracterizaron por ser las especies dominantes por su abundancia y frecuencia de aparición en ambos grupos de estaciones; sin embargo, la mayor abundancia para ambas especies se presentó en el Grupo 2 (Tabla 6).

En el CCA realizado al muestreo de julio, los ejes canónicos 1 y 2 sumaron el 24.4% de la varianza explicada, presentándose correlación positiva con las variables ambientales, biomasa del zooplancton (0.734), temperatura y salinidad superficial (0.661 y 0.909, respectivamente), y también a 10 y 50 m de profundidad (0.661) (Tabla 7). El diagrama de las especies y las variables ambientales mostró en que la Asociación 1 principalmente compuesta de especies de afinidad tropical-subtropical y hábitat pelágico y demersal (*Abudefduf troschelii* – *Symphurus atricaudus*), se relacionaron con el aumento en la salinidad a 50 m de profundidad (Fig. 23; Tabla 6). Asimismo, la Asociación 2 compuesta mayormente de especies de hábitat pelágico y demersal, las cuales se relacionaron con la temperatura superficial y la salinidad a 50 m de profundidad (*Anchoa* sp. – *Opisthonema libertate*) (Fig. 23; Tabla 6). No obstante, la Asociación 3 dominada por especies de hábitat mesopelágico (*B. panamense*, *Vinciguerria lucetia*, *Triphoturus mexicanus*) se relacionó inversamente con el incremento en la temperatura superficial y la temperatura y salinidad a 50 m de profundidad, también con la biomasa del zooplancton (Fig. 22; Tabla 6). Simultáneamente, las estaciones conformaron dos grupos de estaciones (1 y 2) (Fig. 24); donde el Grupo 1 se relacionó inversamente con el incremento en la salinidad a 50 m de profundidad, mientras que el Grupo 2 presentó una relación positiva con el incremento en la temperatura superficial (Fig. 24).

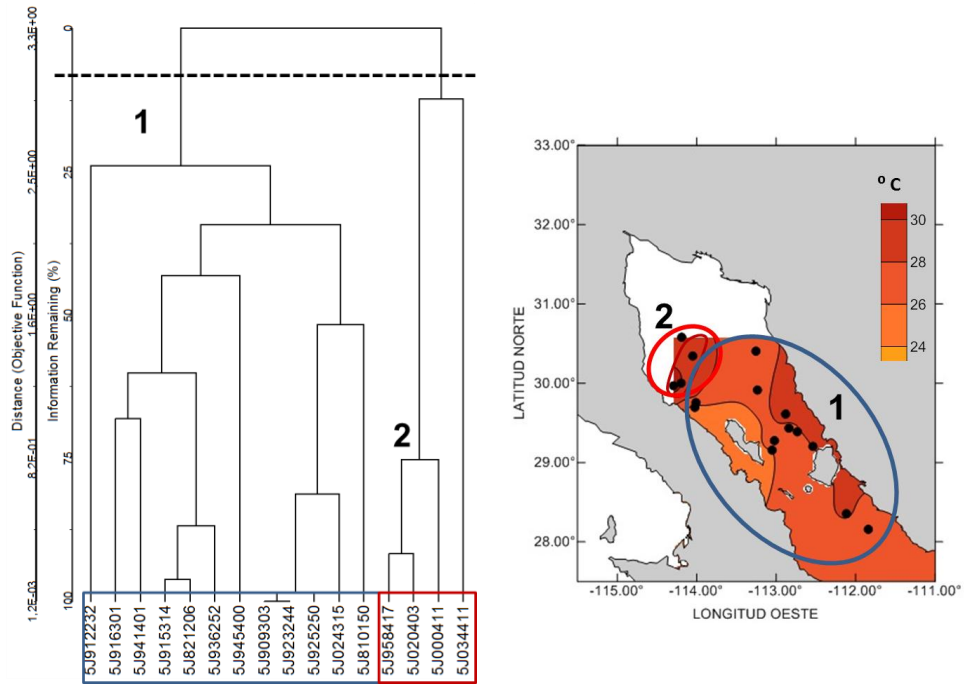


Figura 21. Dendrograma y ubicación geográfica de estaciones con temperatura superficial (julio 2005).

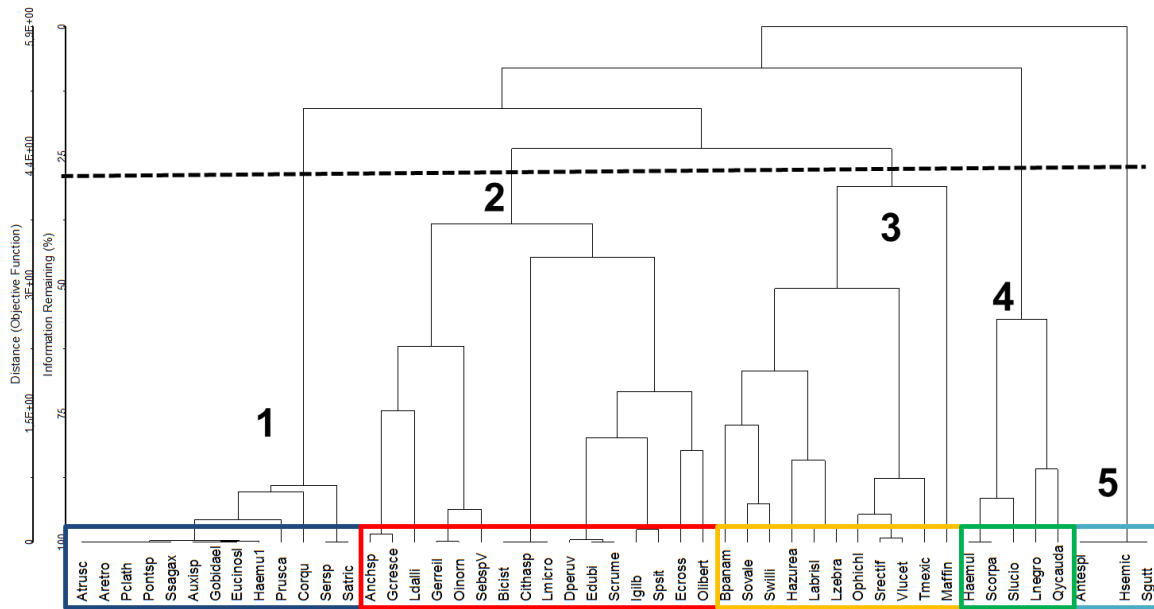


Figura 22. Asociaciones de especies de larvas de peces (julio 2005).



Tabla 6. Grupos de estaciones y asociaciones de especies (julio 2005).

	ESPECIES	HABITAT	AFINIDAD	GRUPO 1	GRUPO 2	
<b>Asociación 1</b>	<i>Abudefduf troschelii</i>	Asociado a arrecife	Tropical		53.61	
	<i>Apogon retrosella</i>	Asociado a arrecife	Tropical		53.61	
	<i>Paralabrax clathratus</i>	Bentopelágico	Subtropical		53.61	
	<i>Pontinus</i> sp.	Demersal	Tropical		53.61	
	<i>Sardinops sagax</i>	Pelágico	Subtropical		53.61	
	<i>Auxis</i> sp.	Epipelágico			160.83	
	Gobiidae I	Demersal			160.83	
	Eucinostomus I	Demersal			214.43	
	Haemulidae I	Demersal			321.66	
	<i>Prionotus ruscarius</i>	Demersal	Tropical	42.79	160.83	
	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	Bentopelágico	Subtropical	56.59	107.22	
	<i>Serranus</i> sp.	Asociado a arrecife	Tropical		62.17	
	<i>Symphurus atricaudus</i>	Demersal	Subtropical		88.98	
	<b>Asociación 2</b>	<i>Anchoa</i> sp.	Pelagico		97.57	432.36
<i>Gobulus crescentalis</i>		Demersal	Subtropical	101.12	365.13	
<i>Lythrypnus dalli</i>		Demersal	Subtropical	198.59	88.55	
Gerreidae I		Demersal			60.63	
<i>Oligoplites saurus inornatus</i>		Asociado a arrecife	Subtropical		121.26	
<i>Sebastes</i> sp. V		Demersal		57.88	60.63	
<i>Bairdiella icistia</i>		Demersal	Tropical		50.93	
<i>Citharichthys</i> sp.		Demersal			50.93	
<i>Lepophidium microlepis</i>		Demersal			50.93	
<i>Diapterus peruvianus</i>		Demersal	Tropical	197.79		
<i>Encheliophis dubius</i>		Demersal	Tropical	49.45		
<i>Selar crumenophthalmus</i>		Asociado a arrecife	Subtropical	49.45		
<i>Ilypnus gilberti</i>		Demersal	Subtropical	92.24	106.71	
<i>Serranus psittacinus</i>		Asociado a arrecife	Tropical	98.89	101.86	
<i>Etropus crossotus</i>		Demersal	Subtropical	111.67	52.27	
<i>Opisthonema libertate</i>		Pelágico	Tropical	74.17	81.87	
<b>Asociación 3</b>		<i>Bentosema panamense</i>	Mesopelágico	Tropical	494.67	536.10
		<i>Syacium ovale</i>	Demersal	Tropical	80.86	53.61
		<i>Symphurus williamsi</i>	Demersal	Tropical	78.38	
	<i>Hermosilla azurea</i>	Bentopelágico	Subtropical	88.03		
	Labrisomidae I	Asociado a arrecife		56.59		
	<i>Lythrypnus zebra</i>	Demersal	Subtropical	57.23		
	Ophichtidae I	Demersal		119.04		
	<i>Stegastes rectifraenum</i>	Asociado a arrecife	Subtropical	62.87		
	<i>Vinciguerría lucetia</i>	Mesopelágico	Tropical	503.01		
	<i>Triphoturus mexicanus</i>	Mesopelágico	Subtropical	473.20		
	<i>Microdesmus affinis</i>	Demersal	Tropical	97.94		
	<b>Asociación 4</b>	Haemulidae	Demersal		49.45	
		<i>Scorpaena</i>	Demersal	Tropical	49.45	
		<i>Synodus lucioceps</i>	Asociado a arrecife	Subtropical	49.45	70.73
<i>Lepophidium negropinna</i>		Demersal	Tropical	54.76		
<i>Quietula y-cauda</i>		Demersal	Subtropical	205.76		
<b>Asociación 5</b>	<i>Antenarius</i> sp. I			42.79		
	<i>Halichoeres semicinctus</i>	Asociado a arrecife	Subtropical	42.79		
	<i>Scorpaena guttata</i>	Demersal	Subtropical	42.79		

Tabla 7. Correlación y Biplot Scores para las 8 variables ambientales (julio 2005).

Variable	Correlación			Biplot Scores		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 1	Eje 2	Eje 3
1 Profundidad	-0.286	0.222	-0.526	-0.180	0.148	-0.383
2 Biomasa del Zooplancton	<b>0.734</b>	0.385	-0.091	0.463	0.257	-0.066
3 Temperatura superficial	-0.438	-0.186	0.825	-0.276	-0.124	0.600
4 Temperatura 10 m	0.442	0.269	<b>0.661</b>	0.279	0.179	0.481
5 Temperatura 50 m	<b>0.661</b>	0.420	0.189	0.358	0.280	0.138
6 Salinidad 0 m	0.301	0.060	<b>0.909</b>	0.190	0.040	0.661
7 Salinidad 10 m	-0.443	-0.411	-0.002	-0.279	-0.275	-0.002
8 Salinidad 50 m	<b>-0.573</b>	0.358	0.059	-0.361	0.239	0.043

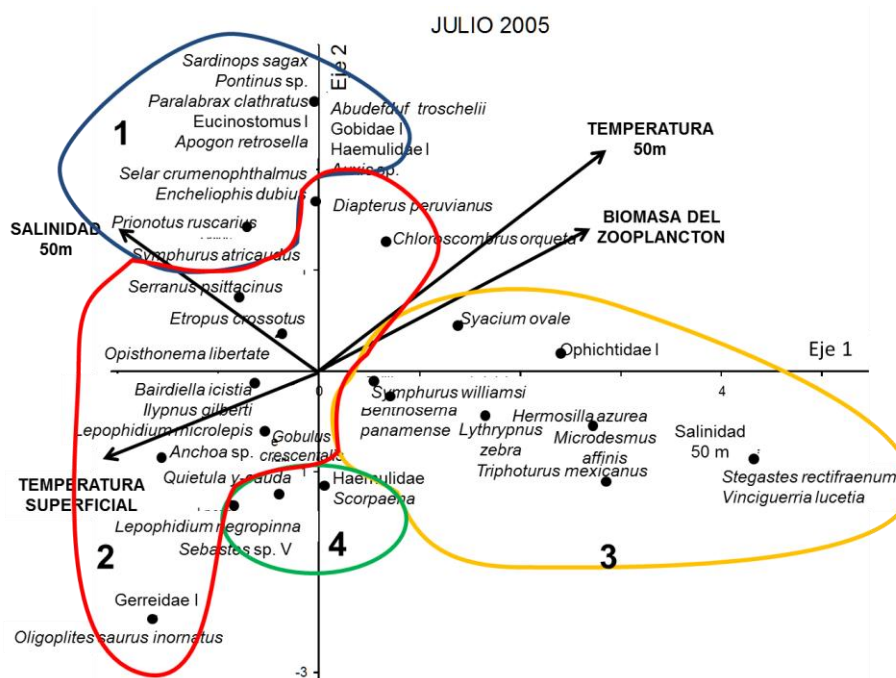


Figura 23. Biplot del CCA, para especies y variables ambientales, julio 2005. Las Flechas indican las variables ambientales.

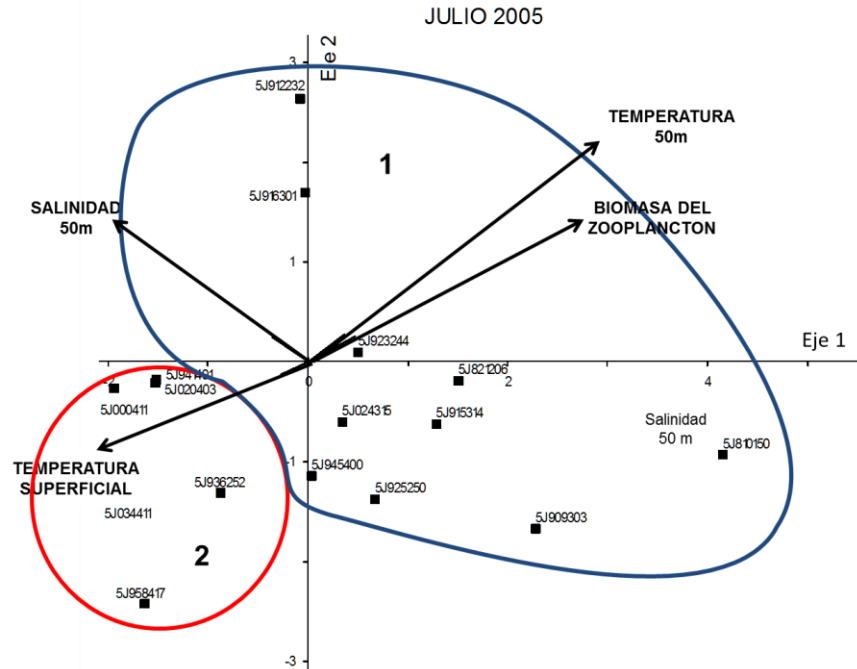


Figura 24. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales, julio 2005. Las Flechas indican las variables ambientales.

El dendrograma de noviembre indicó un solo grupo de estaciones (1) en el área de las grandes islas, así como una estación aislada al norte del área de estudio (A) (Fig. 25); el Grupo 1 se formó en la zona donde se presentó la mayor temperatura superficial; mientras que, la estación aislada del grupo se posicionó en la zona con la menor temperatura superficial durante este muestreo (Fig. 25). Mientras que, las especies formaron tres asociaciones de especies de afinidad tropical y subtropical (1-3), además de una especie que se aisló de las demás (Fig. 26). La mayor abundancia se presentó en el Grupo 1, mismo que estuvo dominado por la especie pelágica *Anchoa* sp. y el mesopelágico de afinidad tropical *B. panamense* (Tabla 8). La estación aislada estuvo dominada por la especie demersal de afinidad subtropical *Bregmaceros bathymaster*, y con menor abundancia los mesopelágicos *T. mexicanus* y *V. lucetia* (Tabla 8).

En el muestreo de noviembre los ejes canónicos 1 y 2 sumaron el 37.7% de la varianza explicada; las variables ambientales profundidad (0.770) y temperatura

superficial así como a 10 y 50 m de profundidad ( $>0.8$ ) mostraron una alta correlación positiva. Asimismo, el análisis indicó una alta correlación con la salinidad a 10 y 50 m de profundidad (0.685 y 0.601, respectivamente), además de correlación negativa con la biomasa del zooplancton (-0.504) (Tabla 9). El diagrama de especies y variables ambientales indicó que la Asociación 1 conformada por especies de afinidad tropical-subtropical (*Anchoa* sp. – *D. laternatus*) estuvo correlacionada positivamente con el incremento en la temperatura y salinidad en los diferentes niveles de profundidad (Fig. 27; Tabla 8). Mientras que la Asociación 2 compuesta mayormente por especies de hábitat mesopelágico y demersal (*B. bathymaster* – *V. lucetia*) se relacionó inversamente con el incremento en la temperatura y salinidad en superficie y a 10 y 50 m de profundidad (Fig., 27; Tabla 8). Las estaciones formaron un solo grupo (1), en el cual la mayoría de los puntos de muestreo se relacionaron inversamente con el incremento en la temperatura y la salinidad (Fig. 28).

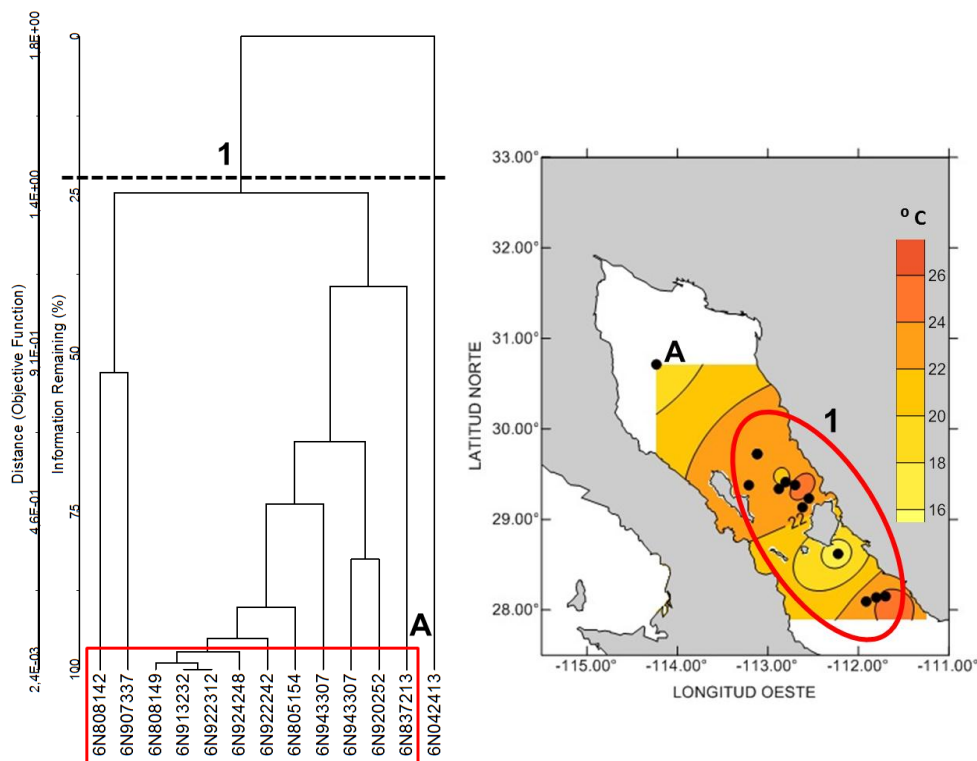


Figura 25. Dendrograma y ubicación geográfica de estaciones con temperatura superficial (noviembre 2006).

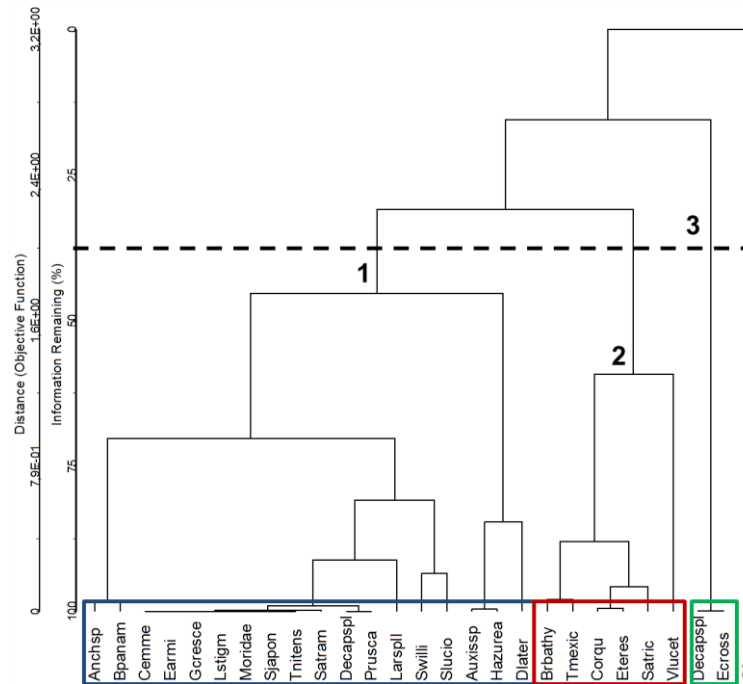


Figura 26. Asociaciones de especies de larvas de peces (noviembre 2006).

Tabla 8. Grupos de estaciones y asociaciones de especies (noviembre 2006).

	ESPECIES	HABITAT	AFINIDAD	GRUPO 1	AISLADO
<b>Asociación 1</b>	<i>Anchoa sp.</i>	Pelagico		270.31	
	<i>Benthoosema panamense</i>	Mesopelágico	Tropical	605.90	
	<i>Cherublemma emmelas</i>	Bathidemersal	Tropical	55.97	
	<i>Erotelis armiger</i>	Demersal	Tropical	55.97	
	<i>Gobulus crescentalis</i>	Demersal	Subtropical	55.97	
	<i>Lepophidium stigmatistium</i>	Demersal	Subtropical	55.97	
	Moridae	Demersal		55.97	
	<i>Scomber japonicus</i>	Pelágico	Subtropical	55.97	
	<i>Trichiurus nitens</i>	Bentopelágico	Subtropical	55.97	
	<i>Symphurus atramentatus</i>	Asociado a arrecife	Tropical	111.93	
	<i>Decapterus sp. I</i>	Asociado a arrecife		55.97	
	<i>Prionotus ruscarius</i>	Demersal	Tropical	223.86	
	<i>Larimus sp. II</i>	Demersal		84.57	
	<i>Symphurus williamsi</i>	Demersal	Tropical	234.06	
	<i>Synodus lucioceps</i>	Asociado a arrecife	Subtropical	199.76	
	<i>Auxis sp.</i>	Epipelágico		58.88	
	<i>Hermosilla azurea</i>	Bentopelágico	Subtropical	29.44	
<i>Diogenichthys laternatus</i>	Mesopelágico	Subtropical	88.32		
<b>Asociación 2</b>	<i>Bregmaceros bathymaster</i>	Demersal	Subtropical	132.28	58.20
	<i>Triphoturus mexicanus</i>	Mesopelágico	Subtropical	80.67	29.10

Tabla 8 (Continuación). Grupos de estaciones y asociaciones de especies (noviembre 2006).

	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	Bentopelágico	Subtropical	66.14
	<i>Etrumeus teres</i>	Pelágico	Subtropical	198.42
	<i>Symphurus atricaudus</i>	Demersal	Subtropical	188.87
	<i>Vinciguerria lucetia</i>	Mesopelágico	Tropical	29.10
<b>Asociación 3</b>	<i>Decapterus</i> sp. II	Asociado a arrecife		335.79
	<i>Etropus crossotus</i>	Demersal	Subtropical	111.93
<b>Aislado</b>	<i>Citharichthys fragilis</i>	Demersal	Subtropical	32.65

Tabla 9. Correlación y Biplot Scores para las 8 variables ambientales (noviembre 2006).

Variable	Correlación			Biplot Scores		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 1	Eje 2	Eje 3
1 Profundidad	-0.132	-0.456	<b>0.770</b>	-0.085	-0.315	0.600
2 Biomasa del Zooplancton	<b>-0.504</b>	0.234	0.035	-0.325	0.162	0.027
3 Temperatura superficial	<b>0.849</b>	0.017	0.456	0.547	0.012	0.356
4 Temperatura 10 m	<b>0.854</b>	0.029	0.459	0.550	0.020	0.358
5 Temperatura 50 m	<b>0.885</b>	0.275	0.018	0.570	0.190	0.014
6 Salinidad 0 m	-0.145	0.313	-0.039	-0.093	0.217	-0.030
7 Salinidad 10 m	<b>0.685</b>	0.002	<b>0.562</b>	0.441	0.001	0.438
8 Salinidad 50 m	0.601	0.439	-0.148	0.387	0.304	-0.115

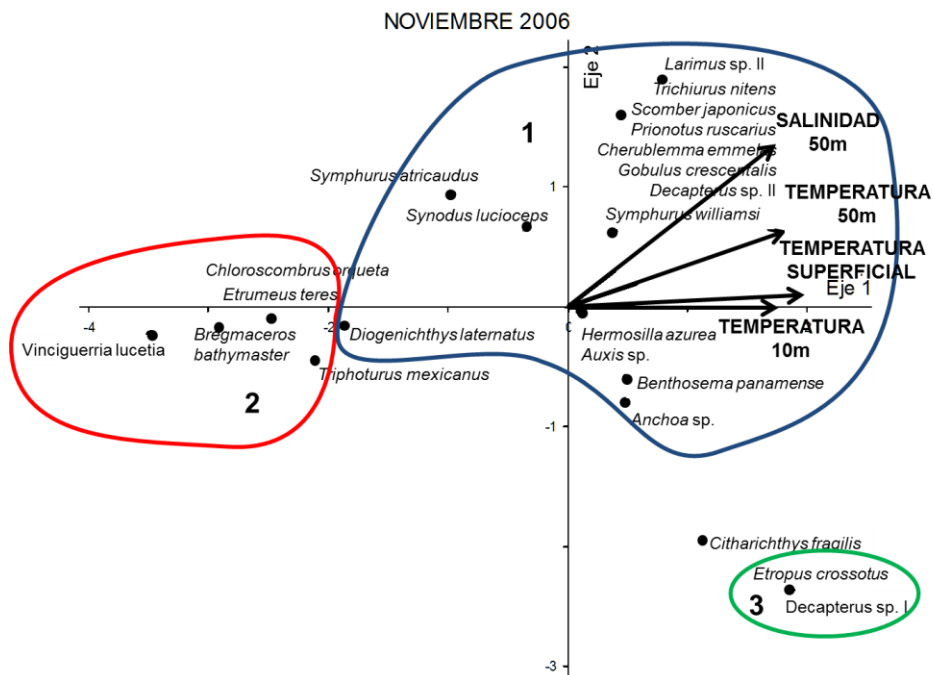


Figura 27. Biplot del CCA, para especies y variables ambientales, julio 2005. Las Flechas indican las variables ambientales.

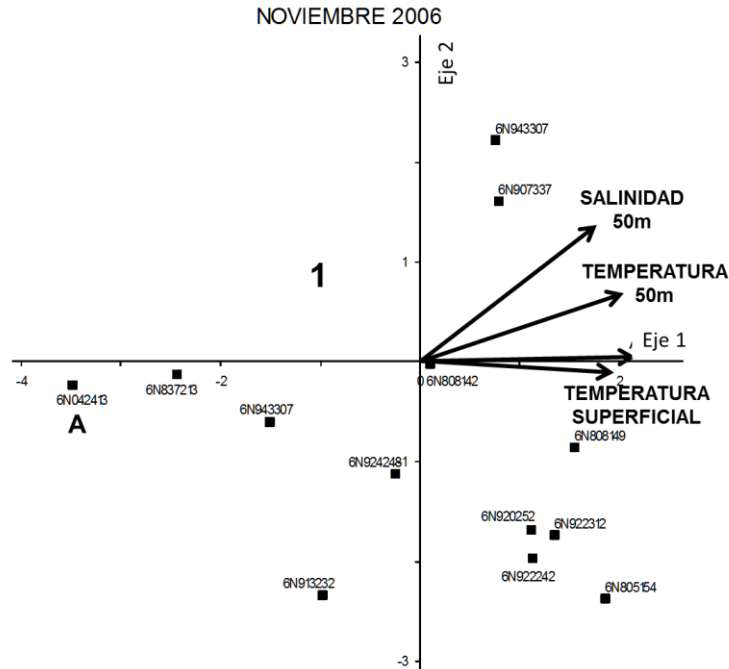


Figura 28. Biplot del CCA, para estaciones y variables ambientales, julio 2005. Las Flechas indican las variables ambientales.

## 8.8 Especies características

### 8.8.1 Análisis de cocientes

La temperatura superficial preferencial mostrada por el pelágico *Anchoa sp.*, se presentó en los intervalos de 23 y 28<sup>0</sup> C, mientras que a 10 m de profundidad se observó una moda entre dos intervalos de temperatura a los 23 y 26<sup>0</sup> C, entretanto a los 50 m de profundidad la temperatura donde se mostró un resultado alto en el análisis de cocientes fue entre los 17 y 19<sup>0</sup> C; en cuanto a la salinidad se indicaron dos modas con altos cocientes, el primero en salinidades menores a 35 y el segundo en el intervalo de ~ 35.4 y 35.6 (Fig. 29). Mientras que, el mesopelágico de afinidad tropical *B. panamense* se mostró en el grupo de estaciones que presentaron temperaturas entre 23<sup>o</sup> y 30<sup>o</sup> C, al aumentar la profundidad a 10 m la moda se presentó en tres picos en los intervalos de 18<sup>o</sup>, 23<sup>o</sup> y 26<sup>o</sup> C, de igual manera en una profundidad de 50 m se presentaron tres picos altos en los intervalos de 18<sup>o</sup>, 21<sup>o</sup> y 23<sup>o</sup>; mientras que en la salinidad la preferencia se mostró en salinidades mayores a 35.2 (Fig. 30).

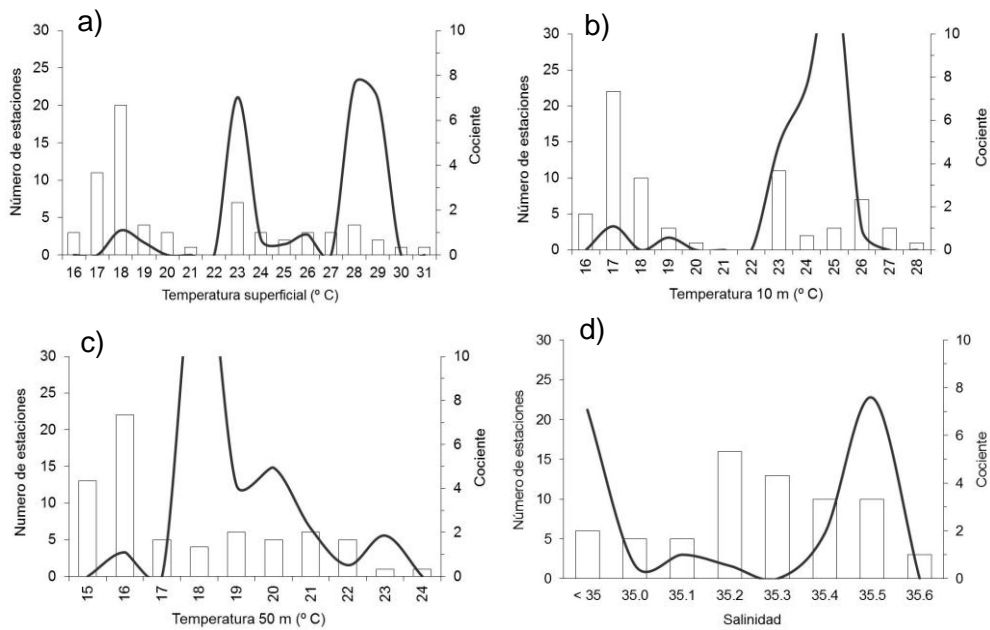


Figura 29. Intervalos de temperatura y salinidad para *Anchoa* sp.

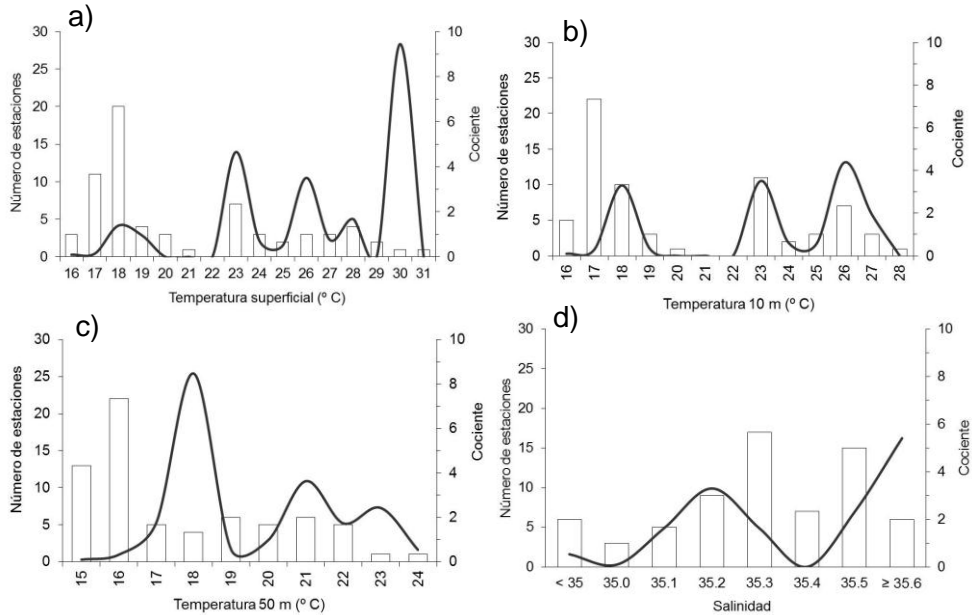


Figura 30. Intervalos de temperatura y salinidad para *Benthosema panamense*.

La especie de afinidad subtropical y hábitat demersal *C. fragilis* mostró preferencia por un intervalo de temperatura superficial entre 17° y 19° C, una moda igual se



presentó a los 10 m de profundidad, así como una moda menos importante en el intervalo de 23<sup>o</sup> C; en el caso de una profundidad mayor la temperatura preferencial se encontró entre 15<sup>o</sup> y 17<sup>o</sup> C; mientras que en la salinidad se observa un resultado alto en el análisis de cocientes entre ~ 35.2 y 35.5 (Fig. 31).

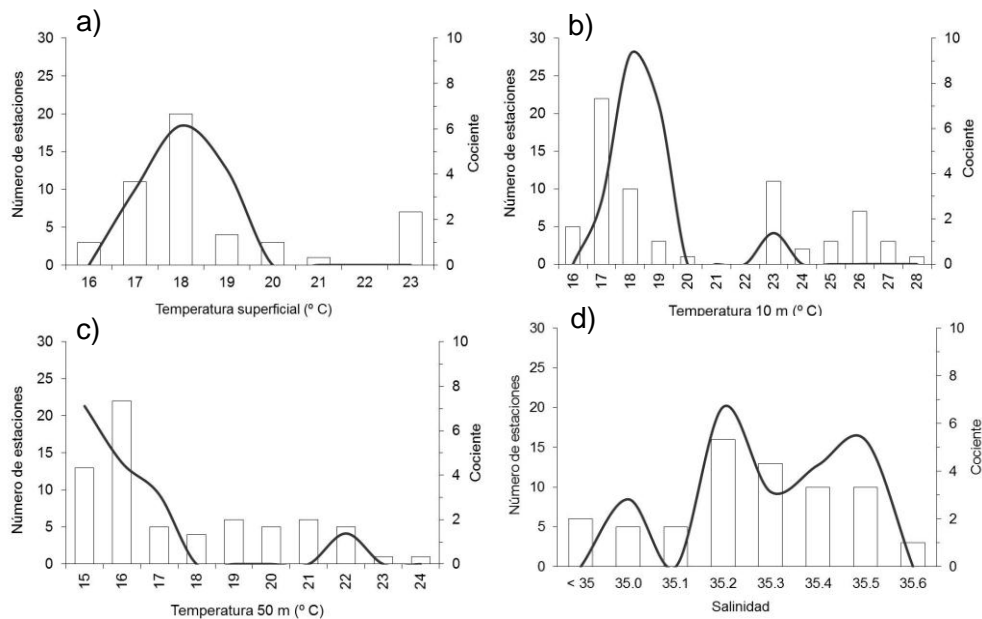


Figura 31. Intervalos de temperatura y salinidad para *Citharichthys fragilis*.

La especie de afinidad subtropical y hábitat pelágico *E. mordax* mostró preferencia por un el intervalo de los 17<sup>o</sup> C en superficie, así como a los 10 y 50 m de profundidad, la salinidad presentó dos modas en los intervalos de salinidad de 35.2 y 35.4; cabe mencionar que dicha especie solo se encontró en los muestreos realizados en los periodos fríos (marzo, abril) (Fig. 32). La temperatura preferencial indicada por el análisis de cocientes para *M. productus* (Demersal – Templado) presentó dos modas en los intervalos entre 16<sup>o</sup> y 20<sup>o</sup> C, tanto en superficie como en profundidades de 10 y 50 m, mientras que la salinidad presentó dos picos de cocientes altos en salinidades de 35.2 y 35.5, parecido a lo observado para *E. mordax*, estas especies formaron una asociación como se exhibe en los dendrogramas y el CCA (Fig. 33).

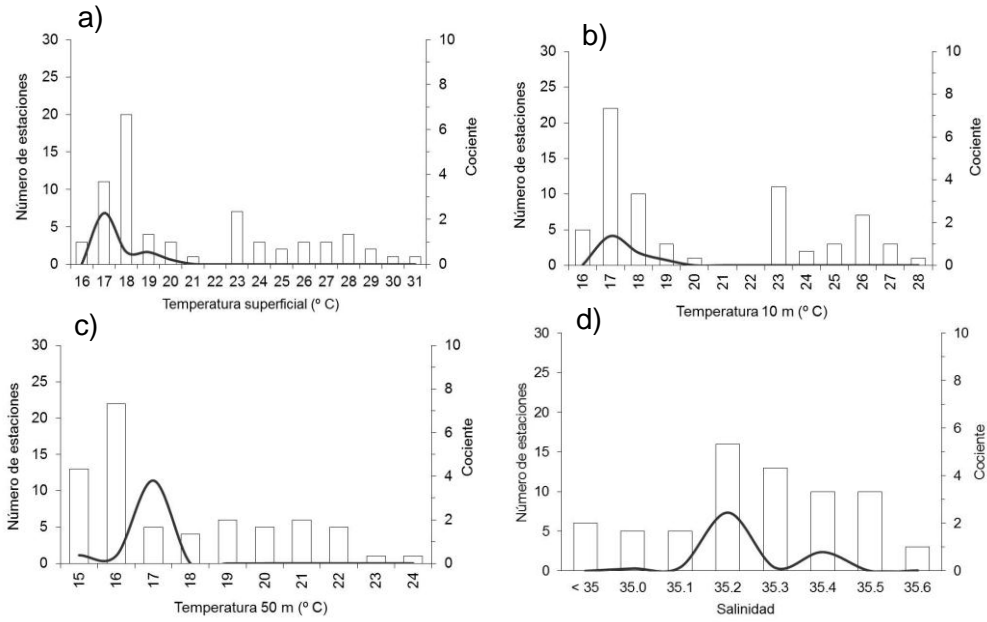


Figura 32. Intervalos de temperatura y salinidad para *Engraulis mordax*.

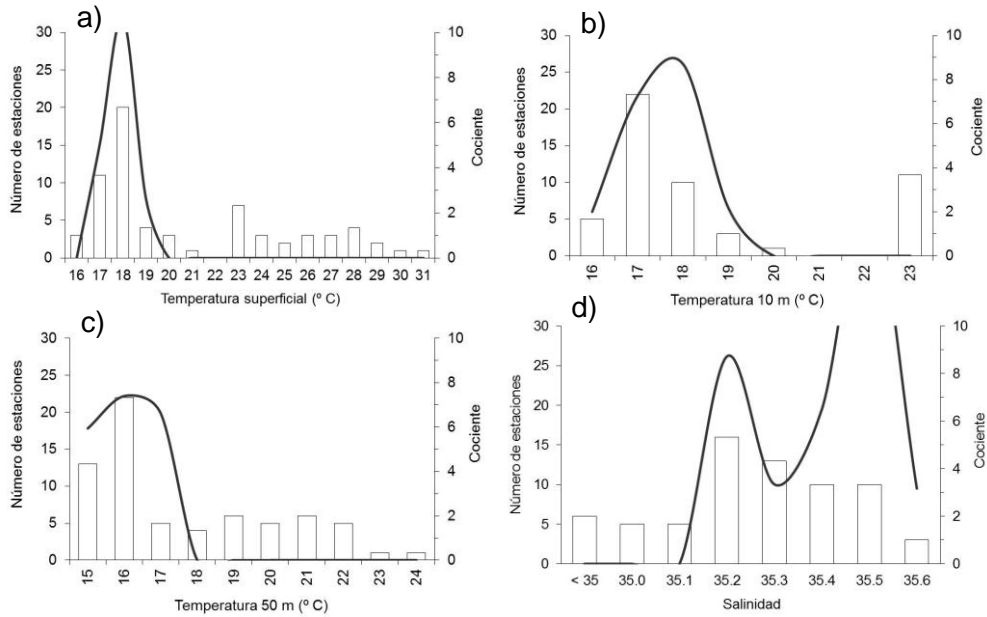


Figura 33. Intervalos de temperatura y salinidad para *Merluccius productus*.

### 8.8.2 Distribución de la abundancia

Las especies dominantes de las asociaciones de larvas de peces, se distribuyeron alrededor de toda el área de estudio en los cuatro muestreos. Sin embargo, dichas especies no estuvieron presentes en la totalidad de los muestreos. La anchoveta (*E. mordax*) estuvo presente en los periodos fríos (marzo y abril), con una abundancia  $>30,000$  larvas/1000 m<sup>3</sup> en el muestreo de marzo, durante este periodo las mayores abundancias se encontraron junto a la Isla Ángel de la Guarda y al norte de la Isla Tiburón. Mientras que en el muestreo de abril las mayores abundancias ( $> 6,500$  larvas/1000 m<sup>3</sup>) estuvieron presentes al norte de la Isla Ángel de la Guarda cerca de la costa peninsular (Fig. 34).

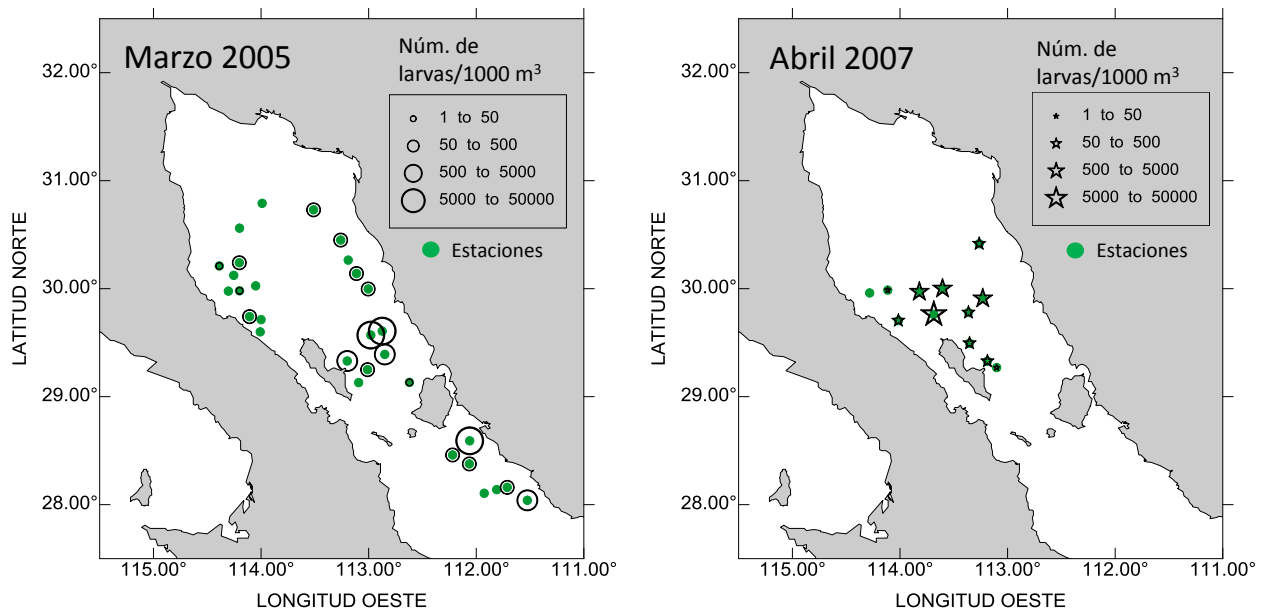


Figura 34. Distribución de la abundancia de *Engraulis mordax*.

Inversamente, la especie pelágica *Anchoa* sp., se distribuyó durante los periodos cálidos (julio y noviembre) con una abundancia  $\geq 2,000$  larvas/1000 m<sup>3</sup> en el muestreo de julio, mismas que se localizaron al noroeste de la Isla Ángel de la Guarda en estaciones cercanas a la costa peninsular, durante el muestreo de noviembre las mayores abundancias estuvieron cerca de los 5,000 larvas/1000 m<sup>3</sup> y se presentaron principalmente al norte de la Isla Tiburón (Fig. 35).

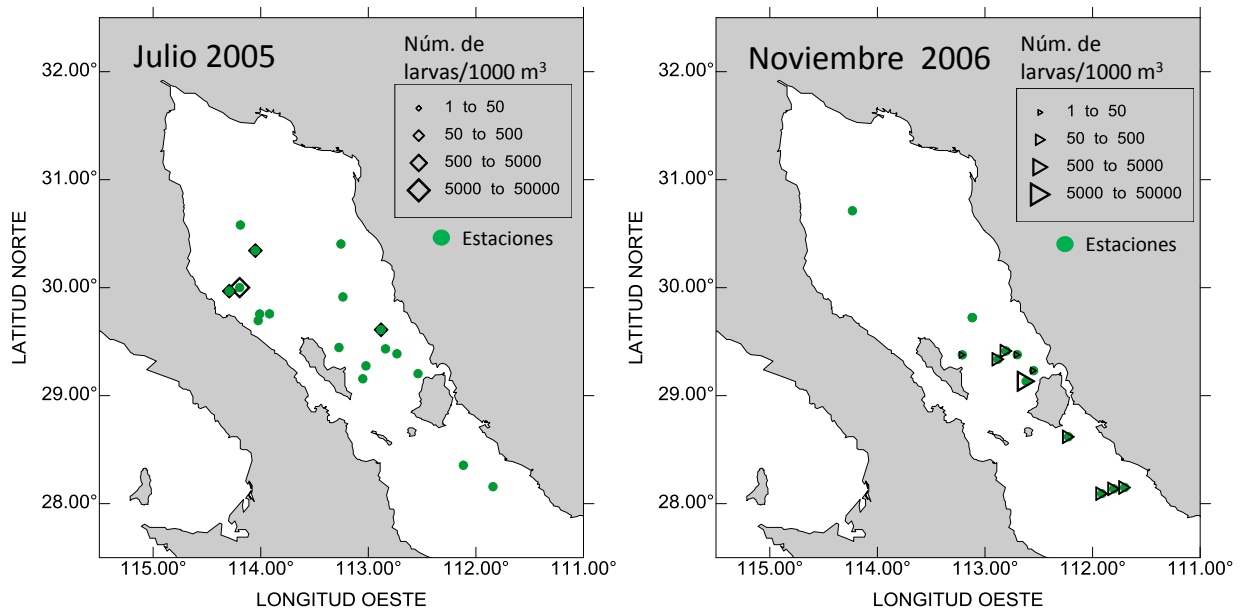


Figura 35. Distribución de la abundancia de *Anchoa* sp.

Las especies de hábitat demersal y afinidad templada y subtropical *M. productus* y *C. fragilis* estuvieron presentes en el periodo frío, en un solo muestreo (marzo). La merluza (*M. productus*) se encontró en el muestreo de marzo con una abundancia entre ~ 50 y 500 larvas/1000 m<sup>3</sup>, las mayores abundancias se localizaron en el área de las grandes islas y al noroeste del área de estudio en estaciones cercanas a la costa peninsular (Fig. 36). Semejante a la merluza *C. fragilis* estuvo presente solo en el muestreo de marzo con abundancias cercanas a 5, 000 larvas/1000 m<sup>3</sup>, la mayor abundancia se presentó en una estación al sur de la Isla Tiburón cercana a la costa continental (Fig. 38).

El mesopelágico de afinidad tropical *B. panamense* estuvo presente en los cuatro muestreos, encontrándose las mayores abundancias en los muestreos de marzo, julio y noviembre, no obstante en el muestreo de abril la abundancia fue muy baja ya que solo se presentó en una estación de muestreo. Las mayores abundancias de *B. panamense* durante el muestreo de marzo se localizaron en las estaciones más sureñas del área de muestreo con abundancias entre ~ 500 y 5, 000 larvas/1000 m<sup>3</sup>; en julio la especie se distribuyó por toda el área de muestreo con abundancias

parecidas a las encontradas en el invierno ( $\geq 2,000$  larvas/1000 m<sup>3</sup>). Mientras que en noviembre las mayores abundancias se localizaron en el área de las grandes islas y al sur de las mismas, con valores entre 500 y 1,500 larvas/1000 m<sup>3</sup> (Fig. 38).

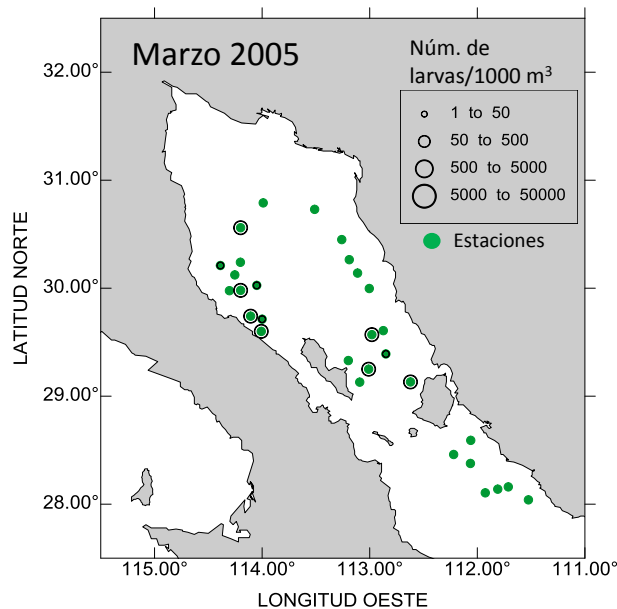


Figura 36. Distribución de la abundancia de *Merluccius productus*.

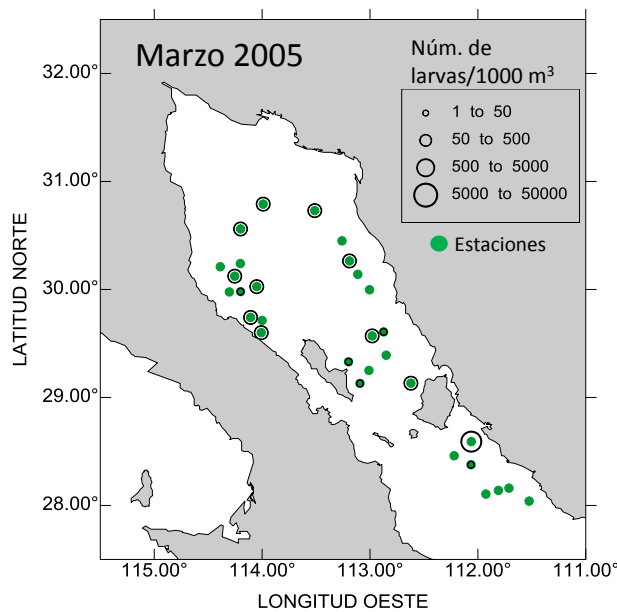


Figura 37. Distribución de la abundancia de *Citharichthys fragilis*.

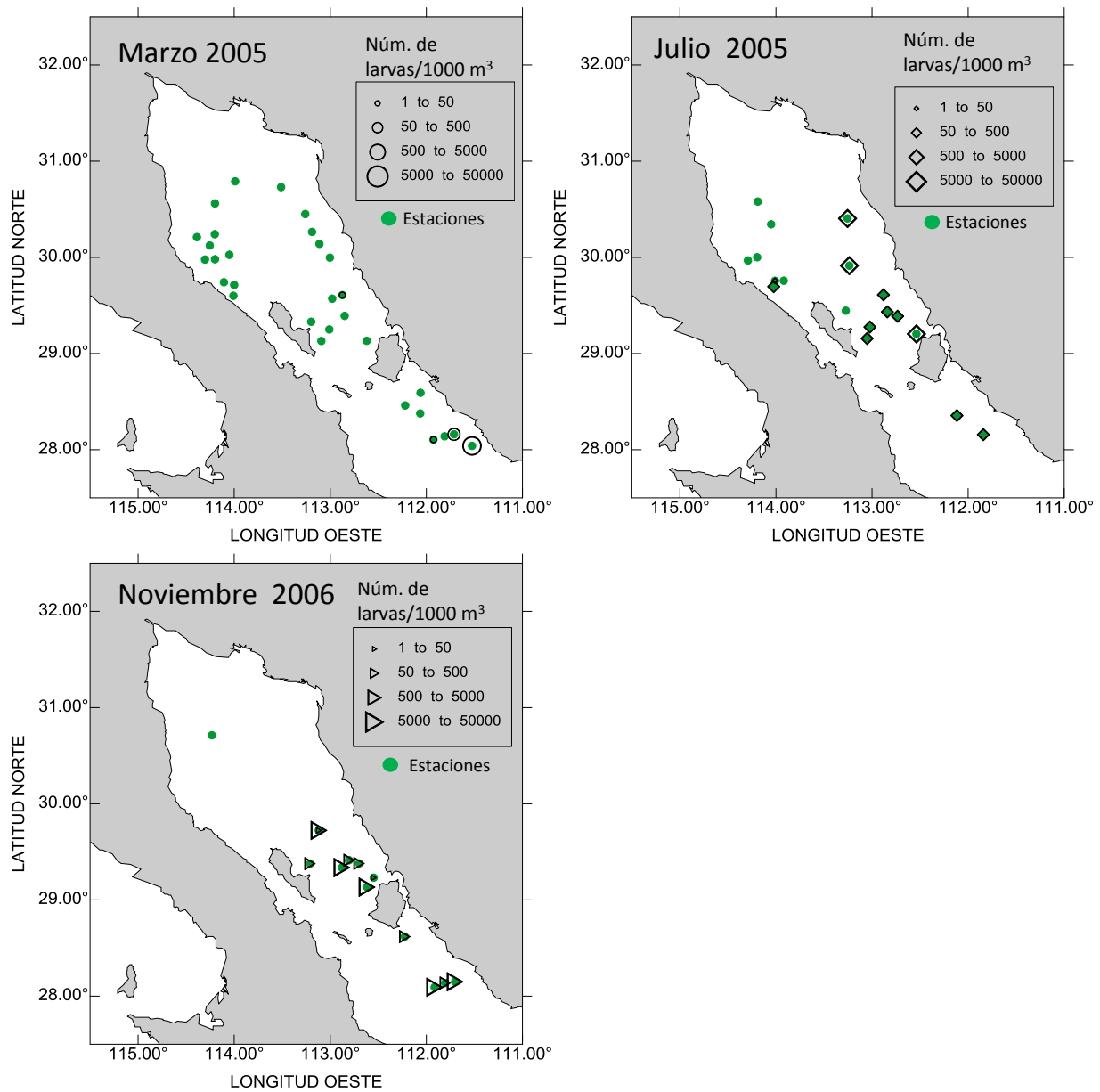


Figura 38. Distribución de la abundancia de *Benthosema panamense*.

## 9. DISCUSIÓN

### 9.1 Perfiles de temperatura y salinidad

La temperatura y la salinidad son variables físicas normalmente medidas en los estudios de ictioplancton y se ha demostrado que influyen significativamente en la abundancia de larvas de peces y por lo tanto en la estructura de las asociaciones (Harris *et al.*, 2001). En el presente trabajo los perfiles de temperatura mostraron una aparente homogeneidad térmica durante los periodos fríos, mientras que en los periodos cálidos se mostró una fuerte estratificación de la columna de agua. Carrillo-Bribiezca *et al.* (2002) sugieren que el calentamiento de verano en el norte del Golfo induce a una fuerte estratificación y como resultado de esto las isopícnas forman una estructura en forma de domo, lo que favorece la circulación ciclónica. Mientras que durante el invierno las isopícnas tienen una forma cóncava, lo que favorece la circulación anticiclónica; mismo que coincide con la información proporcionada por los perfiles de temperatura mostrados en la presente investigación.

La temperatura en el área de estudio oscilo entre 14 y 28° C durante los cuatro periodos muestreados, se presentaron las temperaturas más altas en verano y las más bajas en invierno-primavera. De acuerdo con Soto-Mardones *et al.* (1999) la región norte del GC se caracteriza por tener altas salinidades superficiales y temperaturas que oscilan de 10°C a 32°C de invierno a verano. En la región de las grandes islas se encuentran las temperaturas superficiales más bajas debido a la intensa mezcla por marea. En la región central, la temperatura muestra una marcada diferencia entre el invierno y el verano, alcanzando valores de 16° C y 31° C, respectivamente. Ellos explican que esta variación de temperatura se debe al efecto del viento, mismo que tiene un carácter estacional y este a su vez, genera surgencias costeras del lado del continente en invierno y del lado de la península en verano.

Para la zona norte del Golfo, Lluch-Cota *et al.* (2007) sugieren que los estudios a largo plazo han documentado cambios dramáticos en la temperatura superficial del mar, así como en la estructura de la flora y fauna esto de invierno a verano. Es decir, la porción norte del Golfo es un ambiente cálido-templado en el invierno, y en el

verano la región es esencialmente un ambiente tropical; mismo que coincide con la composición de las asociaciones de larvas de peces en el presente trabajo, donde las especies de afinidad templada y subtropical dominaron durante los periodos fríos (marzo – abril); mientras que los periodos cálidos (julio – noviembre) estuvieron dominados por especies de afinidad tropical-subtropical.

En tanto que, los perfiles de salinidad mostraron un claro aumento latitudinal en sus valores durante los cuatro periodos (invierno a primavera), esto desde el sur hacia el norte. Para la salinidad Soto-Mardones *et al.* (1999) señalan que en la región central del Golfo ocurren mínimos de salinidad en la capa superficial, cuyo origen probable es una corriente que fluye a lo largo de la costa este hacia el noroeste. Asimismo, la evaporación es un proceso importante en el Golfo; el cual es responsable de la alta salinidad de la AGC (Lavín y Marinone, 2003).

## **9.2 Masas de agua**

La distribución de las masas de agua se mostró de acuerdo a lo sugerido por autores como Torres-Orozco (1993) o Lavín *et al.* (1997). En el muestreo de noviembre (otoño) fue posible observar la presencia ASE, misma que se muestra con una tendencia hacia un cambio en sus propiedades lo que indica una transición al AGC. Lavín *et al.* (1997) sugieren que el ASE tiene una clara señal estacional, presentando su máxima intrusión durante el verano y la máxima retracción en invierno. Este autor indica también que durante la temporada otoño-invierno el ASsSt presenta su máxima intrusión hacia el norte del Golfo, alcanzando la isobata de los 150 m y en primavera-verano se retrae hasta entre 300 y 350 m (Lavín *et al.*, 1997).

Durante los periodos de invierno, verano y primavera (marzo, julio, abril, respectivamente) del presente trabajo el AGC, se presentó como la masa de agua predominante, con valores altos de salinidad. El agua de alta salinidad en el GC se forma debido a un exceso de evaporación sobre la precipitación, Wyrski (1966) señala que esta agua puede ser clasificada como subtropical; ya que presenta valores altos de salinidad, y que deja el Golfo en el sur y se extiende de acuerdo con



su temperatura, ya sea en la superficie del mar o en un máximo de salinidad subsuperficial. El volumen de esta agua de alta salinidad que se formó en el Golfo es tan pequeña que ejerce poca influencia fuera del mismo Golfo (Wyrski, 1966). El agua que invade el norte del GC básicamente adquiere valores de salinidad que disminuyen con la profundidad, esta situación prevalece gran parte del año, al final de la primavera y durante verano y otoño. No obstante, en invierno se produce un movimiento de convección, mediante el cual el agua superficial más fría y salina que se encuentra en el extremo norte se hunde y es arrastrada cerca del fondo con un componente de advección hacia el sur. Este movimiento de convección en invierno tiene un efecto fuerte en la distribución vertical de las diversas propiedades físicas y químicas del agua del norte del GC (Álvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979).

El AGC tiene una salinidad  $\geq 35$ , debido a su alta temperatura se encuentra en las capas superiores. La fuente principal de agua para el AGC es el Agua Superficial Subtropical del Pacífico Sur central, ya sea a través del ASsSt o el Agua Superficial Tropical. Lavín y Marinone (2003) mencionan que la transformación más importante probablemente se da debido a la evaporación del ASsSt la cual da como resultado AGC; proceso que ocurre principalmente en el norte del Golfo, donde el proceso se ve beneficiado por la mezcla vertical producida por la corriente de marea, el viento y la convección durante el invierno. El intercambio de agua entre el norte y el sur del Golfo se lleva a cabo a través de los estrechos entre las grandes islas; el ASsSt que entra a la parte norte del Golfo por debajo de los 100-150 m se transforma en AGC y posteriormente sale a las capas superiores (Lavín y Marinone, 2003).

### **9.3 Imágenes de satélite**

En la porción norte del Golfo se presentaron las temperaturas superficiales más bajas; mientras que en julio se encontraron mayores temperaturas, demostradas por un color casi uniforme en todo el GC, como se observó en las imágenes de satélite de TSM. Las mayores concentraciones de clorofila "a" se encontraron en la costa continental durante el invierno; particularmente para el invierno de 2005 en el CG, García-Morales (2008) observó un aumento muy importante de clorofila "a" y un

ligero incremento de temperatura en toda la zona. Este autor no sugiere una circulación definida para este periodo. Mientras que en verano de 2005 la imagen mostró la formación de un giro ciclónico previamente reportado por otros autores para este periodo del año (Lavín *et al.*, 1997; Beier y Ripa, 1999; Pegau *et al.*, 2002; Lavín y Marinone, 2003; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009). Para el verano del mismo año García-Morales (2008) reporta valores altos de clorofila “a” en toda la parte norte y una ausencia de pigmentos en la parte central del GC, con un aumento importante de la temperatura superficial; derivado de lo anterior el autor describió claramente un remolino ciclónico que ocupó la mayor parte de la zona norte a través de la imagen de clorofila “a”, con gradientes débiles en la imagen de TSM.

Coincidiendo con la circulación observada en las imágenes de clorofila “a” del presente trabajo, mediante la observación de imágenes de clorofila “a”, Pegau *et al.* (2002) observaron que la circulación en la porción norte del Golfo es anticiclónica durante el verano. Asimismo, basándose en boyas de deriva y observaciones hidrográficas Beier y Ripa (1999) sugieren que el patrón de circulación consiste en un intenso giro ciclónico que ocupa toda la región central y sur de la porción norte del GC. Coincidiendo con estos autores, Sánchez-Velasco *et al.* (2009) basándose en observaciones directas en la porción norte del Golfo indicaron que el remolino central es ciclónico de junio a septiembre y anticiclónico de noviembre a abril. Además mencionan que la corriente costera fluye hacia el polo durante el período ciclónico y hacia el ecuador durante el período anticiclónico.

#### **9.4 Abundancia**

En la presente investigación el grupo de especies de hábitat pelágico-costero sumaron >90% de la abundancia relativa durante los periodos fríos, donde la especie de afinidad subtropical *E. mordax* fue dominante. Mientras que las especies de hábitat mesopelágico y demersal dominaron durante los periodos cálidos (julio-noviembre), donde *B. panamense* y *G. crescentalis* se mostraron como especies dominantes. Aceves-Medina *et al.* (2003) sugieren que la principal característica de la comunidad de larvas de peces en el GC fue la dominancia de formas

mesopelágicas de las familias Myctophidae, Phosichthyidae y Bathylagidae; esto durante los muestreos realizados entre 1984 y 1988.

Durante el invierno, Aceves-Medina *et al.* (2003) encontraron un número bajo de especies con una alta abundancia de *E. mordax* y *Sardinops caeruleus*; mismo que coincide con el presente trabajo, con la excepción de la presencia de *S. caeruleus* ya que la especie solo se presentó con muy poca abundancia durante el muestreo de julio. Asimismo, estos autores mencionan que en el invierno las especies pelágico-costeras fueron el componente más importante del ictioplancton, así como las especies de afinidad templada. Mientras que en el verano encontraron un alto número de especies, la mayoría de afinidad tropical-subtropical; indican que el número de especies demersales fue alto pero las especies mesopelágicas presentaron mayor abundancia, durante julio de 2005 se mostraron características parecidas a lo reportado por el autor, excepto por las altas abundancias de la especie de hábitat pelágico *Anchoa* sp., misma que se mostró como la especie dominante durante dicho periodo.

Para los periodos de verano e invierno, Sánchez-Velasco *et al.* (2009) observaron entre 2002 y 2006 una alta variación estacional en la parte norte del Golfo, encontraron el mayor número de taxa en verano y el más bajo en invierno. Para el verano encontraron mayores abundancias de especies como *B. panamense* y *Anchoa* spp., mientras que en el invierno las especies predominantes fueron *B. panamense*, *E. mordax* y *M. productus*. Mismo que coincide con lo reportado en el presente trabajo, donde el periodo cálido estuvo dominado por especies como *Anchoa* sp. y *B. panamense* durante los muestreos de julio y noviembre; así como *E. mordax*, *M. productus* y *C. fragilis*, dominantes durante los periodos fríos de invierno y primavera (marzo-abril).

Particularmente en la porción norte del GC, Peguero-Icaza *et al.* (2008) reportan a *E. mordax* y *B. panamense* como las especies con mayor abundancia, esto para finales del otoño de 2002; ya que estuvieron representadas por un alto porcentaje de la

abundancia total durante este periodo del año. Asimismo, estos autores consideran que estas especies son de amplia distribución en el área de estudio debido a su frecuencia de ocurrencia. Sin embargo, cabe señalar que estas especies pertenecen a afinidades biogeográficas diferentes y a diferencia de lo reportado por este autor, en el presente estudio durante el otoño la mayores abundancias las presentaron las especies *Anchoa* sp., y *B. panamense*.

Mientras que, en la porción central del GC, Avalos-García *et al.* (2003) reportan que las familias más abundantes durante otoño, primavera y verano fueron, Myctophidae, Clupeidae, Engraulidae y Phosichthyidae; además estos autores señalan al mesopelágico *B. panamense* como la especie más frecuente y abundante durante los tres periodos antes mencionados. Mientras que, Danell-Jiménez *et al.* (2009) reportan mayores abundancias del mesopelágico *B. panamense* durante el verano de 2005, además de otras especies que fueron relativamente abundantes en la columna de agua, tales como *Syacium ovale*, *T. mexicanus* y *Albula* sp., esto en un frente térmico localizado al sur de las grandes islas. Asimismo, Aceves-Medina *et al.* (2009) señalan a *E. mordax* como el pelágico menor con mayor abundancia durante el otoño de 2005 en el GC; todo esto coincidiendo con las abundancias reportadas en el presente trabajo, donde los muestreos estuvieron dominados por las *B. panamense* y *E. mordax*.

### **9.5 Diversidad, Heterogeneidad y Dominancia *k***

La mayor diversidad de especies se encontró durante el muestreo de julio, localizándose los valores más altos al sur del área de las grandes islas; Aceves-Medina *et al.* (2004) sugieren que los patrones de distribución de la diversidad en el GC reflejan dos o tres regiones que están basadas en las temporadas establecidas por los cambios en los valores de diversidad. Ellos encontraron la diversidad más baja cerca de la zona de las grandes islas especialmente de verano a invierno; separando dos áreas de alta diversidad, una al norte de las grandes islas y la otra en región central del Golfo.

Asimismo, Sánchez-Velasco *et al.* (2009) señalan que en la porción norte del Golfo la composición de larvas de peces mostró una alta variación estacional; ellos encontraron un alto número de taxa durante el verano, mientras que en el invierno el número de taxa fue el más bajo. La alta diversidad de especies durante el verano es una consecuencia de la invasión de aguas tropicales al sur de las grandes islas, junto con el calentamiento solar de la parte superior del Golfo que permite la reproducción de especies tropicales en toda la zona (Aceves-Medina *et al.*, 2004), lo cual coincide con la máxima intrusión durante el verano del ASE (Lavín *et al.*, 1997). En el presente trabajo durante los periodos cálidos los primeros 100 m de la columna de agua mostraron una aparente estratificación en los perfiles de temperatura y salinidad, esto también se ha observado en varias regiones del océano donde la alta diversidad de especies demersales durante el verano se ha explicado, porque este es el período con la mayor estabilidad de la columna de agua y es congruente con las asociaciones de larvas de peces de este grupo que se producen principalmente en verano, cuando la surgencia es de baja intensidad (Aceves-Medina *et al.*, 2004).

La comunidad ictioplanctónica se mostró heterogénea durante marzo, indicado por la pendiente escalonada de la curva, la cual se mostró diferente a los tres periodos restantes; mismo que indica que al aumentar el esfuerzo de muestreo la comunidad presentará el mismo número de especies, es decir, se mostrará heterogénea aunque aumente el esfuerzo de muestreo (Coleman *et al.*, 1982; Funes-Rodríguez *et al.*, 2010). Mientras que Aceves-Medina (2003) indicó en su trabajo que el número de especies mostró una moda de 4 y una media de 10 especies por estación muestreada, sugiriendo que la dispersión es amplia ya que es posible encontrar desde cero hasta 61 especies diferentes por estación.

## **9.6 Análisis de la comunidad**

La exploración realizada al conjunto total de datos, mediante el CCA mostró la presencia de dos periodos muy marcados, uno frío y otro cálido; con especies características en cada uno de ellos. Debido a las marcadas diferencias en cuanto a la variabilidad ambiental y la composición específica de cada uno de los periodos muestreados, en el CCA estos mostraron relaciones particulares con las diferentes

variables ambientales analizadas. Debido a que, esta es una técnica que identifica la base ambiental para la ordenación de la comunidad mediante la detección de los patrones de variación en la composición de la misma, los cuales pueden ser mejor explicados por las variables ambientales (Ter Braak, 1986). El periodo frío estuvo dominado por una asociación de especies de afinidad templada-subtropical, donde las mayores abundancias las presentaron las especies de hábitat pelágico-costero; mientras que el periodo cálido lo dominaron especies de afinidad tropical y subtropical, caracterizada por la dominancia de especies de hábitat mesopelágico y demersal.

Esta relación entre los periodos arrojados por el CCA y las especies dominantes en cada uno de ellos, muestra una clara estacionalidad en el área de estudio, ya que cada uno de los periodos muestreados mostró características hidrográficas particulares. Durante el periodo frío se presentaron las temperaturas más bajas y una aparente homogeneidad térmica en los primeros 100 m de la columna de agua; además de niveles altos de clorofila "a" en la costa oriental y la región de las grandes islas, el periodo estuvo dominado por el AGC. En cambio, el periodo cálido presentó altas temperaturas y poca variabilidad en los primeros 10 m de la columna de agua en toda la porción norte del Golfo; los niveles de clorofila "a" fueron menores comparados con el periodo frío, el periodo cálido estuvo dominado por el AGC y la mínima presencia del ASE durante noviembre, misma que tiene una clara señal estacional y presenta su máxima intrusión durante el verano y la máxima retracción en invierno (Lavín *et al.*, 1997).

#### **9.6.1 Periodo frío**

La formación de los grupos de estaciones durante el muestreo de marzo se caracterizó por la geografía del área de estudio. Un primer grupo se localizó al norte de la Isla Ángel de la Guarda, en un área con valores bajos de temperatura y clorofila "a"; sin embargo, los valores de diversidad en el área se mostraron altos comparados con el segundo grupo. Mismo que se localizó del lado oriental del GC donde se presentó una aparente homogeneidad térmica de acuerdo con el perfil de

temperatura; además de valores de clorofila "a" altos. Este periodo estuvo influenciado principalmente por AGC y en menor proporción por ASsSt, probablemente debido a la poca profundidad de los muestreos. Lavín *et al.* (1997). sugieren que durante la temporada otoño-invierno el ASsSt presenta su máxima intrusión hacia el norte del Golfo, alcanzando la isobata de los 150 m.

Asimismo, las especies formaron un total de tres asociaciones de especies que se caracterizaron por tener una afinidad subtropical y templada. Donde *E. mordax*, *M. productus* y *C. fragilis* se mostraron dominantes en comparación a las demás especies presentes; esta asociación se relacionó positivamente con el incremento en la temperatura con excepción de *E. mordax* que presentó una relación inversa. Para el invierno, Aceves-Medina (2003) sugiere que existen núcleos de abundancia separados por las grandes islas de *S. caeruleus* y *S. japonicus*; así como, *M. productus* y *Sebastes macdonaldi* distribuidos ampliamente al norte del Golfo y las grandes islas. Mientras que especies como, *B. panamense*, *V. lucetia* y *T. mexicanus* las encontró distribuidas al sur de su área de estudio. Este autor sugiere que la asociación de las especies de afinidad templada *A. sialis* y *C. scaphopsis* se distribuyó al norte de su área de estudio, misma asociación que coincide con la Asociación 2 del presente trabajo que se mostró con baja abundancia en el agrupamiento de estaciones al norte del GC.

El muestreo de marzo estuvo dominado por especies de afinidad templada-subtropical, el CCA mostró el 30.1% de la varianza acumulada en los tres ejes principales, con alta correlación positiva de las variables profundidad y salinidad; durante este periodo la masa de agua predominante fue el AGC, que se caracteriza por tener alta salinidad (Wyrki, 1966). Si bien las especies dominantes en este periodo son de afinidades templada y subtropical, la temperatura no mostró correlación alta durante el análisis; asimismo en el análisis de cocientes las especies dominantes antes mencionadas para este periodo de muestreo mostraron preferencia por un intervalo de salinidad mayor a 35.2.

Diferente al muestreo de marzo, en abril se formó solo un grupo de estaciones, al norte del área de estudio cerca de la Isla Ángel de la Guarda; en un área con una aparente homogeneidad térmica, bajas temperaturas y valores altos de clorofila “a”. Este periodo frío también estuvo dominado por el AGC y en menor cantidad el ASsSt, debido quizá a la poca profundidad de las estaciones de muestreo. Las curvas de Dominancia  $k$  indicaron dominancia de unas cuantas especies durante los periodos fríos, *E. mordax* se mostró como la especie dominante para este periodo. Mismo que coincidió con las bajas temperaturas durante el muestreo y la preferencia de esta especie por una temperatura de  $\sim 17^{\circ}$  C. Durante la primavera, Aceves-Medina (2003) divide el Golfo en tres regiones de acuerdo con el ambiente y la afinidad geográfica de las especies, una región norte caracterizada por la dominancia de especies como *M. productus*, *C. fragilis* y *A. sialis*; otra región central con especies características como *E. mordax*, *L. stilbius*, *E. teres*, *S. japonicus* y *S. caeruleus*, y por ultimo una región sur donde predominaron los mesopelágicos de afinidad tropical y subtropical *T. mexicanus*, *B. panamense*, *V. lucetia*, *D. laternatus* y *H. atratum*.

Como se indicó anteriormente la especie de hábitat pelágico y afinidad subtropical *E. mordax*, fue la especie dominante durante abril; en este periodo las variables que presentaron una mayor correlación en el CCA, fueron la biomasa del zooplancton, la temperatura y la salinidad, mientras que la varianza acumulada en los tres ejes principales fue de  $\geq 60\%$ . La temperatura durante este periodo no fue mayor a  $18^{\circ}$  C, mismo que coincide con la temperatura preferencial mostrada para esta especie en el análisis de cocientes; esto en concordancia con otros autores que reportan que *E. mordax* desova desde el final del otoño a principios de primavera en un área con un mínimo de temperatura superficial entre  $15$  y  $17^{\circ}$  C (Green-Ruiz y Hinojosa-Corona, 1997; Aceves-Medina *et al.*, 2009; Inda-Díaz *et al.*, 2010).

### **9.6.2 Periodo cálido**

Uno de los grupos de estaciones formados en julio se localizó a lo largo del eje sur-norte del Golfo, donde se observaron altas temperaturas en superficie; los primeros



100 m de la columna de agua estuvieron fuertemente estratificados con un notable gradiente de temperatura que disminuye de sur a norte. Por el contrario, un segundo grupo se localizó al norte del área de estudio agrupando un menor número de estaciones, también con temperaturas altas; asimismo, además de estar dominado principalmente por AGC. La formación de los grupos coincide con la distribución de los valores de  $H'$ , algunas estaciones del primer grupo se localizaron en una zona con valores altos de diversidad al sur de la Isla Tiburón, mientras que el total de estaciones del segundo grupo se posiciono en un área con valores altos de diversidad al norte del GC. Los valores de clorofila "a" fueron bajos durante este periodo de muestreo; sin embargo, se observó la formación de un giro ciclónico previamente reportado para este periodo del año en el norte del GC (Lavín *et al.*, 1997; Beier y Ripa, 1999; Pegau *et al.*, 2002; Lavín y Marinone, 2003; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009).

Las especies indicaron un total de cinco asociaciones diferentes, las dos primeras de afinidad tropical-subtropical. Por su abundancia y frecuencia de aparición se mostraron como especies dominantes *Anchoa* sp. y *B. panamense*. Aceves-Medina (2003) señaló dos grupos principales en su análisis de grupos para el verano, definidos por tres tendencias de distribución; el primer grupo lo definen las especies que presentaron altas abundancias al norte de las grandes islas compuesto por especies como *Oligoplites* sp. y *Lythrypnus dalli*, lo cual indicó que son especies principalmente norteñas que penetran hasta la región central del Golfo, además de *Opisthonema* sp. y *B. panamense* que se distribuyen en toda el área de estudio, presentando las mayores abundancias en la región central. Derivado de lo anterior en el presente trabajo las mayores abundancias para *B. panamense* se localizaron en la porción norte del Golfo. Asimismo, este autor indica un segundo grupo constituido por organismos de distribución sureña, de los cuales su abundancia disminuye hacia el norte, compuesto por especies epipelágicas y demersales, además de los mesopelágicos *V. lucetia*, *D. laternatus* y *T. mexicanus*, mientras que en el presente trabajo dichas especies se mostraron con abundancias muy bajas.

Particularmente para el verano de 2005, Dannel-Jiménez *et al.* (2009) define tres grupos de estaciones con sus respectivas asociaciones de larvas de peces, las cuales se caracterizaron por tener diferente composición y abundancia. El primer grupo, dominado por especies como *Albula* sp., *Auxis* sp., *B. panamense*, *Harengula thrissina*, *T. mexicanus*, entre otras. Un segundo grupo con un menor número de taxa, dominado por *B. panamense* y *Albula* sp. y por último un tercer grupo dominado por los mesopelágicos *B. panamense* y *V. lucetia*. Las especies reportadas por estos autores coinciden con lo encontrado en el presente trabajo, resaltando la dominancia de *B. panamense* durante el periodo cálido de verano en el GC.

Las variables biomasa del zooplancton, temperatura y salinidad fueron las variables que mejor se correlacionaron con los ejes canónicos en el CCA en el muestreo de julio; dichos ejes mostraron una varianza acumulada >34%. Este periodo estuvo dominado por especies de afinidad tropical-subtropical. La temperatura y salinidad en la superficie presentaron valores altos, con un claro aumento en la salinidad hacia la porción norte del GC; las especies dominantes del verano mostraron preferencia por altas temperaturas y salinidades, según lo indicado por el análisis de cocientes.

Durante el muestreo de noviembre se formó un único grupo de estaciones y una estación aislada en la zona con la menor temperatura, mientras que el grupo se posicionó geográficamente en la zona donde se presentó la mayor temperatura superficial. El estrato de los primeros 100 m de la columna de agua se mostró fuertemente estratificado, este periodo estuvo dominado por AGC y la leve presencia del ASE. Se observaron valores altos de clorofila "a" alrededor de la Isla Tiburón, lo cual coincidió con los valores más altos de  $H'$  para este periodo de muestreo.

Las especies formaron tres asociaciones de especies de afinidades tropical y subtropical, este periodo cálido estuvo dominado por la especie pelágica *Anchoa* sp., y el mesopelágico *B. panamense*. Para el otoño, Aceves-Medina (2003) menciona que las asociaciones de especies reflejaron una débil definición, debido a que en el análisis de grupos los índices de afinidad se mostraron muy bajos. En dicho trabajo se agruparon los mesopelágicos *V. lucetia*, *T. mexicanus*, *D. laternatus* y *B.*

*panamense*, además de *E. mordax*; especies que están ampliamente distribuidas en la región sur de las grandes islas. El autor señaló que *S. caeruleus* y *S. lucioiceps* se distribuyeron principalmente en la parte norte del Golfo y se separaron del resto de las especies sin formar un grupo bien definido.

A diferencia del presente trabajo y lo reportado por Aceves-Medina (2003), para finales del otoño de 2002 Peguero-Icaza *et al.* (2008) sugieren la formación de tres grupos de estaciones, mismos que representaron tres asociaciones de especies de larvas de peces distintas en la porción norte del GC, una al norte del área de estudio donde *E. mordax*, *Sardinops sagax* y *B. panamense* fueron las especies dominantes; una segunda asociación de especies en la región central y el Canal de Ballenas donde las especies dominantes fueron *B. panamense*, *E. mordax* y *C. fragilis*; y por último una asociación más localizada geográficamente al sur de las grandes islas donde *E. mordax*, *B. panamense*, *T. mexicanus* y *V. lucetia* son reportadas como las especies dominantes.

Durante noviembre el CCA mostro una varianza acumulada  $\geq 51\%$  y una alta correlación de las variables ambientales profundidad y temperatura. Las especies *Anchoa* sp. y *B. panamense* se mostraron como las especies dominantes durante este periodo; en el presente trabajo se reportan altas temperaturas superficiales, mismo que coincide con las temperaturas preferenciales mostradas por estas especies en el análisis de cocientes. Como se mencionó anteriormente en este periodo se observó la presencia de ASE, que es agua de salinidades menores de 35 y una temperatura  $\geq 18$  °C (Lavin *et al.*, 1997); estos autores mencionan que esta masa de agua presenta su máxima intrusión durante el verano y la máxima retracción en invierno, también se observa como la masa de agua parece estar en proceso de transición hacia el AGC.

## **9.7 Especies características**

### **9.7.1 Análisis de cocientes**

*E. mordax* fue la especie dominante durante los periodos fríos (marzo-abril) y mostró preferencia por una temperatura de  $\sim 17^{\circ}$  C, lo cual coincide con lo reportado por;

Green-Ruiz y Hinojosa-Corona (1997), donde sugieren que *E. mordax* en el GC desova desde el final del otoño a principios de primavera en un área con un mínimo de temperatura superficial, esto alrededor de la región de las grandes islas (Green-Ruiz y Hinojosa-Corona, 1997; Aceves-Medina *et al.*, 2009; Inda-Díaz *et al.*, 2010).

Particularmente, durante el ENSO 97-98 Sánchez-Velasco *et al.* (2000) reportan a *E. mordax* como la especie más abundante, principalmente en el área de las grandes islas con una temperatura superficial entre 17° y 24° C; mientras que en el periodo posterior se presentó a temperaturas superficiales entre 14° a 22° C, lo que coincide con el resultado arrojado por el análisis de cocientes para esta especie. Estos autores sugieren que las larvas pueden habitar en un amplio rango de temperatura superficial y en consecuencia, diferentes ambientes. Mientras que en la Corriente de California, Lluch-Belda *et al.* (1991) mencionan el registro de un máximo de desove de *E. mordax* a una temperatura superficial de alrededor de los 14° C. Asociada con *E. mordax* la especie demersal de afinidad templada *M. productus* mostró preferencia por temperaturas de entre 16° y 20° C en superficie y en profundidades de 10 y 50 m. no obstante, Lo (2007) reporta que se recolectaron larvas de merluza en la Corriente de California a temperaturas superiores a 10.5 ° C en la capa de la columna de agua superior a los 150 m de profundidad.

### **9.7.2 Distribución de la abundancia**

Las especies que caracterizaron las asociaciones de larvas de peces se distribuyeron particularmente por toda el área de estudio, con mayores o menores abundancias en cada una de las estaciones de muestreo donde estuvieron presentes. Las mayores abundancias de *E. mordax* se presentaron durante los periodos fríos; en marzo las mayores abundancias se encontraron junto a la Isla Ángel de la Guarda y al norte de la Isla Tiburón. Mientras que en abril las mayores abundancias estuvieron presentes al norte de la Isla Ángel de la Guarda cerca de la costa peninsular, área donde se presentaron temperaturas entre ~17° y 19° C y valores de clorofila “a” entre 3 y 5 mg Chl-a m<sup>-3</sup>. Coterio-Altamirano y Green-Ruiz (1997) mencionan como principales regiones de desove de anchoveta, en el norte a la zona alrededor de las grandes islas y en el sur dos pequeñas regiones cerca del

Puerto de Guaymas, similar a lo encontrado por Aceves-Medina *et al.* (2009) coincidiendo con dicha distribución, señalando que durante el otoño de 2005 encontraron un área de desove cercana a Guaymas; además indican que las larvas en preflexión mostraron una distribución más amplia que los huevos, lo cual relacionan con las corrientes a lo largo de ambas costas, dichas larvas se concentran principalmente cerca de Punta Trinidad a lo largo de la costa peninsular, al norte de las grandes islas y cerca de Guaymas. Las larvas en etapa de flexión tuvieron una amplia distribución al norte de las grandes islas, pero en la parte central del Golfo se distribuyeron principalmente a lo largo de la costa peninsular. Mientras que, las larvas en etapa de postflexión las encontraron principalmente al norte de las grandes islas, así como cerca de Bahía Concepción, y al norte de Guaymas.

Recientemente, Inda-Díaz *et al.* (2010) reportaron que las larvas de *E. mordax* en preflexión estuvieron ausentes en la zona fría del frente localizado en la zona de las grandes islas, el autor sugiere que además de la posibilidad de los adultos para evitar el desove en una zona de alta turbulencia, el frente puede funcionar como una barrera para la advección de las larvas hacia el lado frío y con valores menores de salinidad en el frente. Ellos proponen que es posible que las larvas sean arrastradas paralelamente al frente por la corriente geostrofica y posiblemente se quedan atrapadas en el remolino anticiclónico.

Las mayores abundancias de *B. panamense* durante el muestreo de marzo se localizaron en las estaciones más sureñas; en julio la especie se distribuyó por toda el área de muestreo con abundancias parecidas a las encontradas en marzo. Mientras que en noviembre las mayores abundancias se localizaron en el área de las grandes islas y al sur de las mismas. Respecto a *B. panamense*, Moser *et al.* (1974) mencionan que esta especie y *T. mexicanus* son las únicas especies mesopelágicas que presentan una ocurrencia significativa en las regiones del norte del GC.

La merluza (*M. productus*) estuvo presente durante marzo, donde las mayores abundancias se localizaron en el área de las grandes islas y al noroeste del área de

estudio en estaciones cercanas a la costa peninsular. La merluza presenta una distribución desde el Golfo de Alaska hasta el GC, sin embargo, es más abundante en la región del sistema de la Corriente de California (Bailey, 1982). Mathews *et al.* (1973) realizaron cruceros exploratorios para evaluar los potenciales recursos pesqueros del Golfo de California, encontrando una población de merluza (*Merluccius* sp.), misma que localizaron principalmente al norte de Isla Tiburón y la costa continental hasta el sur de Guaymas en tres cruceros realizados entre junio de 1971 y marzo de 1972; la mayor abundancia la encontraron en febrero y marzo con una biomasa total estimada en ese momento de 28 mil toneladas métricas. Asimismo, Moser *et al.* (1974) señalan que *Merluccius* sp., es una especie extremadamente abundante en la porción norte del Golfo, particularmente en áreas al este y norte de la Isla Ángel de la Guarda.

Semejante a la merluza la especie de hábitat demersal y afinidad sutropical *C. fragilis* estuvo presente solo en el muestreo de marzo, donde la mayor abundancia se presentó en una estación al sur de la Isla Tiburón cercano a la costa continental. Moser *et al.* (1987) señalan que *C. fragilis* es una especie que presenta afinidad faunística con aguas cálidas, con un rango de distribución desde el sur de California hasta el Golfo de California, ellos la incluyeron en su complejo norteño debido a su fuerte afinidad con *E. mordax*, esta asociación se mostró en el muestreo de marzo, periodo frío en el presente trabajo.

## 10. CONCLUSIONES

De acuerdo con la temperatura y el Análisis de Correspondencia Canónica para el total de los cruceros muestreados fue posible detectar dos periodos, uno cálido y otro frío con especies dominantes en cada uno de los mismos.

Cada uno de los periodos muestreados presentó características hidrográficas particulares, por lo tanto en análisis de grupos y el CCA mostraron asociaciones de especies características de cada uno de los periodos muestreados.

Se encontraron especies dominantes en cada una de las asociaciones de especies de larvas de peces; dichas especies y las características hidrográficas muestran una clara estacionalidad en el área de estudio.

La comunidad ictioplanctónica se mostró heterogénea durante el invierno, ya que la pendiente de la curva de heterogeneidad mostró una pendiente más escalonada en comparación con los periodos restantes que presentaron una comunidad más homogénea.

Las masas de agua registradas en el presente estudio, coincidieron con trabajos en el área, presentándose Agua del Golfo de California (AGC), y en menor proporción en el Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt) durante marzo, julio y abril, además de presencia mínima del Agua Superficial Ecuatorial (ASE) durante noviembre.

La especie de hábitat pelágico *E. mordax* fue la especie dominante durante los periodos fríos, debido a su alta abundancia y frecuencia de ocurrencia. Mientras que los periodos cálidos estuvieron dominados por la especie de hábitat pelágico *Anchoa* sp. y el mesopelágico *B. panamense*.

## 11. REFERENCIAS

- Aceves-Medina, G., S.P.A. Jiménez-Rosemberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R.J. Saldierna, D. Lluch-Belda, P.E. Smith, & W. Watson. 2003. Fish larvae from the Gulf of California, *SCI. MAR.*, 67(1): 1-11.
- 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 Doctoral. CICIMAR IPN. La Paz, Baja California Sur. Méx. 132p.
- 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. *Journal of Fish Biology*, 65, 832–847.
- 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. *Journal of Plankton Research*, 31(10): 1283–1297.
- Agostini, V.N. & A. Bakun. 2002. “Ocean triads” in the Mediterranean Sea: Physical mechanism potentially structuring reproductive habitat suitability (with example application to European anchovy). *Fisheries Oceanography*, 11(3):129.
- Álvarez-Borrego, S., & R.A. Schwartzlose. 1979. Masas de agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 6(1 y 2): 43-61.
- Auth, T. D. 2008. Distribution and community structure of ichthyoplankton from the northern and central California Current in May 2004–06. *Fisheries Oceanography*, 17(4): 316–331.
- Ávalos-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). *Bulletin of Marine Science*, 72(1): 63–76.
- Badan-Dangon, A., C.J. Koblinsky, & T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta*, 8(1): 13-22.
- Badan-Dangon, A., C.E. Dorman, M.A. Merriemfield & C.D. Winant. 1991. The lower atmosphere over the Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 96: 16877-16896.
- Bailey, K.M., R.C. Francis & P.R. Stevens. 1982. The Life History and Fishery of Pacific Whiting, *Merluccius productus*. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXIII: 81-98.
- Bakun, A. 1990. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, 247: 198–201.
- Bakun, A. 1996. *Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics*. University of California Sea Grant, San Diego, in cooperation with CIBNOR, La Paz BCS, México, 323 pp.
- Beers, J, R. 1976. Volumetric methods. En Steedmann, H.F. (Ed.) Zooplakton fixation and preservation. *Monographs on oceanographic methodology*, (4). UNESCO press, París: 56-50.
- Beier, E., 1997. A numerical investigation of the annual variability in the Northern Gulf of California. *Journal of physical oceanography*, 27: 615-632.
- Beier, E., & P. Ripa. 1999. Seasonal Gyres in the Northern Gulf of California. *Journal of physical oceanography*, 29: 305-311.
- Bernal, M., Y. Stratoudakis, S. Coombs, M. M. Angelico, A. Lago de Lanzo, C. Porteiro, Y. Sagarminaga, M. Santos, A. Uriarte, E. Cunha, L. Valdés & D.

- Borchers. 2007. Sardine spawning off the European Atlantic coast: Characterization of and spatio-temporal variability in spawning habitat. *Progress in Oceanography*, 74: 210–227.
- Briggs, J.C. 1974. *Marine zoogeography*. McGraw Hill Book Co. EUA. 475 pp.
- Brinton, E., A. Fleminger & D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXVII: 228-266.
- Calderón-Aguilera, L.E., S.G. Marinone & E.A. Aragón-Noriega. 2003. Influence of oceanographic processes on the early life stages of the blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) in the Upper Gulf of California. *Journal of Marine Systems*, 39: 117–128.
- Carrillo-Briebiezca, L.E., Lavín, M.F., Palacios-Hernández, E., 2002. Seasonal evolution of the geostrophic circulation in the northern Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54: 157-173.
- Carta Nacional Pesquera. 2004. Diario Oficial de la Federación, 15/marzo/2004. ([http://conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona\\_carta\\_nacional\\_pesquera\\_2004](http://conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_carta_nacional_pesquera_2004)).
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart & J. Arvizu-Martínez. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. *Hidrobiología*, 5: 57–78.
- Cisneros-Mata, M.A., M.O Nevárez-Martínez & M.G. Hammann. 1995. The rise and fall of the pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, México. *CalCOFI Rep.*, Vol. 36: 136-143.

- Coleman, M.D., M.D. Mares, M.R. Willig & Y.H. Hsieh. 1982. Randomness, area, and species richness. *Ecology*. 63: 1121–1133.
- Coombs S.H., T.J. Smyth, D.V.P. Conway, N.C. Halliday, M. Bernal, Y. Stratoudakis & P. Alvarez. 2006. Spawning season and temperature relationships for sardine (*Sardina pilchardus*) in the eastern North Atlantic. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 86, 1245-1252.
- Cotero-Altamirano, C.E. & Y. Green-Ruiz. 1997. Spawning biomass of the northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the Gulf of California during 1991. *CalCOFI Rep.*, Vol. 38: 171-179.
- Danell-Jiménez, A., L. Sánchez-Velasco, M.F. Lavín & S.G. Marinone. 2009. Three-dimensional distribution of larval fish assemblages across a surface thermal/chlorophyll front in a semienclosed sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85: 487–496.
- Doyle, M.J., K.L. Mier, M.S. Busby & R.D. Brodeur. 2002. Regional variation in springtime ichthyoplankton assemblages in the northeast Pacific Ocean. *Progress in Oceanography*, 53: 247–281.
- Emmett R.L., R.D. Brodeur, T.W. Miller, S.S. Pool, G.K. Krutzikowsky, R.J. Bentley, J. McCrae. 2005. Pacific sardine (*Sardinops sagax*) abundance, distribution and ecological relationships in the Pacific northwest. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 46, 122-143.
- Erisman, B., I. Mascarenas, G. Paredes, Y. Sadovy de Mitcheson, O. Aburto-Oropeza & P. Hastings. 2010. Seasonal, annual, and long-term trends in commercial fisheries for aggregating reef fishes in the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 106: 279–288.

Fishbase. 2010. (<http://www.fishbase.org/search.cfm>).

Fuiman, I. A. & R. G. Werner. 2002. *Fishery science. The unique contributions of early life stages*. Blackwell Science, Oxford. 324 pp.

Funes-Rodríguez, R., R. González-Armas., 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. *Hidrobio*. 5 (1-2): 113-125.

Funes-Rodríguez, R., A. Zárate-Villafranco, A. Hinojosa-Medina & SPA Jiménez-Rosenberg. 2010. Abundancia y diversidad de larvas de peces durante El Niño y La Niña 1997–2000, p. 433-451. En G. Gaxiola-Castro y R. Durazo (eds.). *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997–2007. Diez años de investigaciones mexicanas de la Corriente de California*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat); Instituto Nacional de Ecología (INE); Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE); Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

Funes-Rodríguez, R., A. Zárate-Villafranco, A. Hinojosa-Medina, R. González-Armas & S. Hernández-Trujillo. 2011. Mesopelagic fish larval assemblages during El Niño-southern oscillation (1997-2001) in the southern part of the California Current. *Fisheries Oceanography*, 1-17.

García-Morales, R., 2008. *Análisis de la variabilidad superficial de mesoescala en el Golfo de California y su relación con la distribución y abundancia relativa de misticetos (2005-2006)*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN, p. 115.

- Garrison, L. P., W. Michaels, J. S. Link & M. J. Fogarty. 2002. Spatial distribution and overlap between ichthyoplankton and pelagic fish and squids on the southern flank of Georges Bank. *Fisheries Oceanography*, 11(5): 267–285.
- Gray, C.A., & A. G. Miskiewicz. 2000. Larval Fish Assemblages in South-east Australian Coastal Waters: Seasonal and Spatial Structure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50: 549–570.
- Green-Ruiz, Y.A., & A. Hinojosa-Corona. 1997. Study of the spawning area of the Northern anchovy in the Gulf of California from 1990 to 1994, using satellite images of sea surface temperatures. *Journal of Plankton Research*, 19(8): 957-968.
- Hammann, M.G., T.R. Baumgartner & A. Badan-Dangon. 1988. Coupling of the Pacific sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) life cycle with the Gulf of California pelagic environment. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXIX; 102-109.
- Hammann, M.G., M.O Nevárez-Martínez & Y. Green-Ruiz. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: egg and larval distribution 1956-1957 and 1971-1991. *CalCOFI Rep.*, Vol. 39: 169-179.
- Harris, S.A., D. P. Cyrus & L. E. Beckley. 2001. Horizontal Trends in Larval Fish Diversity and Abundance along an Ocean-Estuarine Gradient on the Northern KwaZulu-Natal Coast, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53: 221–235.
- Ibaibarriaga, L., X. Irigoien, M. Santos, I. Motos, J. M. Fives, C. Franco, A. Lago de Lanzós, S. Acevedo, M. Bernal, N. Bez, G. Eltink, A. Farinha, C. Hammer, S. A. Iversen, S. P. Milligan & D. G. Reid. 2007. Egg and larval distributions of seven fish species in north-east Atlantic waters. *Fisheries Oceanography*, 16(3): 284–293.

- Inda-Díaz, E.A., L. Sánchez-Velasco & M. F. Lavín. 2010. Three-dimensional distribution of small pelagic fish larvae (*Sardinops sagax* and *Engraulis mordax*) in a tidal-mixing front and surrounding waters (Gulf of California). *Journal of Plankton Research*, 32(9): 1241–1254.
- Jaureguizar, A.J., R. Menni, C. Bremec, H. Mianzan & C. Lasta. 2003. Fish assemblage and environmental patterns in the Río de la Plata estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 921–933.
- Keane, J. P. & F. J. Neira. 2008. Larval fish assemblages along the south-eastern Australian shelf: linking mesoscale non-depth-discriminate structure and water masses. *Fisheries Oceanography*, 17(4): 263–280.
- Lamshead, P.J.D. H.M. Platt & K.M. Shaw. 1983. Detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *J. Nat. Hist.*, 17: 859-874.
- Lanz, E., M.O Nevárez-Martínez, J. López-Martínez & J.A. Dworak. 2008. Spatial distribution and species composition of small pelagic fishes in the Gulf of California. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)*, 56(2): 575-590.
- Lavín, M.F., E. Beier & A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual, p. 141-171. En M.F. Lavín (ed.). *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana.
- Lavín, M.F., & S.G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California, p. 173-203. En O.U. Velasco Fuentes et al. (eds.), *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands, pp. 173–204.

- Lluch-Belda, D., D.B. Lluch-Cota & S.E. Lluch-Cota. 2003. Baja California's Biological Transition Zones: Refuges for the California Sardine. *Journal of Oceanography*, 59: 503-513.
- Lluch-Belda, D., P Del Monte-Luna, S.E. Lluch-Cota. 2009. 20th Century variability in Gulf of California SST. *CalCOFI Rep.*, 50: 147-154.
- Lluch-Cota, S.E., & J.P. Arias-Arechiga. 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. Elourduy-Garay & G. Ponce-Díaz (ed.). *BAC's: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, La Paz, B.C.S., México.
- Lluch-Cota, S.E., E.A. Aragón-Noriega, F. Arreguín-Sánchez, D. Aurióles-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. Nevárez-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. *Progress in Oceanography*, 73: 1–26.
- Lo, N.C.H. 2007. Daily Larval Production of Pacific Hake (*Merluccius productus*) Off California in 1951–2006. *CalCOFI Rep.*, 48: 147-164.
- Logerwell E. & P.E. Smith. 2001. Mesoscale eddies and survival of late stage Pacific sardine (*Sardinops sagax*) larvae. *Fish oceanogr.*, 10, 13-25.

- López-Calderón, J., A. Martínez, A. González-Silvera, E. Santamaría-del-Ángel & R. Millán-Núñez. 2008. Mesoscale eddies and wind variability in the northern Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 113, C10001.
- Lynn, R. J. 2003. Variability in the spawning habitat of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) off southern and central California. *Fisheries Oceanography*, 12: 541–553.
- McClatchie S., P.J. Rogers, L. McLeay. 2007. Importance of scale to the relationship between abundance of sardine larvae, stability, and food. *Limnol. Oceanogr.*, 52, 1570-1579.
- Marinone, S.G., & M.F. Lavin. 2003. Residual flow and mixing in the large islands region of the central Gulf of California. En: Velasco-Fuentes, O.U., Sheinbaum, J., Ochoa de la Torre, J.L. (Eds.), *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, pp. 173–204.
- Martínez-Díaz de León, A. 2001. Upper-Ocean circulation patterns in the Northern Gulf of California, expressed in ERS-2 Synthetic Aperture Radar Imagery. *Ciencias Marinas*, 27(2): 209-221.
- Mathews, C.P., J. Granados & J. Arvizu. 1973. Results of the Exploratory Cruises of the Alejandro de Humboldt in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* Volume XVII: 101-111.
- McCune, B. & M. J. Mefford. 1999. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecology Data*. Version 4.0. MjM Software. Gleneden Beach. Oregon, USA.
- Moser, H.G., E.H. Ahlstrom, D. Kramer & E.G. Stevens. 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.*, 17: 122-128.



- Moser, H.G., P.E. Smith & L.E. Eber. 1987. Larval Fish in California Current, 1954-1960. *CalCOFI Rep.*, Vol. XXVIII: 97-127.
- Moser, H.G., y P.E. Smith. 1993. Larval fish assemblages of the California Current region and their horizontal and vertical distributions across a front. *Bulletin of Marine Science*, 53(2): 645-691.
- Moser, H. G., ed. 1996. *The early stages of fishes in the California Current Region*. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas 33. 1505p.
- Neira, F.J. & P.J. Keane. 2008. Ichthyoplankton-based spawning dynamics of blue mackerel (*Scomber australasicus*) in south-eastern Australia: links to the East Australian Current. *Fisheries Oceanography*, 17(4): 281–298.
- Nevárez-Martínez, M.O., D. Lluch-Belda, M.A. Cisneros-Mata, J.P. Santos-Molina, M.A. Martínez-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.
- Peguero-Icaza, M., L. Sánchez-Velasco, M.F. Lavín & S.G. Marinone. 2008. Larval fish assemblages, environment and circulation in a semienclosed sea (Gulf of California, Mexico). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 277–288.
- Peguero-Icaza, M., L. Sánchez-Velasco, M.F. Lavin, S.G. Marinone & E. Beier. 2011. Seasonal changes in connectivity routes among larval fish assemblages in a semi-enclosed sea (Gulf of California). *Journal of Plankton Research*, 33(3): 517–533.

- Planque B., E. Bellier, P. Lazure. 2007. Modelling potential spawning habitat of sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Bay of Biscay. *Fish. Oceanogr.*, 16, 16-30.
- Ripa, P., 1997. Towards a physical explanation of the seasonal dynamics and thermodynamics of the Gulf of California. *Journal of physical oceanography*, 27: 597-614.
- Sánchez-Velasco, L., B. Shirasago, M.A. Cisneros-Mata & C. Avalos-García. 2000. Spatial distribution of small pelagic fish larvae in the Gulf of California and its relation to the El Niño 1997–1998. *Journal of Plankton Research*, 22(8): 1611–1618.
- Sánchez-Velasco, L., J.E. Valdez-Holguín, B. Shirasago, M.A. Cisneros-Mata & A. Zarate. 2002. Changes in the Spawning Environment of *Sardinops caeruleus* in the Gulf of California during El Niño 1997–1998. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54, 207–217.
- Sánchez-Velasco, 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 (Gulf of California). *Continental Shelf Research*, 29: 1697–1710.
- Silva-Segundo, C.A., R. Funes-Rodríguez, M.E. Hernández-Rivas, E. Ríos-Jara, E.G. Robles-Jarero & A. Hinojosa-Medina. 2008. Asociaciones de larvas de peces en relación a cambios ambientales en las Bahías Chamela, Jalisco y Santiago-Manzanillo, Colima (2001-2002). *Hidrobiológica*, 18 (1): 89-103.
- Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1977. *Standard techniques for pelagic fish and larvae surveys*. FAO Technical Paper 175. 99 pp.

- Soto-Mardones, L., S.G. Marinone & A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espacio temporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 25(1): 1–30.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5): 1167-1179.
- Torres Orozco, E. 1993. Análisis Volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada, B.C, México, 80 pp.
- Valdez-Holguín, J.E., y R. Lara-Lara. 1987. Primary productivity in the Gulf of California: effects of El 1982–1983 event. *Ciencias Marinas*, 13: 34–50.
- Velasco-Fuentes, O.U. & S.G. Marinone. 1999. A numerical study of the Lagrangian circulation in the Gulf of California. *Journal of Marine Systems*, 22: 1-12.
- Wirtky, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 4: 33-68.