



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE LARVAS
DE PECES EN EL SUR DE LA CORRIENTE DE
CALIFORNIA ANTE LA INTRUSIÓN ANÓMALA
DE AGUA SUBÁRTICA Y EL EVENTO EL NIÑO
2002-2004.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

BIOL. HOMERO URIAS LEYVA

LA PAZ B.C.S. A Junio 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 09 del mes de Mayo 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:

"RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE LARVAS DE PECES EN EL SUR DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA ANTE LA INTRUSIÓN ANÓMALA DE AGUA SUBÁRTICA Y EL EVENTO EL NIÑO 2002-2004"

Presentada por el alumno:

URIAS

Apellido paterno

LEYVA

materno

HOMERO

nombre(s)

Con registro:

A	0	9	0	1	5	4
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA 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

Director(a) de Tesis

DR. GERARDO ACEVES MEDINA

DRA. SYLVIA PATRICIA ADELHEID JIMÉNEZ ROSENBERG

MC. RICARDO JAVIER SALDIERNA MARTINEZ

MC. ALEJANDRO TRINIDAD HINCJOSA MEDINA

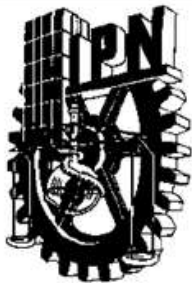
DR. REGINALDO DURAZO ARVIZU

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



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 01 del mes Junio del año 2011
el (la) que suscribe Biol. HOMERO URÍAS LEYVA alumno(a) del
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS
con número de registro A090154 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DR. GERARDO ACEVES MEDINA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE LARVAS DE PECES EN EL SUR DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA ANTE LA INTRUSIÓN ANÓMALA DE AGUA SUBÁRTICA Y EL EVENTO EL NIÑO 2002-2004"

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: mello_09@hotmail.com - gacevesm@hotmail.com

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

Himero Urias Leyva

BIOL. HOMERO URÍAS LEYVA

nombre y firma

DEDICATORIA.

A mi familia por estar siempre al pendiente de cualquier detalle que necesité y el apoyo incondicional que me han brindado en todo momento.

AGRADECIMIENTOS.

A los programas de becas CONACyT, PIFI y beca TESIS por el apoyo económico brindado para la realización de mi maestría.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) por facilitar el uso de sus laboratorios, instalaciones, equipo docente y técnico necesario para realizar el presente escrito.

Al programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) por permitirme trabajar con parte de su material biológico, el cual se usó como base para la realización del actual trabajo.

A mi director de tesis, el Dr. Gerardo Aceves Medina por su enseñanza como docente, asesoramiento y dirección en el presente trabajo.

Dr. Reginaldo Durazo Arvizu por facilitar el acceso a la información IMECOCAL y por sus revisiones, comentarios y sugerencias en el desarrollo del escrito.

A la Dra. Sylvia Patricia Adelheid Jiménez Rosenberg, M en C. Ricardo Javier Saldierna Martínez, M en C. Alejandro Trinidad Hinojosa Medina, Biól. Martín Enrique Hernández Rivas por su gran ayuda con la identificación de larvas de peces, por la asesoría brindada con el manejo de las bases de datos y facilitar información referente a la región IMECOCAL.

Al Dr. David Alfaro Siqueiros Beltrones, Dr. José De La Cruz Agüero, M en C. Gustavo De La Cruz Agüero por realizar críticas y asesorías para la mejora de esta tesis.

A los M en C. José Raúl Morales Ávila y Norma Angélica Flores Lozano por sus asesorías con el inglés.

A la M en C. Viridiana Vázquez Figueroa por sus asesorías con el manejo de software CORELDRAW.

Por la amistad y buen compañerismo en este recorrido por la maestría: Raúl “rul” y Norma “normis”, Miguel “Negro o Mike” y nena, Viridiana “viri”, Germán “El pimpón” y Gabriela, María “maza maza”, Oscar “perico”, Luis Fernando “moribundo” y Jatziri, Uriel “el flaco”, Arturo “el intermareal uno o el caguamo”, Iván “el intermareal dos”, Mauricio “el intermareal tres o el diablo”, Horacio, Hugo, Fátima, Ulianov “Greñas”, Arcos “DT” y Adriana, Ricardo “el negro Saldierna”, Martín Rivas “el angustias”, Leobardo “la barbi, el mala copa, trago amargo o Jaime duende”, Cristián “el tiburón”, Hiram y Nidia, Gil y Sheley, Ivonne, Juliana, Gladis, Deivis “el cocho”, Omar “cachas”, Irela, Magda, Fernando “el gruñon”, Francisco “el chayo”, Alma, Daniel y Alejandra “los yucatecos”, Flor “flower”, Esther.

INDICE GENERAL.

Índice General.....	I
Lista de Tablas.....	III
Lista de Figuras.....	III
Lista de Anexos.....	IX
Glosario.....	IX
Resumen.....	XIII
Abstract.....	XIV
Introducción.....	1
Antecedentes.....	6
Área de Estudio.....	9
Características ambientales del área de estudio durante el periodo analizado....	12
Justificación.....	18
Hipótesis.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivo Específico 1.....	19
Objetivo Específico 2.....	19
Objetivo Específico 3.....	20
Materiales y Métodos.....	20
Resultados: Determinar la composición y abundancia de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California, durante la intrusión de agua subártica y del evento EL NIÑO durante el periodo 2002-2003.....	22

Discusión: Determinar la composición y abundancia de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California, durante la intrusión de agua subártica y del evento EL NIÑO durante el periodo 2002-2003.....	28
Resultados: Determinar el efecto que ejercen las variables ambientales en la distribución de larvas de peces en la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.....	35
Discusión: Determinar el efecto que ejercen las variables ambientales en la distribución de larvas de peces en la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.....	52
Resultados: Caracterizar en espacio y tiempo las asociaciones de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.....	57
Discusión: Caracterizar en espacio y tiempo las asociaciones de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.....	83
Conclusiones.....	95
Recomendaciones.....	98
Bibliografía.....	99
Anexos.....	109

Lista de Tablas.

Tabla 1: Listado de especies de peces (en etapa larval) que componen el 80 % de la abundancia total por crucero, durante el periodo de abril de 2002 a octubre de 2003.	23
Tabla 2: Abundancia relativa de los <i>taxa</i> por afinidad faunística para abril y octubre de 2002-2003. (Tr-Sbtr) tropical y/o Subtropical, (Sa-Tm) Subártico y/o Templado, (Otros) Comprende a las especies que presentan amplia distribución en el Pacífico oriental y las no determinadas.....	24
Tabla 3: Abundancia relativa de los <i>taxa</i> por tipo de hábitat para los cruceros de abril y octubre de 2002-2003. (B) Batipelágico, (M) Mesopelágico, (CP) Pelágico Costero, (Otros) comprende a las especies demersales, las asociadas a arrecife rocoso, las Epipelágicas, las bentopelágicas y las no determinadas.....	24
Tabla 4: Correlación de las variables ambientales con relación a las larvas de peces (matriz de datos de abundancia) en el Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) para los cruceros de abril y octubre de 2002 y 2003.....	36

Lista de Figuras.

Figura 1: Área de estudio y estaciones de muestreo para el periodo estudiado (cruceros de abril y octubre de 2002-2003).....	10
Figura 2: Flujo geostrófico superficial (intervalos de 0.2 M dinámicos) para los cruceros de abril de 2002 (a), octubre de 2002 (b), abril de 2003 (c) y octubre de 2003 (d). (Com. Pers. Durazo, 2010).	13
Figura 3: Distribución de la temperatura superficial (TS) del mar, en intervalos de 2 °C. Abril de 2002 (a), octubre de 2002 (b), abril de 2003 (c) y octubre de 2003 (d). En color negro las principales isotermas por crucero.	14
Figura 4: Distribución de la salinidad superficial (SS) del mar en la Costa Occidental de la Península de Baja California, en intervalos de 0.2 ppm. Abril de 2002 (a), octubre de 2002 (b), abril de 2003 (c) y octubre de 2003 (d). En color negro las principales isohalinas por crucero.....	16
Figura 5: Distribución de la profundidad de la capa de mezcla (PCM) en la costa occidental de Baja California Sur, en intervalos de 7 m. Abril de 2002 (a), octubre de 2002 (b), abril de 2003 (c) y octubre de 2003 (d).	17

Figura 6: Dendrograma del coeficiente de la comunidad de especies de peces (en etapa larval) en términos de Presencia-Ausencia de especies para los cruceros de abril y octubre de 2002-2003.....	26
Figura 7: a) Abundancia promedio por estación y b) promedio de la riqueza de especies (en rojo), durante el periodo analizado. Asociadas con sus respectivos errores estándar (en azul). Durante los cruceros de abril y octubre de 2002-2003.	27
Figura 8: Curvas de aparición de especies nuevas acumuladas para tres áreas del Pacífico mexicano. En la Costa Occidental de Baja California “CO” (durante el presente trabajo), y en el Golfo de California “GC” y Golfo de Tehuantepec “GT” (Com. Pers. Aceves-Medina, G. 2011. Depto. De Plancton y Ecología Marina, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B, C, S, México).	31
Figura 9: Anomalia de abundancia relativa de las especies <i>V. lucetia</i> , <i>D. laternatus</i> , <i>T. mexicanus</i> , <i>S. sagax</i> y <i>E. mordax</i> . Durante abril de 2002 a octubre de 2003 (este estudio) y de octubre de 1998 a octubre de 2000 (tomados de Jiménez-Rosenberg <i>et al.</i> , 2010).....	32
Figura 10: Abundancia de larvas por crucero en dos periodos; abril de 2002 a octubre de 2003 (este estudio) y de octubre de 1998 a octubre de 2000 (proporcionados por Jimenez-Rosenberg 2011). Valor promedio por crucero (rombos), valor promedio para el mes de octubre y abril (línea continua) y el error estándar (línea discontinua) para el mes de octubre (rojo) y el mes de abril (azul).	34
Figura 11: Diagrama de dispersión de larvas de peces por especie con respecto a la temperatura superficial (TS) y a la salinidad superficial (SS) para abril de 2002. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y especies correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).....	37
Figura 12: Diagrama de dispersión de las estaciones de muestreo con respecto a la temperatura superficial (TS) y salinidad superficial (SS) para abril de 2002. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Estaciones correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y estaciones correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).....	38
Figura 13: Distribución de grupos de estaciones de muestreo derivadas del Análisis Canónico de Correspondencias con respecto a la temperatura superficial (TS) para el crucero de abril de 2002. Estaciones asociadas a sitios con temperaturas elevadas (en fondo rojo) y estaciones asociadas a sitios con temperaturas bajas (en fondo azul). Estaciones con mayor correlación	

con respecto a la temperatura superficial (en punto amarillo y verde). Distribución de la isoterma de 16 °C (línea continua en color negro).....39

Figura 14: Diagrama de dispersión de larvas de peces por especie con respecto a la temperatura superficial (TS) para octubre de 2002. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y especies correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).....41

Figura 15: Diagrama de dispersión de las estaciones de muestreo con respecto a la temperatura superficial (TS) para octubre de 2002. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Estaciones correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y estaciones correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).....42

Figura 16: Distribución de grupos de estaciones de muestreo derivadas del Análisis Canónico de Correspondencias con respecto a la temperatura superficial (TS) para el crucero de octubre de 2002. Estaciones asociadas a sitios con temperaturas elevadas (en fondo rojo) y estaciones están asociadas a sitios con temperaturas bajas (en fondo azul). Estaciones con mayor correlación con respecto a la temperatura superficial (puntos en amarillo y verde). Distribución de la isoterma de 19.5 °C (línea continua en color negro).....43

Figura 17: Diagrama de dispersión de larvas de peces por especie con respecto a la temperatura superficial (TS) y a la profundidad de capa de mezcla (PCM) para abril de 2003. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas y PCM profunda (en fondo rosa) y especies correlacionadas con bajas temperaturas y PCM somera (en fondo azul).45

Figura 18: Diagrama de dispersión por estaciones con respecto a la temperatura superficial (TS) y a la profundidad de capa de mezcla (PCM) para abril de 2003. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas y PCM profunda (en fondo rosa) y especies correlacionadas con temperaturas bajas y PCM somera (en fondo azul).46

Figura 19: Distribución de grupos de estaciones de muestreo derivadas del derivadas del Análisis Canónico de Correspondencias con respecto a la temperatura superficial (TS) y profundidad de la capa de mezcla (PCM) para el crucero de abril de 2003. Estaciones asociadas a sitios con temperaturas elevadas y PCM mayor (en fondo rojo) y estaciones asociadas a sitios con temperaturas bajas y PCM somera (en fondo azul). Estaciones con

mayor correlación con respecto a la TS y PCM (puntos en amarillo y verde). Distribución de la isoterma de 16 °C (línea continua en color negro).....	47
Figura 20: Diagrama de dispersión de larvas de peces por especie con respecto a la temperatura superficial (TS) para octubre de 2003. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y especies correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).....	49
Figura 21: Diagrama de dispersión por estaciones con respecto a la temperatura superficial (TS) para octubre de 2003. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y especies correlacionadas con bajas temperaturas (en fondo azul).	50
Figura 22: Distribución de grupos de estaciones de muestreo derivadas del Análisis Canónico de Correspondencias con respecto a la temperatura superficial para el crucero de octubre de 2003. Estaciones asociadas a sitios con temperaturas elevadas (en fondo rojo) y estaciones asociadas a sitios con temperaturas bajas (en fondo azul). Estaciones con mayor correlación con respecto a la TS (en puntos en amarillo y verde). Distribución de la isoterma de 20.5 °C (línea continua en color negro).	51
Figura 23: Dendrograma cruzado (modo Q y R) del análisis de clusters para el crucero de abril de 2002. Especies de afinidad templada-subártica (en color azul) y especies de afinidad tropical-subtropical (en color rojo). Grupos BATHYLAGOIDES (A. Bat), ENGRAULIS (A. Eng), SEBASTES (A. Seb) y VINCIGUERRIA (A. Vin). El nombre completo de los <i>taxa</i> que integran a cada grupo y su respectiva abreviación se encuentran en el anexo 2.....	59
Figura 24: Distribución de la abundancia del grupo SEBASTES para el crucero de abril de 2002. Flujo geográfico en superficie (línea continua en color gris).....	60
Figura 25: Distribución de la abundancia del grupo BATHYLAGOIDES para el crucero de abril de 2002. Flujo geográfico en superficie (línea continua en color gris).....	61
Figura 26: Distribución de la abundancia del grupo ENGRAULIS para el crucero de abril de 2002. Flujo geográfico en superficie (línea continua en color gris).....	62
Figura 27: Distribución de la abundancia del grupo VINCIGUERRIA para el crucero de abril de 2002. Flujo geográfico en superficie (línea continua en color gris).....	63
Figura 28: Dendrograma cruzado (modo Q y R) del análisis de clusters para el crucero de octubre de 2002. Especies de afinidad templada-subártica (en cuadro azul) y especies de	

afinidad tropical-subtropical (en cuadro rojo). Grupos CHIASMOTON (A. Chi), VINCIGUERRIA (A. Vin) y NANNOBRACHIUM (A. Nan). El nombre completo de los <i>taxa</i> que integran a cada grupo y su respectiva abreviación se encuentran en el anexo 2.....	65
Figura 29: Distribución de la abundancia del grupo NANNOBRACHIUM para el crucero de octubre de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	66
Figura 30: Distribución de la abundancia del grupo CHIASMOTON para el crucero de octubre de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	67
Figura 31: Distribución de la abundancia de cuatro subgrupos (a, b, c y d), derivados de CHIASMOTON para el crucero de octubre de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).	68
Figura 32: Distribución de la abundancia del grupo VINCIGUERRIA para el crucero de octubre de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	69
Figura 33: Dendrograma cruzado (modo Q y R) del análisis de clusters para el crucero de abril de 2003. Especies de afinidad templada-subártica (en cuadros azules) y especies de afinidad tropical-subtropical (en cuadros rojos). Grupos VINCIGUERRIA (A. Vin), ENGRAULIS (A. Eng), y SEBASTES (A. Seb). El nombre completo de los <i>taxa</i> que integran a cada grupo y su respectiva abreviación se encuentran en el anexo 2.....	71
Figura 34: Distribución de la abundancia del grupo SEBASTES para el crucero de abril de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	72
Figura 35: Distribución de la abundancia del grupo ENGRAULIS para el crucero de abril de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	73
Figura 36: Distribución de la abundancia del grupo VINCIGUERRIA para el crucero de abril de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	74
Figura 37: Dendrograma cruzado (modo Q y R) del análisis de clusters para el crucero de octubre de 2003. Especies de afinidad templada-subártica (en cuadros azules) y especies de afinidad tropical-subtropical (en cuadros rojos). Grupos CHIASMOTON (A. Chi), TRICHIURUS (A. Tri), VINCIGUERRIA (A. Vin), HYGOPHUM (A. Hyg), PRIONOTUS (A. Pri) y CHILARA (A. Cha). El nombre completo de los <i>taxa</i> que integran a cada grupo y su respectiva abreviación se encuentran en el anexo 2.....	76
Figura 38: Distribución de la abundancia del grupo CHILARA para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	77

Figura 39: Distribución de la abundancia del grupo CHIASMODON para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	78
Figura 40: Distribución de la abundancia del grupo TRICHIURUS para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	79
Figura 41: Distribución de la abundancia del grupo VINCIGUERRIA para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	80
Figura 42: Distribución de la abundancia del grupo Hygophum para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	81
Figura 43: Distribución de la abundancia del grupo PRIONOTUS para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).....	82

Lista de Anexos.

- Anexo 1:** Lista de *taxa* de las larvas de peces y su respectiva abundancia durante los cruceros de abril y octubre de 2002-2003. Para cada *taxa* se presenta el tipo de hábitat: B) Batipelágico, M) Mesopelágico, BP) Bentopelágico, D) Demersal, RA) Asociado a arrecife rocoso, CP) Pelágico Costero, EP) Epipelágico, EM) Epipelágico-Mesoplágico, MB) Mesopelágico-Batipelágico; y afinidad faunística: Sa) Subártico, Tm) Templado, Sa-Tm) Subártico-Templado, Trans) Transicional, Sbtr) Subtropical, Tr) Tropical y Sbtr-tr) Subtropical-tropical, y ADPO) Amplia Distribución en el Pacífico Oriental.....**109**
- Anexo 2:** Nombre científico y abreviación de las especies que formaron los grupos en el presente estudio, durante los cruceros de abril de 2002 a octubre de de 2003.....**117**

Glosario

Anomalía climatológica: Término genérico para identificar una condición diferente del valor medio climatológico. Se expresa como la diferencia (absoluta o normalizada) con respecto a la media.

Abundancia: Número total de individuos de una o varias especies que existen en un área determinada.

Advección: Se refiere al flujo horizontal o vertical del agua del mar a modo de corriente.

Asociación de especies: Grupos de especies que coinciden en tiempo y espacio característicos de un ambiente particular.

Batipelágico: Que habita de los 1000 hasta los 4000 metros de profundidad.

Capa de Mezcla: Parte de la columna de agua que se localiza cerca de la superficie con temperatura más elevada que el resto de la columna de agua y relativamente uniforme, esta es debida a la turbulencia por la acción del viento y advección; el espesor de esta capa superficial se le conoce como profundidad de capa de mezcla.

Comunidad: Es un conjunto de poblaciones de organismos vivos, que interactúan entre sí, en una región determinada.

Corriente: Es un movimiento de traslación, continuo y permanente de una masa de agua determinada y, en menor grado de los mares más extensos. Generalmente se originan por la diferencia de densidad del agua, que es mayor cuanto más fría y/o salada sea, tendiendo a hundirse para dar lugar a una circulación termohalina condicionada por la diferencia de temperatura y/o salinidad en el perfil vertical.

Demersal: Organismos que generalmente viven sobre los fondos marinos e incluso pueden ocultarse en el sedimento, pero pueden hacer migraciones verticales en el agua.

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

Diversidad: Se compone por la variedad de especies y la abundancia relativa de estas.

Ecosistema: Es la unidad funcional básica donde interactúan organismos con el medio físico intercambiando energía entre sí.

Efecto de borde: Se produce en zonas de transición entre comunidades diferentes, es cual se traduce en un número elevado de la riqueza de especies como resultado de la combinación entre fauna de distinta comunidad.

El Niño: Se caracteriza por el debilitamiento a gran escala de los vientos Alisios y por el calentamiento de las capas superficiales del Océano Pacífico Ecuatorial en sus porciones este (frente a las costas de América) y central. Los eventos "El Niño" ocurren irregularmente a intervalos de 2 a 7 años, aunque en promedio puede presentarse uno cada 3 ó 4 años. Duran entre 12 y 18 meses y son acompañados por cambios en el Índice de Oscilación Austral (IOA), también llamado Índice de Oscilación del Sur. Este índice refleja una variación interanual de la presión atmosférica al nivel del mar entre los hemisferios oriental y occidental.

Epipelágico: Organismos que habitan en la columna de agua desde la superficie hasta los 200 metros de profundidad.

Especie: Se deriva del latín *species*, el cual es cada uno de los grupos en que se dividen los géneros, es decir, la limitación de lo genérico en un ámbito morfológicamente concreto. Además, para este término se emplean bastantes conceptos, sin embargo; en el presente

estudio se usará el concepto de especie ecológica como un linaje o varios linajes afines, que evolucionan separadamente de otros y ocupan una determinada zona adaptativa.

Giro oceánico: Movimiento circular o en espiral del agua, provocado por la circulación de dos corrientes en sentido opuesto, puede girar en sentido de las manecillas del reloj (anticiclónico) o sentido opuesto (ciclónico).

Hábitat: Lugar o medio donde habita un individuo, ya sea agua, suelo o aire.

Ictioplancton: Comprende la fase planctónica de la mayoría de los peces (huevos y larvas), dependen de las corrientes para su desplazamiento.

Indicador biológico: Organismo que tiene intervalos ecológicos estrechos con respecto a una o más variables ambientales en los cuales está presente. Por tanto es indicador de una condición ambiental en particular.

Intrusión: Es la entrada de un tipo de agua a un espacio donde existía otro tipo de agua diferente, conservando parcial o totalmente sus características por un tiempo relativamente corto.

Larva de pez: Etapa que comienza al eclosionar el huevo, esta pasa por diferentes estadios de desarrollo (vitelina, preflexión, flexión, posflexión y transformación), sus características morfológicas y pigmentarias son diferentes de la forma juvenil y adulta, ya que aún no se ha transformado totalmente.

La Niña: Períodos con temperatura superficial del mar anómalamente fría en el Océano Pacífico Ecuatorial, en sus porciones occidental y central, asociado a una inusual baja presión atmosférica hacia el oeste (izquierda) de la línea internacional del tiempo, y una alta presión atmosférica al este de la línea. Esto provoca que los vientos Alisios sean más fuertes de lo normal.

Listado taxonómico: Elenco de *taxa* presentes en un área determinada con o sin sus respectivas autorías.

Masas de agua: Es un volumen de agua que se caracteriza por valores típicos de temperatura y salinidad y que le permiten distinguirlo de otras aguas circundantes, su formación ocurre entre la interfaz de la atmosfera y por la mezcla de dos o más tipos de agua.

Índice Multivariado El Niño Oscilación del Sur (MEI): Este índice representa el análisis de componentes principales de seis variables observadas en el Pacífico ecuatorial: presión al nivel del mar, componente norte-sur del viento superficial, componente este-oeste del viento superficial, temperatura superficial del mar, temperatura del aire y cantidad de nubes en octavos. Los valores positivos del MEI representan la fase caliente o El Niño, mientras los valores negativos representan la fase fría o La Niña.

Mesopelágico: Organismo que se encuentra en la columna de agua desde los 200 hasta los 1000 metros de profundidad.

Patrón: Modelo que sirve muestra para sacar otra cosa igual, también se entiende como cosas u objetos recurrentes.

Surgencia eólica: Es una corriente de agua o un movimiento de agua superficial provocada por el viento, el cual tiende a desplazar agua hacia mar adentro por el efecto de coriolis, y en el lugar de esta agua desplazada queda otra que emerge del fondo siendo esta última más fría y rica en nutrientes.

Taxa: Palabra en latín la cual es el plural de *taxon*.

Taxon: es una unidad taxonómica que refiere a un grupo de organismos con afinidades naturales con categoría de especie, género, subgénero, familia.

Resumen.

La Corriente de California (CC) es sistema con fuertes cambios oceanográficos de diferente escala espacio-temporal que afectan la composición y distribución del zooplancton. A partir de 2002, el área de estudio estuvo influenciada por dos procesos de diferente naturaleza, una intrusión de agua subártica (2002-2006) y el evento EL NIÑO (2002-2004). Este trabajo analiza el efecto de ambos procesos en la composición y distribución de larvas de peces de la región sur de la CC en los años 2002 y 2003, periodo en el que se realizaron arrastres oblicuos de zooplancton con redes Bongo. El evento El Niño (EN) y la intrusión de agua subártica (ASA), afectaron de manera diferencial la composición y abundancia de larvas de peces dependiendo de la estación del año. En abril de 2003 la presencia de ASA potencializa el enfriamiento del ecosistema en los meses fríos, dominan especies templado subárticas y disminuye la riqueza y la abundancia de larvas de peces, por lo que el efecto de EN no es detectado. En octubre de 2003, el efecto de EN se potencializa con el calentamiento de los meses cálidos, incrementando la riqueza y abundancia de especies de ambientes tropicales-subtropicales y enmascarando el efecto del ASA. En abril, los gradientes de abundancia costa-océano están definidos por procesos de surgencia y el flujo principal de la CC, mientras que en octubre el debilitamiento de la CC y la formación de giros de mesoescala, permiten el acercamiento de especies mesopelágicas hacia la costa, ocasionando gradientes de distribución latitudinal. Aunque la evidencia física indicó que para mayo de 2003 el evento EN había llegado a su fin, la extensión hacia el norte de la comunidad de especies tropicales-subtropicales, adicional a los valores inusualmente altos de riqueza sugiere la presencia de un evento EN, al menos hasta octubre de 2003. En general, la intrusión de ASA ocasionó la presencia de asociaciones distintas a las descritas con anterioridad para la zona, debido a un transporte diferencial de especies de afinidad templada-subártica hacia el sur, un incremento en la abundancia de las especies residentes y la ausencia o baja abundancia de algunas especies que normalmente son frecuentes en la zona de estudio.

Palabras clave: Intrusión de agua subártica, El Niño, Corriente de California, Larvas de peces

Abstract.

The California Current (CC) is a system with strong oceanographic changes from different spatial-temporal scale affecting the zooplankton composition and distribution. Since 2002, the study area was influenced by two processes from different nature, the subarctic water intrusion (2002-2006) and EL NIÑO (2002-2004) event. This work analyze the effect of both processes on the composition and distribution of fish larvae from the southern region of the CC during the years 2002 and 2003, period in which zooplankton oblique Bongo tows were made. El Niño (EN) event and the subarctic water intrusion (ASA), affecting in a different way the larval fish composition and abundance depending with the season. In April 2003, the presence of ASA potentiates the cooling of the ecosystems during the spring, temperate-subarctic species were dominant and richness as well as larval abundance diminished, not being possible to observe the effect of EN. In October 2003, EN effect is potentiates with the warming of the fall month, increasing the richness as well as the abundance of tropical-subtropical species and diminishing the ASA effect. In April, the coast-ocean abundance gradients are defined by upwelling processes as well as the main flux of the CC, while in October the CC weakening and the mesoscale eddies formation, allow the arrive of mesopelagic species near the coast, causing latitudinal gradients in the distribution. Although the physical evidence indicate that the EN was finished in May 2003, the extension toward the north of the distribution of the tropical-subtropical community, plus the unusual high richness values, suggest that EN event was present at least until October 2003. In general, the ASA intrusion caused the presence of different assemblages to those described previously in the study area, because a differential species transport of temperate-subarctic species toward the south, an increase in the abundance of the resident species and the absence of some other species that normally are frequent or abundant in the area.

Keywords: Subarctic water intrusion, El Niño, California Current, fish larvae.

Introducción.

Entender las variaciones naturales de las poblaciones de peces en el ecosistema marino es un objetivo fundamental de la ciencia pesquera. Los cambios espaciales y temporales en la distribución y abundancia de los peces están determinados por cambios ambientales de diferente naturaleza (físicos, químicos y biológicos), así como de diferentes escalas de tiempo (diaria, estacional, interanual, decadal, etc.) y de espacio (metros y kilómetros) (Burnette *et al.*, 1950). De esta forma, el análisis de la interacción entre el ambiente y los organismos vivos se hace sumamente complejo, particularmente en la zona tropical y subtropical, así como en áreas transicionales de diferentes ecosistemas, en donde la diversidad y las relaciones entre especies se incrementan de manera significativa (Hubbs, 1960).

La costa occidental de la Península de Baja California es una región caracterizada por una dinámica oceanográfica compleja que incluye la presencia de giros (cyclónicos y anticiclónicos), meandros y zonas de surgencias, así como cambios estacionales e interanuales en la intensidad de las corrientes y masas de agua (Durazo & Baumgartner, 2002) que determinan de manera importante la distribución y abundancia de los estadios de vida iniciales de gran cantidad de especies del zooplancton incluyendo a los peces (Moser *et al.*, 1987; Lavaniegos, 2009). El efecto de la dinámica oceanográfica en la distribución de huevos y larvas de peces tiene un considerable impacto en el éxito del reclutamiento, debido a que éstos determinan la sobrevivencia del estadio de vida más crítico en el ciclo de vida de los peces (Hjört, 1914), convirtiéndolos en un elemento clave para entender los procesos que determinan las variaciones naturales en sus poblaciones.

Las similitudes de las respuestas conductuales y fisiológicas de las especies a los gradientes ambientales son una de las causas de la formación de asociaciones. Los grupos de especies con respuestas similares a los gradientes ambientales son considerados asociaciones de especies, las cuales son características de un ambiente en particular. Éstos representan indicadores biológicos potenciales, cuya utilidad depende del tiempo de respuesta de las especies respecto a los cambios ambientales en espacio y tiempo (Aceves-Medina *et al.*, 2003; Jiménez-Rosenberg & Aceves-Medina, 2009).

Los peces son en general un grupo medianamente bueno como indicador biológico del cambio ambiental debido a que su distribución puede ser amplia o pueden trasladarse

rápido de un lugar a otro. Sin embargo, el uso de las larvas de peces representa una ventaja, ya que estas presentan una distribución más restringida que los adultos debido a que los sitios de desove suceden en intervalos ambientales más estrechos y generalmente están sujetos a procesos hidrográficos de concentración y retención de larvas, reflejando una mayor fidelidad a la masa de agua en donde se llevó a cabo el evento de desove (Moser *et al.*, 1987; Jiménez-Rosenberg & Aceves-Medina, 2009). Actualmente, el uso de las asociaciones larvas de peces como indicadores biológicos del cambio ambiental ha ido incrementándose, ya que estas ofrecen una explicación más integral de la respuesta del componente vivo de un ecosistema ante los cambios ambientales, llegando a definir fronteras entre ecosistemas y/o caracterizar regiones faunísticas (Jiménez-Rosenberg & Aceves-Medina, 2009).

Las asociaciones del ictioplancton en la costa occidental de la Península de Baja California están constituidas por el “Complejo Norteño” que incluye asociaciones costeras y oceánicas de afinidad Subártica-transicional; el “Complejo Sureño” que incorpora asociaciones con fauna transicional, cosmopolitas de aguas cálidas y del Pacífico Tropical Oriental; y un “Complejo Costero” asociado a la plataforma continental de Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa, el cual es variable en su composición específica y fauna asociada (Moser *et al.*, 1987; Moser *et al.*, 1993). En general para la región oceánica de la Costa Occidental de Baja California, la mayor abundancia y número de especies son aportadas principalmente por las familias Myctophidae y Phosichthyidae (Moser *et al.*, 1987; Moser *et al.*, 1993), mientras que dentro de Bahía Sebastián Vizcaíno las mayores abundancias son aportadas por los pelágicos costeros como la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), la macarela (*Scomber japonicus*), la sardina monterrey (*Sardinops sagax*), el charrito (*Trachurus symmetricus*) y especies de peces demersales como *Merluccius productus*, *Symphurus* spp, *Synodus* spp, *Prionotus* spp y *Ophidion scrippsae* (Loeb *et al.*, 1983 a, b; Moser & Smith, 1993).

Los complejos ictioplanctónicos antes mencionados se encuentran fuertemente relacionados con las masas de agua de la región y los patrones generales de circulación del Sistema de la Corriente de California (SCC), y se distribuyen siguiendo gradientes de abundancia latitudinales (Norte-Sur) y longitudinales Costa-Océano (Moser *et al.*, 1993). Ambos complejos faunísticos comúnmente se mezclan en una zona de transición que en general se localiza en las inmediaciones de Bahía Sebastián Vizcaíno (Hewitt, 1981). Sin

embargo, su ubicación puede cambiar latitudinalmente de manera estacional o bien desplazarse hacia el norte durante eventos cálidos conocidos como El Niño (EN), los cuales pueden variar entre dos y siete años, cuando la masa de agua cálida invade inusualmente la región norteña, o hacia el sur durante eventos fríos conocidos como La Niña (LN), cuando la masa de agua fría invade inusualmente la región sureña (Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987; Lluch-Belda *et al.*, 2003; Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2007).

La parte sur del SCC es susceptible a cambios climáticos de mayor escala como los eventos EN y LN (Hayward *et al.*, 1999) y cambios relacionados con la circulación atmosférica de latitudes medias. Durante EN hay incremento del transporte de Ekman hacia la costa, anomalías positivas de temperatura y salinidad (Durazo & Baumgartner, 2002), hundimiento de la termoclina (McPhaden, 1999) y nutriclina (Espinosa-Carreón *et al.*, 2004). Al ser más profunda la termoclina y nutriclina se reduce el suplemento de nutrientes hacia la zona eufótica y se incrementa la estratificación en la columna de agua. Como consecuencia de lo anterior, hay una disminución en la producción del fitoplancton (Chavez *et al.*, 2002); seguido por la respuesta del zooplancton con valores más bajos en el volumen del zooplancton, así como cambio de los grupos zooplanctónicos dominantes, además ocurre un cambio en la composición, distribución y abundancia de especies locales y mayor abundancia del componente tropical (Lavaniegos *et al.*, 2003; Lavaniegos, 2009), incluyendo larvas de peces (Moser *et al.*, 1987; Funes-Rodríguez *et al.*, 1998; 2002; 2009; Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2007; 2010). Comúnmente al terminar un evento EN le sigue una fase de relajación y condiciones frías del evento LN, pero las condiciones que ocurren entre ambos eventos son opuestas, durante las condiciones frías y los eventos LN se intensifican los procesos de mezcla generando una termoclina más somera, un incremento de nutrientes y surgencias costeras, así como un incremento en el transporte de aguas frías hacia el ecuador (McPhaden, 1999; 2004).

En el SCC, se han detectado cambios físicos, químicos y biológicos de mayor magnitud como la Oscilación Decadal del Pacífico Norte (PDO, por sus siglas en inglés) con periodos de alternancia cálidos y fríos de entre 25 y 30 años. Sin embargo, durante la última década, una serie de eventos de calentamiento y enfriamiento han tenido lugar en el Pacífico Norte, dando origen a cambios fuertes en el ecosistema (McGowan *et al.*, 1998; Baumgartner *et al.*, 2008). Por ejemplo, después de EN de 1997-1998, le siguió un evento LN que comenzó

a mediados de 1998 y persistió hasta inicios del 2002, el cual se dio durante la fase negativa del PDO (Hooff & Peterson, 2006; Brodeur *et al.*, 2008), que coincidió con un enfriamiento de las capas superiores de la columna de agua. Consecuentemente, durante el verano de 2002 se presentó un evento frío, el cual fue conocido como Intrusión de Agua Subártica (ASA), pero su efecto fue observado en toda la Costa Occidental desde la primavera de 2003 hasta el 2006 en las capas superiores de la columna de agua (primeros 100 metros de profundidad), se caracterizó principalmente por traer un exceso de agua proveniente del subártico y consecuentemente provocar anomalías negativas de salinidad (Durazo *et al.*, 2005; Durazo, 2009). Al mismo tiempo que se observó este evento, en el SCC fue observada baja biomasa zooplanctónica y presencia de surgencias intensificadas, las cuales provocaron concentraciones elevadas de clorofila *a* tanto para la región CalCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations) en Estados Unidos de América, como para la región IMECOCAL (Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California) en México (Venrick *et al.*, 2003; Goericke *et al.*, 2005).

Simultáneo a la intrusión de la masa de agua subártica, durante el verano de 2002 fue evidenciada la presencia de un evento EN frente a la Costa Occidental de la Península de Baja California (Venrick *et al.*, 2003; McPhaden, 2004; Durazo *et al.*, 2005). Existen discrepancias en cuanto a la intensidad que tuvo este fenómeno, ya que de acuerdo al Índice Multivariado de El Niño Oscilación del Sur (en inglés MEI), podría estar considerado como uno de los diez eventos EN más fuertes desde 1950 hasta el periodo actualmente analizado (2002-2003) (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI>). Con base en datos físicos sobre la región ecuatorial McPhaden (2004) clasificó a este evento como un EN moderado; además, basados en datos físicos para el SCC (Anomalías de salinidad, temperatura superficial del mar, vientos zonales y fluorescencia) y biológicos (especies de aves marinas) Venrick *et al.* (2003) y Goericke *et al.* (2005), también lo clasificaron como EN moderado; no obstante, Durazo *et al.* (2005) se basaron en datos de temperatura-salinidad de la región IMECOCAL, clasificándolo como un evento EN débil, siendo evidente por debajo de los 100 m de profundidad.

Durazo *et al.* (2005), mencionaron que el máximo desarrolló de este evento fue entre diciembre de 2002 y enero de 2003, pero declinó rápidamente durante los meses de la

primavera de 2003; ya que las anomalías salinas y térmicas de este evento no lograron desarrollarse como en otros eventos EN, esto se debió a que la presencia simultánea en la región de estudio de la intrusión de ASA enmascaró sus efectos (Venrick *et al.*, 2003; Durazo *et al.*, 2005).

A pesar de que los datos físicos sugieren que en el área de estudio la intrusión de ASA 2002-2006 minimizó los efectos de EN 2002-2004, aún existe polémica sobre el efecto combinado de ambos eventos en las comunidades marinas de la zona de estudio. Trabajos previos sugieren cambios en la abundancia y distribución de diversos grupos del zooplancton, sin llegar a determinar que evento los provocó (Lavaniegos, 2009); mientras que Venrick *et al.* (2003) observaron que durante octubre de 2002, la avifauna en la región sur de California fue dominada por especies tropicales y durante abril de 2003 las especies subtropicales que se encontraban comúnmente en la región sur de California se distribuyeron hacia el norte, este cambio en la migración de las aves fue asociado al evento EN.

Hasta el momento no se ha documentado el efecto provocado por la intrusión de ASA 2002-2006 y el evento EN 2002-2004 sobre las asociaciones de larvas de peces de la frente a la costa Occidental de la Península de Baja California, por ello en el presente estudio se analiza la distribución y abundancia de las larvas de peces antes y durante el desarrollo de ambos eventos en la zona. Con este análisis se pretende obtener un mayor entendimiento del efecto de estos dos procesos en el ecosistema pelágico, particularmente de la respuesta del ictioplancton a los cambios ambientales observados durante el periodo 2002-2003. Debido a la coincidencia espacio-temporal de ambos eventos en el área estudio y al supuesto dominio de la intrusión de ASA 2002-2006 sobre el evento EN 2002-2004 que sugiere la literatura (Durazo *et al.*, 2005), se espera que la comunidad de larvas de peces esté dominada por especies norteñas de afinidad templado y/o subárticas, así como cambios latitudinales de los complejos faunísticos dominantes en el área de estudio.

Antecedentes.

En 1947, el colapso la pesquería más importante de California (Sardina del Pacífico), motivó la unión de las agencias *California Academy of Sciences*, *California Division of Fish and Game*, *The University of California's Scripps Institution of Oceanography* y el *U. S. Fish and Wildlife Service*, que comenzaron a operar a partir de 1949 para formar el *California Cooperative Sardine Research Program*. Durante 1951 se les anexó la *Hopkins Marine Station of Stanford University* siendo éste el inicio de intensos estudios en el SCC, desde las costas de California en Estados Unidos de Norteamérica, hasta el sur de la Península de Baja California, México. Su principal objetivo fue conocer las causas físicas, químicas y biológicas que provocaron los cambios en las poblaciones de sardina en los Estados Unidos de Norteamérica.

Las primeras interpretaciones oceanográficas para el Océano Pacífico fueron realizadas por Sverdrup *et al.* (1941, 1942), quienes en su estudio incluyeron el gran giro del Pacífico Norte, la compleja dinámica estacional e interanual del SCC con las masas de agua presentes en él, así como los eventos surgencias y procesos de mesoescala. A este trabajo le siguieron los realizados por Reid *et al.* (1958), quienes observaron una fuerte conexión entre la circulación oceánica y los vientos superficiales y Wyrski (1965, 1966), quien efectuó la recopilación de datos y la interpretación de la circulación y movimiento de masas de agua en la región del Pacífico Oriental Tropical, abarcando la región sur de la CC, a la cual describió como una zona de interacción del agua fría de la CC con el agua cálida ecuatorial.

Los primeros arrastres planctónicos para el SCC fueron realizados por la *California Cooperative Sardine Research Program* a partir de enero de 1951, cuyo propósito fue conocer la distribución y abundancia de los primeros estadios de vida de la sardina (Burnette *et al.*, 1952). Sin embargo, en Junio de 1953 se incluyeron estudios para otros peces de importancia comercial, por lo que el nombre del programa cambio a *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations* (CalCOFI), el cual se mantiene confinado a la parte sur de California. En México, los estudios del zooplankton en la Costa Occidental de la Península de Baja California comenzaron en 1982 por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), su finalidad fue la de estudiar los primeros estadios de vida de la sardina del Pacífico y la anchoveta norteña y efectuar estimaciones de la biomasa reproductora. A partir

de 1997, inició operaciones el programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL), este programa fue integrado por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), el Centro Regional de Investigación Pesquera-Instituto Nacional de la Pesca (CRIP-INP), el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Tecnológico del Mar (ITMAR) y el Centro Tecnológico del Mar (CETMAR); para investigar los procesos oceanográficos, químicos y biológicos de la región sur de la CC, cubriendo la red de estaciones de CalCOFI (<http://www.imecocal.cicese.mx>).

Dentro de los primeros estudios derivados del programa CalCOFI, se mostró que el recurso sardina había migrado hacia el sur de California y Baja California, su distribución estaba muy relacionada con la estacionalidad de la CC y la presencia de giros y surgencias; también identificaron dos zonas de surgencias, la primera se ubicó aproximadamente desde Bahía Monterey hasta San Diego, California y la segunda entre Bahía Sebastián Vizcaíno y Golfo de Ulloa en Baja California, quedando separadas por agua pobre en nutrientes (Burnette *et al.*, 1952).

Con base en la abundancia de huevos de sardina, Ahlstrom en 1960 propuso cuatro subregiones con mayor dinámica estacional: La primer subregión estuvo ubicada desde Punta Concepción a San Diego, CA; la segunda subregión se localizó desde la porción norteña de Baja California hasta la Bahía de San Quintín, Baja California; la tercera subregión ubicada desde Punta Baja hasta Punta Eugenia, Baja California Sur y la cuarta subregión desde Bahía Tortugas hasta San Juanico, Baja California Sur.

La región ubicada frente a Punta Eugenia en la Costa Occidental Baja California, ha sido descrita como la frontera provincial de varios grupos taxonómicos, incluyendo a los peces costeros (Hubbs, 1960), braquiuros (Garth, 1960), briozoarios (Soule, 1960), moluscos (Hall, 1964; Valentine, 1966) y para el caso del zooplancton copépodos y eufáusidos (Hewitt, 1981). Esta región también ha sido considerada como zona transicional de larvas de peces de afinidad subártica y del Pacífico Tropical Oriental (Loeb *et al.*, 1983a, b; Moser *et al.*, 1987). Sin embargo, los principales trabajos realizados sobre ictioplancton para la CC están enfocados a especies de interés comercial, particularmente de pelágicos menores como la sardina del

Pacífico (*S. sagax*), la anchoveta norteña (*E. mordax*), el arenque (*Etrumeus teres*), la macarela (*S. japonicus*), el charrito (*T. symmetricus*), así como algunas especies demersales como la merluza del Pacífico (*M. productus*), entre otros (Ahlstrom, 1960; Loeb *et al.*, 1983 a; Moser & Pommeranz, 1998; Funes *et al.*, 2006, 2009). Sin embargo, otros trabajos han abordado el estudio de la distribución de las larvas de peces más abundantes para la zona, tales como *Diogenichthys atlanticus*, *Triphoturus mexicanus*, *Diogenichthys laternatus*, *Vinciguerria lucetia*, *E. mordax*, *S. sagax* principalmente (Ahlstrom, 1965; Loeb *et al.*, 1983b; Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2007, 2010), observando que los cambios en su distribución y abundancia indican cambios hacia condiciones templadas o cálidas en el ecosistema.

A pesar del gran número de estudios enfocados a especies de interés comercial, el trabajo editado por Moser (1996), representó una de las mayores contribuciones acerca de la descripción morfológica, la distribución y épocas de desove de un gran número de especies presentes en el SCC. Loeb *et al.* (1983b) y Moser *et al.* (1987, 1993), establecieron los grupos recurrentes en este sistema denominándolos complejos norteño y sureño, describiéndolos con base a su afinidad faunística y tipo de hábitat y analizando sus cambios en tiempo y espacio con respecto a la variabilidad estacional y a eventos como EN y LN. Estos autores mencionan que dichos grupos varían estacionalmente debido al movimiento de las masas de agua: latitudinalmente (norte-sur) durante verano-otoño y longitudinalmente (costa-océano) durante primavera, especialmente algunos grupos costeros que forman parte el complejo norteño y que han sido asociados a eventos de surgencias. Estos resultados concuerdan con lo reportado en otros trabajos realizados en la costa occidental (Funes-Rodríguez *et al.*, 2002; Aceves-Medina, 2003). Los *taxa* que forman parte del complejo norteño, disminuyen su abundancia durante los eventos EN y su límite de distribución sureña se contrae hacia el norte, mientras que los *taxa* que forman parte del complejo sureño muestran un relativo aumento en su abundancia y su límite de distribución norteña se expande más al norte (Moser *et al.*, 1987).

Área de Estudio.

El área de estudio está localizada frente a la Península de Baja California, quedando comprendida entre los 24-32° latitud norte y 113-119° longitud oeste, aproximadamente (Figura 1). Esta zona se encuentra en la región sur del SCC, la cual se constituye por tres corrientes, la principal es una corriente superficial o cercana a la superficie que es conocida como Corriente de California (CC). Esta corriente nace alrededor de los 50° N, y es una extensión de la corriente de las aleutianas del Pacífico Norte, la cual presenta una amplitud de 1000 km y una velocidad de 25 cm/s, tiene una profundidad de hasta 1000 m en las regiones más norteñas, pero en algunas zonas es menor a 500 m. Su nombre se aplica al flujo de agua proveniente del polo que viaja en dirección al ecuador (48 y 23 °N), la masa de agua dominante es la subártica, que al ser desplazada al sur converge con la masa de agua ecuatorial (Sverdrup *et al.*, 1942; Gómez-Valdés, 1981; Hickey, 1998). Se encuentra limitada al norte por el giro de Alaska y al oeste por la masa de agua central del Pacífico norte, mientras que al sur está limitada por la masa de agua ecuatorial en el extremo sur de la Península de Baja California (Lynn & Simpson, 1987), aunque su máximo ha sido observado durante los meses de invierno frente a las costas de Jalisco y Colima (Filonov *et al.*, 1996).

Transportando agua relativamente cálida hacia el polo (opuestas a la CC), se encuentran la Corriente Subsuperficial (CSS) y la contra corriente. La CSS también es conocida como Corriente Submarina, cuando se localiza fuera de la costa y ha sido observada entre la plataforma y la pendiente continental, en promedio se ha localizado entre los 200 y 400 m de profundidad (Lynn & Simpson, 1987; Bograd *et al.*, 2010).

La contra corriente también ha recibido otros nombres alternativos. Contra Corriente de California (CCC), cuando ha sido observada al sur de Punta Concepción, o Corriente de Davidson cuando ha sido observada al norte de Punta Concepción. Fluye a lo largo de la Costa de California y Baja California, su máxima intensidad ha sido observada durante invierno; no obstante, frente a Baja California es muy débil o en ocasiones no es posible notar su presencia (Lynn & Simpson, 1987; Bograd *et al.*, 2010).

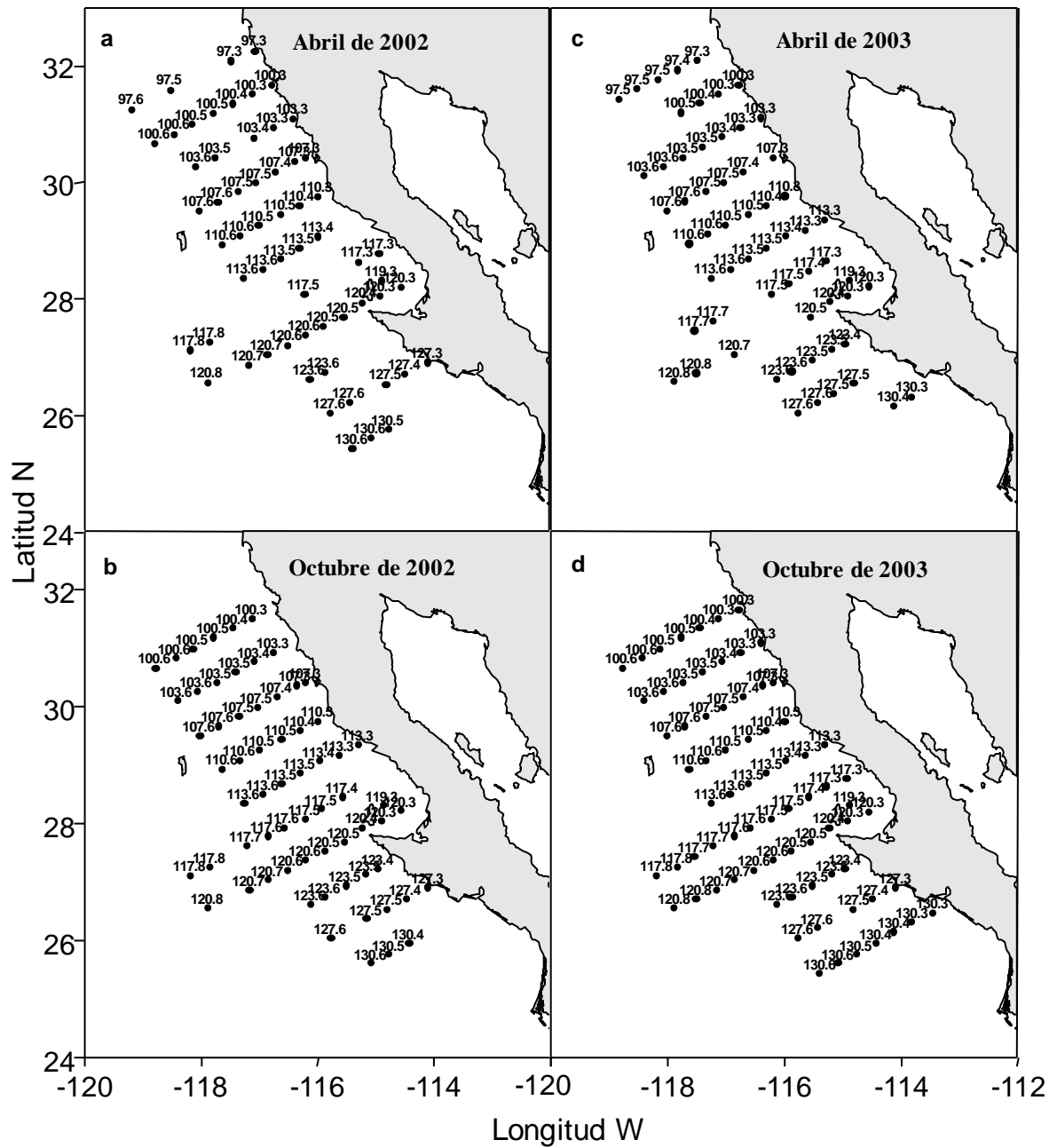


Figura 1: Área de estudio y estaciones de muestreo para el periodo estudiado (cruceos de abril y octubre de 2002-2003).

La región oceánica frente a la costa Occidental de la Península de Baja California está conformada principalmente por cuatro masas de agua. La primera es la masa de agua subártica (ASA) que se caracteriza por temperaturas entre los 8 y 21 °C y salinidades entre 33 y 34, es transportada por la CC a profundidades entre los 0 y 200 m; la segunda es la masa de agua subtropical superficial (ASTS) que se caracteriza por temperaturas entre los 20 y 28 °C y salinidades entre los 34.4 y 35; la tercera es la masa de agua superficial tropical (AST) que presenta temperaturas entre 25 y 30 °C y salinidades entre 33 y 34; finalmente, la cuarta es la masa de agua ecuatorial subsuperficial (AESS) que se caracteriza por presentar temperaturas entre 8 y 15 °C y altas salinidades que varían entre los 34.3 y 35. Adicionalmente, se puede encontrar la masa de agua transicional (AT), la cual es resultante de la mezcla entre las masas de agua ASA y ASTS o AST (Durazo & Baumgartner, 2002).

Las corrientes en el área de estudio cambian en intensidad debido a la variación estacional provocada por el patrón del viento. Los vientos de mayor influencia en la región son del norte-noroeste que se generan debido al gradiente entre los centros de alta y baja presión del Pacífico nororiental. Estos vientos circulan paralelos a la costa de Baja California con dirección hacia el ecuador, y su mayor intensidad se ha observado durante la primavera y la menor intensidad durante el otoño y el invierno. Como resultado de esto en la primavera y parte del verano se produce un incremento en la actividad de las surgencias e intensidad de la CC (Pares-Sierra *et al.*, 1997), y durante el otoño y el invierno el viento se debilita causando una disminución en la intensidad de la CC y surgencias en la costa (Lynn & Bograd, 2002).

Aunque comúnmente suele señalarse a las surgencias costeras como las responsables del mayor impacto para la producción primaria en la zona, González-Rodríguez (2008) sugiere que también la advección de la CC tiene un peso importante. Sin embargo, la combinación de ambas variables favorecen a una alta producción primaria, siendo los meses de mayor producción de marzo a junio, pero ocasionalmente se pueden observar altos niveles desde febrero hasta julio, seguido por la existencia de zonas de alta concentración de productores secundarios y alta abundancia de biomasa zooplanctónica (Lluch-Belda, 2000). Otras estructuras complejas como meandros y giros se desarrollan sobre la plataforma continental entre la costa y la región oceánica y son influenciadas por los contrastes termohalinos entre el ASA y ASTS o AST. La generación de giros ocurre durante el verano

y el otoño, pero su propagación se presenta durante el verano, el otoño y el invierno, estos giros actúan como mecanismo de forzamiento para la CSS y la CCC a lo largo de la zona costera (Strub *et al.*, 1994; Soto-Mardones *et al.*, 2004). Estas estructuras influyen en gran medida en los procesos biológicos de la región donde las zonas de mayor dinamismo coinciden con las áreas más productivas conocidas como centros de actividad biológica (BAC), los cuales se ubican en las áreas aledañas a las surgencias y concentran grandes cantidades de biomasa de organismos marinos (Aguirre-Hernández *et al.*, 2004).

Características ambientales del área de estudio durante el periodo analizado.

Durante el periodo de estudio la parte sur de la CC estuvo expuesta a cambios físicos importantes debidos a la combinación de eventos opuestos entre sí, como fueron la intrusión de ASA 2002-2006 y el evento EN 2002-2004 (Durazo *et al.*, 2005; Durazo, 2009), por este motivo es importante conocer la distribución de las principales variables ambientales relacionadas a las masas de agua que se asociaron a los eventos mencionados anteriormente, tales como la dirección del flujo geostrófico superficial, distribución de la temperatura superficial del mar (TS) y salinidad superficial del mar (SS).

La dirección del flujo geostrófico superficial para los cruceros de abril de 2002 y de 2003, presentó un flujo dominante con dirección hacia el sur aparentemente relacionado con el flujo principal de la CC (Figs. 2a y c). No obstante, en abril de 2003 se presentó un flujo más cercano hacia la costa. Durante los meses de octubre de 2002 y 2003 no hubo un dominio del flujo hacia el sur y en su lugar se observaron una serie de giros e irregularidades (Fig. 2b y d), siendo notorio que en octubre de 2003 se registró la mayor influencia de estos procesos.

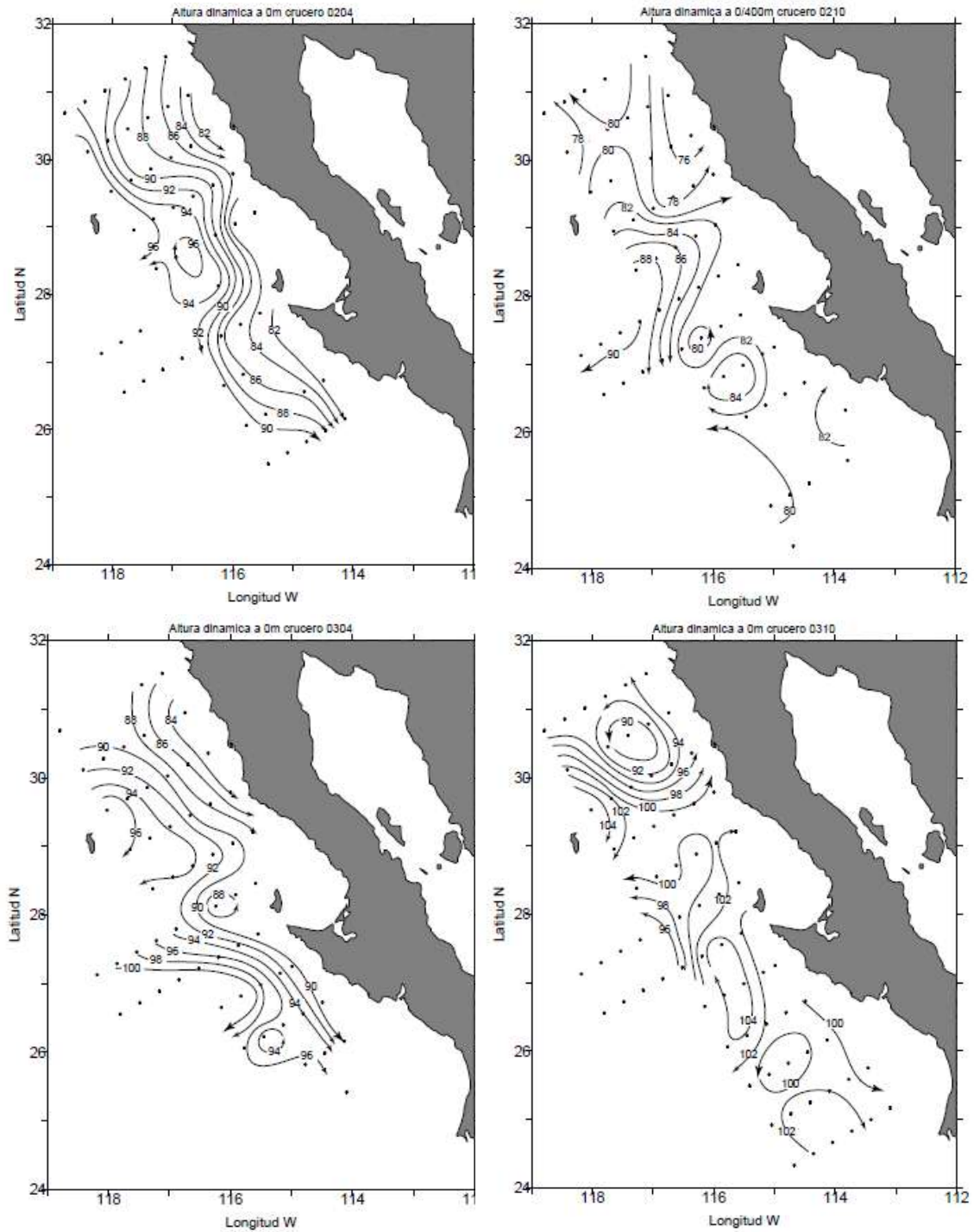


Figura 2: Flujo geostrófico superficial (intervalos de 0.2 M dinámicos) para los cruceros de abril de 2002 (a), octubre de 2002 (b), abril de 2003 (c) y octubre de 2003 (d). (Com. Pers. Durazo, 2010).

Durante los cruceros de abril de 2002-2003 las isoterms entre los 15 °C y los 18 °C presentaron un gradiente térmico costa-océano (Fig. 3a y c, respectivamente). En cambio, la distribución superficial de las isoterms entre los 17 °C y los 21 °C, mostró que durante octubre de 2002 hubo una aparente transición de un gradiente de costa-océano, observado en la región costera a un gradiente norte-sur, observado sobre la región oceánica frente a Punta Eugenia (Fig. 3 b). Finalmente, la distribución de las isoterms entre los 19 °C y los 25 °C durante octubre de 2003, mostró un claro dominio del gradiente térmico norte-sur (Fig. 3 d).

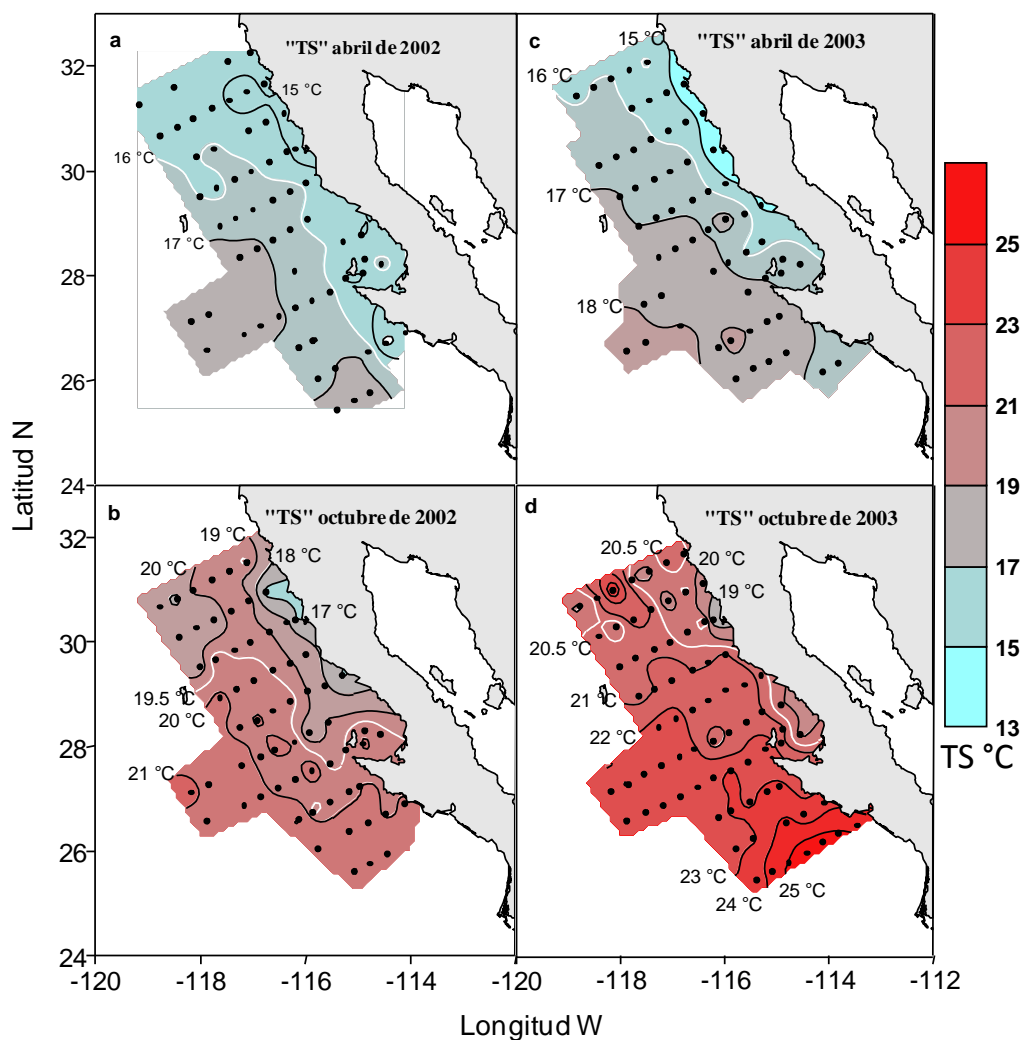


Figura 3: Distribución de la temperatura superficial (TS) del mar, en intervalos de 2 °C. Abril de 2002 (a), octubre de 2002 (b), abril de 2003 (c) y octubre de 2003 (d). En color negro las principales isoterms por crucero.

Durante el crucero de abril de 2002, la distribución de las isohalinas presentó un gradiente norte-sur, donde la salinidad mínima (33.1) se localizó hacia la parte costera (30° N) y la máxima (33.7) se presentó en la región sureña (Fig. 4 a). En abril de 2003 la distribución de las isohalinas cercanas a la costa presentaron un gradiente de distribución costa-océano, pero hacia el océano y hacia el sur del área de estudio, presentaron un gradiente norte-sur, donde la salinidad mínima (33.3) se localizó en la porción norteña y la máxima (33.5) en la región costera y sureña (Fig. 4 c). Durante octubre de 2002 la salinidad mínima (33.3) fue encontrada en la porción norteña y la salinidad máxima (33.9) en la región sureña (Fig. 4 b). Finalmente, durante octubre de 2003 la salinidad mínima se localizó en la porción oceánica norteña con 33.1 y la máxima al sur con 33.9 (Fig. 4 d). El gradiente de distribución en ambos octubre fue norte-sur.

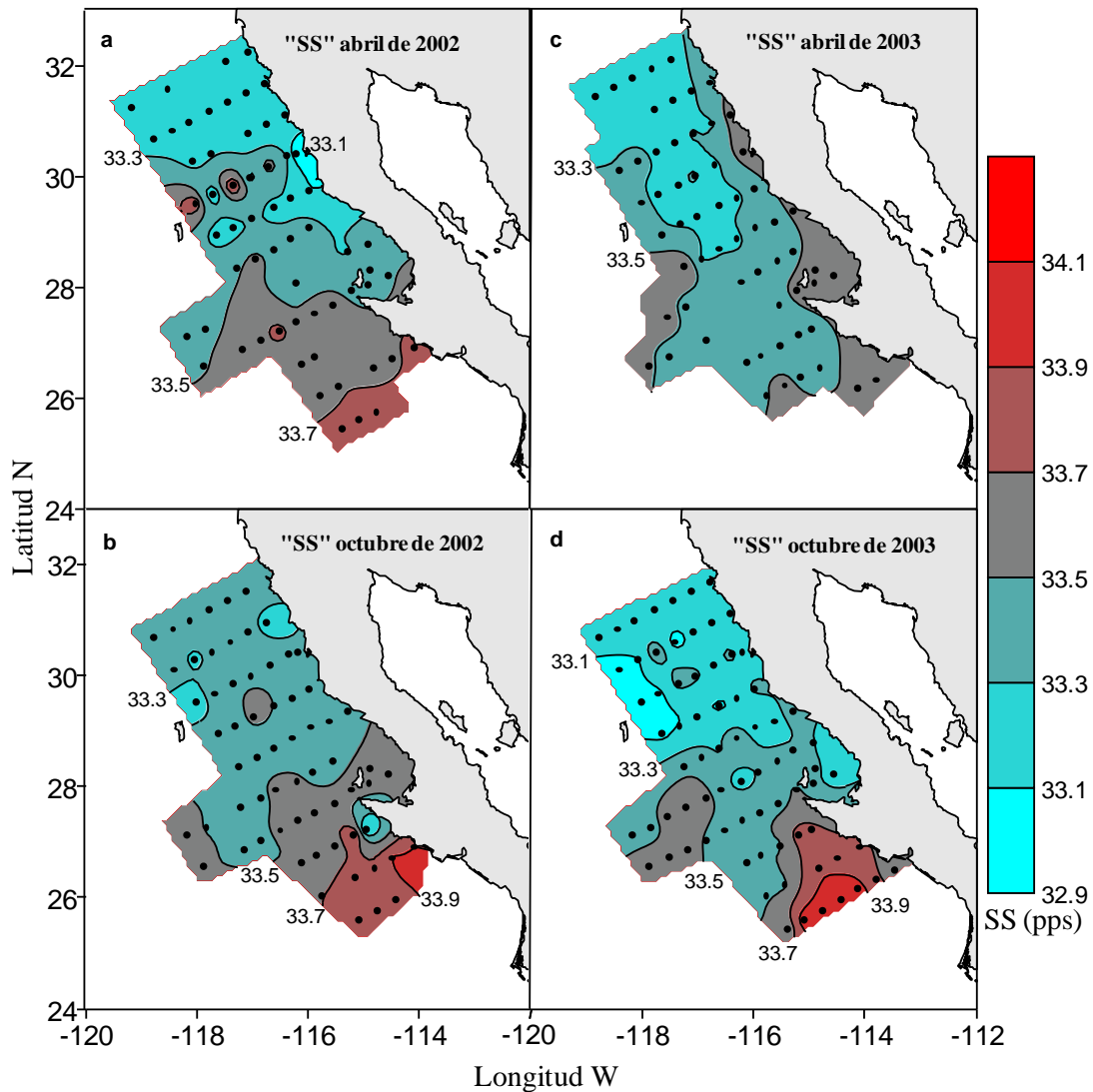


Figura 4: Distribución de la salinidad superficial (SS) del mar en la Costa Occidental de la Península de Baja California, en intervalos de 0.2 ppm. Abril de 2002 (a), octubre de 2002 (b), abril de 2003 (c) y octubre de 2003 (d). En color negro las principales isohalinas por crucero.

La mayor variabilidad espacial de la profundidad de la capa de mezcla (PCM) se observó durante los cruceros de abril de 2002 y de 2003 (Fig. 5 a y c), la menor variación de la PCM durante los cruceros de octubre de 2002 y de 2003 (Fig. 5 b y d). La distribución observada durante los cruceros de abril mostró un gradiente costa-océano, presentando una PCM somera hacia la costa y profunda hacia el océano (Fig. 5 a y c), en cambio en octubre mostró un gradiente norte-sur, con la menor PCM en la región costera norte y la mayor sobre la región oceánica y sureña (Fig. 5 b y d).

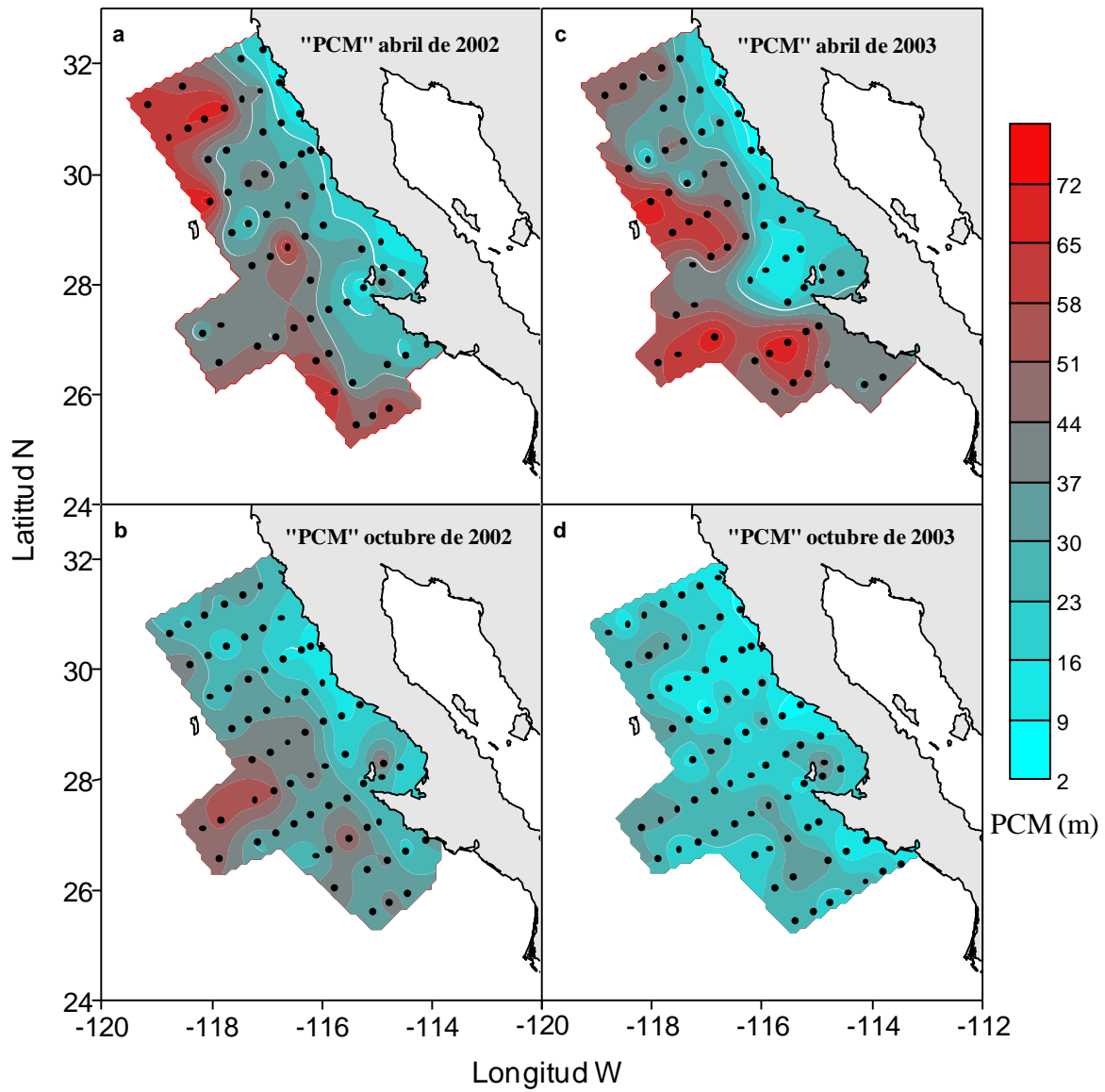


Figura 5: Distribución de la profundidad de la capa de mezcla (PCM) en la costa occidental de Baja California Sur, en intervalos de 7 m. Abril de 2002 (a), octubre de 2002 (b), abril de 2003 (c) y octubre de 2003 (d).

Justificación.

El manejo de los recursos pesqueros requiere, entre otras cosas, de un amplio entendimiento de la forma en que las variables ambientales y los procesos oceanográficos gobiernan su distribución y abundancia a corto, mediano y largo plazo. Para el caso de los peces, el estudio de sus huevos y larvas ha demostrado ser una herramienta útil, no sólo porque aporta información relevante de la biología de estas especies en cuanto a sus áreas y épocas reproductivas, sino porque representan uno de los estadios más vulnerables en su ciclo de vida y qué, junto con el análisis del ambiente, permite discernir las variables y los procesos que determinan la sobrevivencia y el éxito reproductivo de las especies.

Existe una gran cantidad de información acerca de los fuertes efectos en comunidades marinas que ocasionan procesos como El Niño y La Niña en diversos lugares del Pacífico Americano, no obstante no existe hasta la fecha ningún estudio que intente describir cual es la respuesta de las larvas de peces o de otros grupos del ecosistema pelágico marino ante la presencia simultánea de dos procesos antagónicos como son El Niño 2002-2004 y la intrusión anómala de agua subártica detectada entre el 2002 y 2006. Este trabajo es importante porque permitirá describir por primera vez la respuesta de las asociaciones de larvas de peces, en las que se incluyen especies de importancia ecológica y económica (por ejemplo; *V. Lucetia*, *D. laternatus* y *T. mexicanus* o *E. mordax* y *S. sagax*), ante esta condición ambiental que ocurrió en la parte sur de la CC, y que a la vez ha afectado a otros grupos del zooplancton en las costas de Oregon y California en Estados Unidos de Norteamérica.

La coincidencia espacial y temporal de ambos eventos ha causado polémica, ya que hay confusión no solo en la intensidad misma de cada proceso, sino en los efectos causados por la coincidencia de ambos. Es particularmente importante por ejemplo, conocer si existe un efecto sinérgico en las comunidades marinas, o si el efecto de uno de estos procesos predomina sobre el otro en la distribución, abundancia y formación de asociaciones entre especies.

Particularmente, la formación de asociaciones de larvas de peces ha demostrado ser una herramienta útil como indicador biológico del ambiente. Dependiendo del tipo de variable ambiental en cuestión, de las estrategias reproductivas y el grado de sensibilidad de las especies al cambio ambiental, se ha probado que cambios en la composición, distribución y

abundancia de las asociaciones de larvas de peces y de otros grupos del zooplancton, pueden reflejar cambios que por sí solos no pueden ser notados en el ambiente físico, o bien que a pesar de notorios cambios ambientales puede no haber efectos importantes en algunas de las asociaciones. Desde este punto de vista, este trabajo es importante porque permitirá establecer un patrón de referencia ambiental no descrito con anterioridad, para determinar el grado de estabilidad de las asociaciones (ampliamente estudiadas con anterioridad en la zona) ante los eventos oceanográficos descritos en este trabajo y así evaluar su utilidad como indicadores biológicos del ambiente. Aspectos importantes a resolver son averiguar si existen cambios importantes en la composición de las asociaciones y qué procesos y variables ambientales están relacionadas con estos cambios.

Hipótesis.

Durante el periodo de estudio (abril y octubre de 2002 y 2003) las asociaciones de larvas de peces estarán caracterizadas por un dominio de especies de afinidad templado-subárticas y en menor medida de las especies tropicales-subtropicales. Como resultado del predominio de la invasión de agua subártica 2002-2006 en la zona sobre el evento El Niño 2002-2004, se observará un desplazamiento hacia el sur de las asociaciones de afinidad templado subárticas.

Objetivo General.

Determinar el efecto de la intrusión de agua subártica 2002-2006 y del evento EL NIÑO 2002-2004 en las asociaciones de larvas de peces durante el periodo 2002-2003, frente a la costa Pacífico de la Península de Baja California.

Objetivo Específico 1.

Determinar la composición y abundancia de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California, durante la intrusión de agua subártica y del evento EL NIÑO durante el periodo 2002-2003.

Objetivo Específico 2.

Determinar el efecto que ejercen las variables ambientales en la distribución de larvas de peces en la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.

Objetivo Específico 3.

Caracterizar en espacio y tiempo las asociaciones de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.

Materiales y Métodos.

Se analizaron las muestras de zooplancton de cuatro cruceros oceanográficos frente a la Costa occidental de la Península de Baja California durante abril y octubre de 2002 y 2003, los cuales fueron realizados a bordo del Buque Oceanográfico Francisco de Ulloa. A cada crucero se le asignó el acrónimo IMECOCAL, seguido de cuatro dígitos; los dos primeros corresponden al año y los dos últimos al mes. La distancia entre transectos fue de ~ 75 km (40 m. n.), mientras que entre estaciones oceánicas fue de ~ 37 km (20 m. n.) hasta ~ 3.7 km (2 m. n.) en estaciones costeras (García-Cordoba *et al.*, 2005).

El número de estaciones por crucero fue variable, debido principalmente a las condiciones meteorológicas al momento de realizar los muestreos. Durante abril de 2002 (IMECOCAL0204) se muestrearon 64 estaciones, en octubre de 2002 (IMECOCAL0210) y abril de 2003 (IMECOCAL0304) se muestrearon 71 sitios, y durante octubre de 2003 (IMECOCAL0310) se tomaron 91 muestras.

En cada estación oceanográfica se realizó un arrastre oblicuo con un sistema de redes tipo Bongo, colocando un flujómetro en la boca de cada manga con el cual se estimó el volumen de agua filtrada; las dos redes utilizadas tuvieron luz de malla de 505 μm , una destinada para el estudio del zooplancton y otra para el estudio del ictioplancton. El método de muestreo aplicado en cada estación fue el estándar para arrastres oblicuos, el cual fue realizado hasta una profundidad máxima de 210 m. El método de muestreo es descrito en detalle por Smith & Richardson (1977). Las muestras de zooplancton se preservaron en formol al 4 % neutralizado con borato de sodio, inmediatamente después de ser recolectadas. En cada estación se realizó un lance de CTD hasta una profundidad de 500 m aproximadamente.

En el laboratorio, se determinó la biomasa zooplanctónica por el método de volumen desplazado según lo descrito por Kramer *et al.* (1972). Se separó el ictioplancton (huevos y larvas de peces) de cada muestra de zooplancton sin realizar alícuotas y la identificación de los especímenes se realizó usando un estereoscopio, siguiendo los criterios establecidos en el trabajo de Moser (1996) y literatura especializada, así como de la revisión de la distribución y

épocas de reproducción de las especies que habitan en la región de estudio (Fisher *et al.*, 1995; Eschmeyer 2011, versión electrónica 02/2011; FishBase, versión electrónica 11/2010). En los casos en que los especímenes no pudieron ser identificados a nivel específico, se consideraron los caracteres merísticos y morfológicos para llegar a identificarlos en los niveles taxonómicos de familia y género. Para el caso de aquellas formas larvales que compartieron dichos caracteres y con distinto patrón de pigmentación se les asignó la categoría de “tipo” (p. ej. Scorpaenidae sp.1; *Sebastes* sp.1) y se consideraron en los análisis ecológicos como *taxa* equivalentes a especie. Las formas larvales que no cumplieron con esta condición se les asignó la notación spp. (p.ej. *Nannobracium* spp; Myctophidae spp).

Se contabilizaron las larvas de peces por especie por estación de muestreo y la cantidad de cada especie se estandarizó a 10 m² de superficie marina, de acuerdo a Smith & Richardson (1977). Seguido a esto, con el propósito de homogenizar el área de muestreo de todos los cruceros, se eliminaron las estaciones de los transectos más sureños (líneas 133 y 137) del crucero de octubre de 2003, reduciendo el número de estaciones de 91 a 74.

Se elaboró una lista de los *taxa* de las larvas de peces encontradas en los cuatro cruceros de acuerdo a la clasificación de Eschmeyer (2011); a cada especie se le agregó el tipo de afinidad faunística y tipo de hábitat de donde viven los adultos de acuerdo a Fisher *et al.* (1995; FishBase, Versión electrónica 11/2010). Cuando una especie presentó diferentes afinidades se tomó como criterio la afinidad con mayor frecuencia para cada especie y si alguna especie presentó amplio rango de distribución se le asignó la categoría de Amplia Distribución en el Pacífico Oriental (ADPO).

Se determinó el grado de similitud de la comunidad ictioplanctónica entre los cruceros del periodo de estudio, a través de: 1) la presencia-ausencia de especies, mediante el cálculo del coeficiente de la comunidad (Whittaker, 1975), con la fórmula; $CC = 2(Sab) / (Sa + Sb)$, donde: Sa = Número de especies de la muestra a; Sb = Número de especies de la muestra b y Sab = Número de especies comunes en ambos cruceros. 2) el análisis de la información de la abundancia promedio y error estándar, y 3) el análisis de la riqueza de especies y el error estándar de cada crucero.

Se evaluó el grado de influencia de las variables ambientales en la distribución de larvas de peces aplicando el Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) descrito por McCune & Medford, (1999) y McCune & Grace, (2002). En este análisis se utilizaron las

especies más abundantes (aquellas que sumaron el 80 % de la abundancia total) y frecuentes (aquellas presentes en al menos el 10 % de las estaciones muestreadas). La abundancia (matriz principal) se transformó utilizando $\log(x_{ij}+1)$, donde x es la abundancia de la especie i en la estación j , y como matriz secundaria se utilizó la base de datos de las variables ambientales, como la temperatura superficial (TS), la salinidad superficial (SS) y la profundidad de la capa de mezcla (PCM). Con los resultados del ACC por estación de cada crucero (modo Q) se elaboraron mapas de distribución usando el software Surfer (versión 8).

Por último, se caracterizó a las asociaciones de larvas de peces en espacio y tiempo, utilizando la base de datos de las especies más abundantes y frecuentes por crucero, a través del cálculo del coeficiente de similitud del método de Ward (Presencia-Ausencia) y de la distancia de correlación, donde el mínimo de similitud es cero y el máximo es uno. Este método es conocido como el método de la mínima varianza o método de Orloci el cual se basa en minimizar el error en la suma de cuadrados (Ward, 1963), finalmente con los dendrogramas resultantes se hicieron mapas de distribución.

Resultados: Determinar la composición y abundancia de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California, durante la intrusión de agua subártica y del evento EL NIÑO durante el periodo 2002-2003.

Se revisaron 280 muestras de zooplancton obtenidas de los cuatro cruceros, de las cuales se estimó una abundancia estandarizada de 65 142 larvas de peces. Se encontraron 166 *taxa* comprendidos en 65 familias y 113 géneros, 129 *taxa* se identificaron a especie y 37 a tipo. A parte de estos *taxa* también se incluyen las larvas no identificadas (No Determinada), que debido al mal estado en que se encontraban no fue posible asignar la especie o tipo (Anexo 1).

En abril de 2002 se estimó una abundancia estandarizada total de 14 189 larvas de peces (222 organismos promedio por estación). Se encontraron 77 *taxa* comprendidos en 31 familias, 54 géneros; 62 a especie y 15 a tipo (Anexo 1). 13 *taxa* sumaron el 80 % de la abundancia total, entre estos *Vinciguerria lucetia*, *Triphoturus mexicanus*, *Diogenichthys laternatus* y *Cyclothone signata* son de afinidad tropical y/o subtropical; *E. mordax*, *Stenobranchius leucopsarus*, *Nannobranchium ritteri*, *S. sagax*, *Bathylagoides wesethi*, *Symbolophorus californiensis*, *Sebastes* sp. 2 y *Lipolagus ochotensis* son de afinidad templada

y/o subártica, y *Leuroglossus stilbius*, que es una especie de amplia distribución en el Pacífico oriental (Tabla 1).

Tabla 1: Listado de especies de peces (en etapa larval) que componen el 80 % de la abundancia total por crucero, durante el periodo de abril de 2002 a octubre de 2003.

<i>Taxa</i>	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
<i>Vinciguerria lucetia</i>	14.07	45.81	9.92	44.11
<i>Triphoturus mexicanus</i>	12.68	23.52	8.67	9.09
<i>Diogenichthys laternatus</i>	8.06	9.76	7.10	13.94
<i>Engraulis mordax</i>	5.84		13.02	
<i>Stenobranchius leucopsarus</i>	5.78		3.23	
<i>Nannobranchium ritteri</i>	5.71			
<i>Cyclothone signata</i>	5.10		2.49	
<i>Sardinops sagax</i>	4.98		32.56	
<i>Bathylagoides wesethi</i>	4.85			
<i>Symbolophorus californiensis</i>	4.85			
<i>Leuroglossus stilbius</i>	4.20			
<i>Sebastes</i> sp-2	3.09		2.74	
<i>Lipolagus ochotensis</i>	2.41			
<i>Synodus lucioceps</i>		5.37		11.47
<i>Sebastes</i> sp-3			2.52	
<i>Trichiurus nitens</i>				2.60
Total	81.62	84.46	82.25	81.21

La abundancia por afinidad faunística para abril de 2002, mostró que el componente subártico y/o templado (46 %) fue ligeramente mayor que el componente tropical y/o subtropical que conformó el 44 % de la abundancia total, mientras que las especies de amplia distribución en el Pacífico Tropical Oriental y las no determinadas conformaron el 10 % restante (Tabla 2). La abundancia por tipo de hábitat fue dominada por especies batipelágicas (48 %), seguidas de las mesopelágicas (28 %) y las pelágicas costeras (12 %) mientras que la suma de las especies demersales, las asociadas a arrecife rocoso, las epipelágicas, las bentopelágicas y las no determinadas que representaron en conjunto 11 % restante (Tabla 3).

Tabla 2: Abundancia relativa de los *taxa* por afinidad faunística para abril y octubre de 2002-2003. (Tr-Sbtr) tropical y/o Subtropical, (Sa-Tm) Subártico y/o Templado, (Otros) Comprende a las especies que presentan amplia distribución en el Pacífico oriental y las no determinadas.

Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
Tr-Sbtr	44.22	86.04	30.82	79.05
Sa-Tm	46.19	10.64	65.88	18.41
Otros	9.59	3.31	3.30	2.53

Tabla 3: Abundancia relativa de los *taxa* por tipo de hábitat para los cruceros de abril y octubre de 2002-2003. (B) Batipelágico, (M) Mesopelágico, (CP) Pelágico Costero, (Otros) comprende a las especies demersales, las asociadas a arrecife rocoso, las Epipelágicas, las bentopelágicas y las no determinadas.

Hábitat	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
B	48.07	55.13	24.69	54.68
M	28.47	37.49	18.00	25.72
CP	12.05	0	45.99	0.63
Otros	11.40	7.37	11.33	18.96

Durante octubre de 2002, se estimó una abundancia estandarizada de 19 349 larvas de peces (273 organismos promedio por estación). Fueron registrados 71 *taxa*, comprendidos en 36 familias y 61 géneros; 64 *taxa* se identificaron a especie y siete a tipo (Anexo 1). Sólo cuatro *taxa* sumaron el 80 % de la abundancia total, entre estos *V. lucetia*, *T. mexicanus* y *D. laternatus* todas de afinidad tropical y/o subtropical, y *Synodus lucioceps* con rango de distribución templado (Tabla 1).

La abundancia por afinidad faunística durante octubre del 2002, mostró una dominancia notable de especies tropicales y/o subtropicales (86 %) y una baja abundancia de las especies subárticas y/o templadas (11 %) mientras que las especies de amplia distribución en el Pacífico Tropical Oriental y las no determinadas conformaron el 3 % restante (Tabla 2). Más de la mitad de la abundancia total por tipo de hábitat estuvo compuesta por las especies batipelágicas (55 %), seguida por las mesopelágicas (37 %), mientras que las especies pelágicas costeras, las demersales, las asociadas a arrecife rocoso, las epipelágicas, las bentopelágicas y las no determinadas sumaron en conjunto el 7 % restante (Tabla 3).

Para abril de 2003 se registró una abundancia estandarizada de 2 450 larvas (35 organismos promedio por estación). Se identificaron 41 *taxa* comprendidos en 19 familias y 30 géneros; 33 *taxa* se identificaron a especie y ocho a tipo (Anexo 1). Nueve *taxa* sumaron el 80 % de la abundancia total, entre estos *V. lucetia*, *T. mexicanus*, *D. laternatus* y *C. signata* cuya afinidad es tropical y/o subtropical y especies de afinidad templada y/o subártica como *S. sagax*, *E. mordax*, *S. leucopsarus*, *Sebastes* sp. 2 y *Sebastes* sp. 3 (Tabla 1).

La abundancia por afinidad faunística durante abril del 2003, mostró que el componente dominante fue de especies subárticas y/o templadas con el 66 % de la abundancia total, las especies tropicales y/o subtropicales conformaron el 31 % y las especies de amplia distribución en el Pacífico Tropical Oriental y las no determinadas sumaron en conjunto el 3 % restante (Tabla 2). La abundancia por tipo de hábitat se conformó por las especies pelágico costeras que aportaron el 46 % de la abundancia total, las especies batipelágicas que contribuyeron con el 25 % y las mesopelágicas con el 18 %, mientras que las especies demersales, las asociadas a arrecife rocoso, las epipelágicas, las bentopelágicas y las no determinadas aportaron el 11.33 % restante (Tabla 3).

Durante octubre de 2003 se obtuvo una abundancia estandarizada de 29 155 larvas de peces (251 organismos promedio por estación). Se identificaron 115 *taxa*, comprendidos en 55 familias y 88 géneros; 96 *taxa* se identificaron a especie y 19 a tipo (Anexo 1). Sólo cinco *taxa* sumaron el 80 % de la abundancia total, entre estos *V. lucetia*, *T. mexicanus*, *D. laternatus* y *Trichiurus nitens* cuya afinidad es tropical y/o subtropical; además de *S. lucioiceps* cuya afinidad es templada (Tabla 1).

La abundancia por afinidad faunística durante octubre del 2003, mostró que el componente dominante fueron las especies tropicales y/o subtropicales con el 79 % de la abundancia total, el componente subártico y/o templado constituyó el 18 % (Tabla 2), mientras que las especies de amplia distribución en el Pacífico Tropical Oriental y las no determinadas representaron el 3 %. La abundancia por tipo de hábitat se encontró dominada por las especies batipelágicas con el 55 % de la abundancia total, seguida por las mesopelágicas (26 %), mientras que las especies demersales, las asociadas a arrecife rocoso, las epipelágicas, las bentopelágicas y las no determinadas representaron el 19 % restante (Tabla 3).

El análisis del coeficiente de la comunidad en términos de presencia-ausencia para todos los cruceros, mostró una similitud en la composición de especies del 54 % para los meses de abril del 2002-2003 y 58% para los de octubre de 2002-2003, mientras que la similitud entre los meses de octubre con respecto a los meses de abril es de 42%. Esto sugiere que la diferencia más importante en cuanto a presencia-ausencia de especies es estacional (Fig. 6).

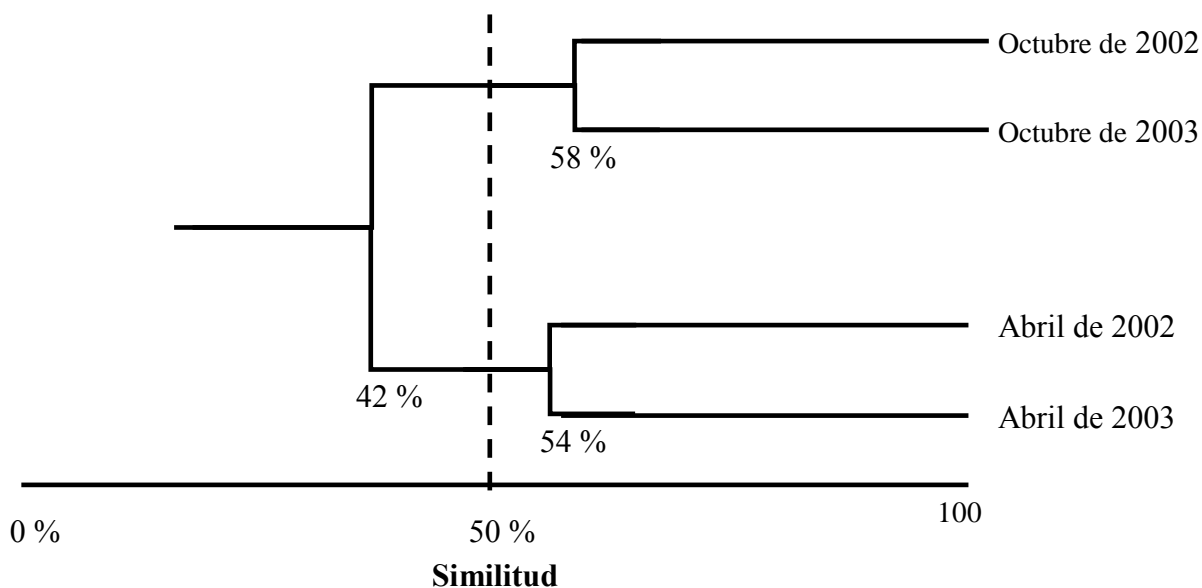


Figura 6: Dendrograma del coeficiente de la comunidad de especies de peces (en etapa larval) en términos de Presencia-Ausencia de especies para los cruceros de abril y octubre de 2002-2003.

Los valores promedio en la riqueza de especies y en la abundancia de larvas por estación, no mostraron diferencias importantes entre los meses del periodo estudiado. No obstante, durante el año 2003, se observaron los valores de riqueza de especies y abundancia mas bajos durante el crucero de abril de 2003 y los más altos durante octubre del 2003. La variabilidad de los datos representada por el error estándar en abril de 2003 fue la mas baja para todo el periodo de estudio, mientras que la variabilidad observa en Octubre 2003 fue la más alta (Fig. 7 a y b).

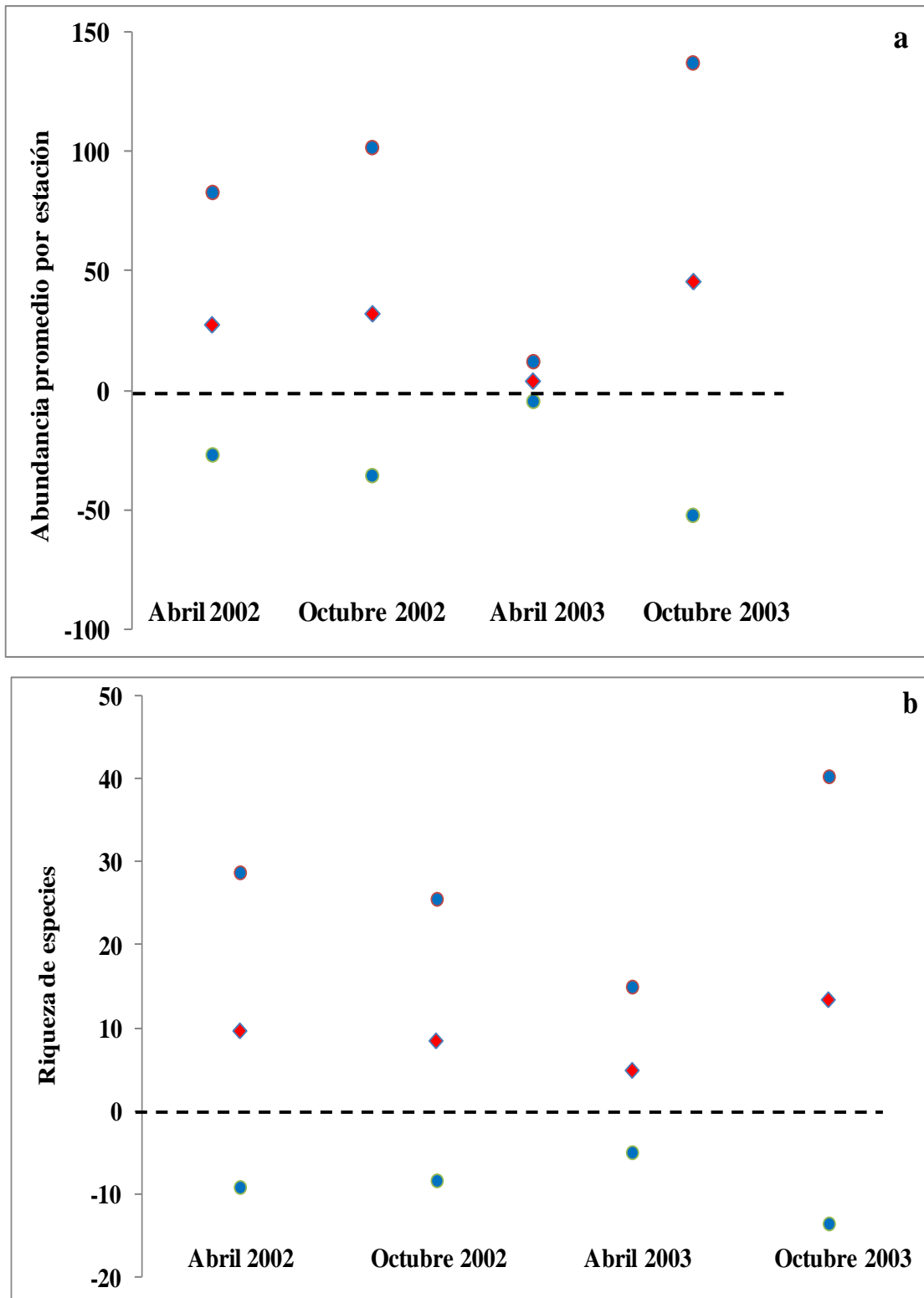


Figura 7: a) Abundancia promedio por estación y b) promedio de la riqueza de especies (en rojo), durante el periodo analizado. Asociadas con sus respectivos errores estándar (en azul). Durante los cruceros de abril y octubre de 2002-2003.

Discusión: Determinar la composición y abundancia de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California, durante la intrusión de agua subártica y del evento EL NIÑO durante el periodo 2002-2003.

La región sureña de la CC frente a las costas de la Península de Baja California, está caracterizada por ser una región de transición entre la fauna templado-subártica proveniente de la provincia Sandieguina al norte y la fauna tropical-subtropical de la provincia Mexicana al sur (Briggs, 1974; Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987). Esta condición ha sido documentada con valores altos de diversidad de especies para la zona de estudio en los trabajos de Jiménez-Rosenberg *et al.* (2010), que se refleja en 198 *taxa* (a nivel larvario) provenientes de 418 estaciones de muestreo. Mientras que para toda la región de influencia de la CC Moser & Smith (1993), registraron 249 *taxa* provenientes de 31 214 estaciones de muestreo en el periodo comprendido entre 1951 y 1984. Los 166 *taxa* identificados en el presente estudio (2002-2003) provienen de 280 estaciones de muestreo, confirmando a la zona de estudio de alta riqueza de especies de peces. Al contrastar el incremento en el número de especies con respecto al tamaño de muestra de otras regiones del Pacífico mexicano (Fig. 8), es notorio que la región de estudio presenta una menor diversidad en comparación al Golfo de California (Aceves-Medina *et al.*, 2003) y con mayor diferencia al compararlo con la de zonas tropicales como el Golfo de Tehuantepec (López-Chávez, 2010), áreas que son consideradas de muy alta diversidad para el Pacífico Americano (Castro-Aguirre *et al.*, 1995).

No obstante, la considerable cantidad de especies de peces registradas a nivel larvario en la zona de estudio, puede ser atribuida a la interacción entre la comunidad asociada a la plataforma continental de la Península de Baja California, en donde encontramos especies epipelágico-costeras y demersales como *E. mordax*, *S. sagax*, *M. productus* y *Sebastes* spp y la comunidad oceánica donde predominan especies meso y batipelágicas como *V. lucetia*, *D. laternatus* y *T. mexicanus*, entre otras. Este carácter transicional de la zona de estudio resalta su importancia como uno de los ecosistemas subtropicales de más alta diversidad en la región del Pacífico Americano, y como un centro de reproducción y crianza importante para un gran número de especies de ambientes templados y tropicales, incluyendo a especies de interés comercial (Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987; Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2010).

En general, las similitudes entre los cuatro muestreos que arrojó el coeficiente de la comunidad, indican que la mayor diferencia en cuanto a presencia-ausencia de especies está determinada por la estacionalidad (58%). Como se ha observado en trabajos anteriores para esta misma zona, las diferencias estacionales en composición de especies están determinadas principalmente por los incrementos en los valores promedio de temperaturas del mar que establecen los periodos reproductivos de las especies (Moser *et al.*, 1987) y como se corroboró en este trabajo, la estructura de la comunidad cambió en dos formas principales: 1) Durante los meses de abril de 2002 y 2003, el número de especies que componen el 80% de la abundancia es mayor con respecto a los octubre de 2002 y 2003; 2) Cambió la composición y abundancia, ya que durante los meses de abril de 2002 y 2003, en los que las especies como *E. mordax*, *S. leucopsarus*, *N. ritteri*, *S. sagax*, *B. wesethi*, *S. californiensis*, *L. stilbius* y *L. ochotensis* son dominantes, la riqueza de especies es menor con respecto a los meses de octubre de 2002-2003 en los que las especies como *V. lucetia*, *T. mexicanus* y *D. laternatus* son más abundantes (Moser *et al.*, 1987; Funes-Rodríguez *et al.*, 2006; Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2010).

De acuerdo al coeficiente de la comunidad por presencia-ausencia, la diferencia entre años fue cercana al 44% en promedio. Estas diferencias entre años estuvieron determinadas por cambios en la composición y abundancia de las especies. El número de *taxa* identificados disminuyó de 77 en abril de 2002 a 41 en abril de 2003, pero se incrementó notablemente de 71 en octubre de 2002 a 115 en octubre de 2003. Al igual que en trabajos anteriores, la disminución en el número de especies ocurrió durante el periodo frío del año (Aceves-Medina, 2003; Funes-Rodríguez *et al.*, 2006), pero el descenso más importante encontrado en este trabajo (abril de 2003) es coincidente con el periodo en el que la intrusión anómala de agua subártica estuvo presente ya en toda el área de estudio (Durazo *et al.*, 2005; Durazo, 2009).

Además del descenso en los valores promedio de la riqueza y la abundancia de las especies por estación durante abril de 2003, la variabilidad de los datos de la riqueza y abundancia (reflejados en el error estándar), es sumamente baja comparada con el resto de los muestreos, lo que indica un ambiente más homogéneo dada la predominancia en la zona de un ambiente templado, representado por las especies *S. sagax*, *E. mordax*, *S. leucopsarus* y *Sebastes* sp. 2. Por el contrario, durante octubre de 2003, se observa el incremento más notable en cuanto al número de especies pero también en cuanto al error estándar de la riqueza y

abundancia por estación de muestreo, lo que sugiere una mayor heterogeneidad ambiental, probablemente ocasionada por la combinación de la presencia de agua subártica, la presencia del fenómeno de EN y el hecho de ser el mes más cálido del año. En este sentido podríamos decir que el efecto en la composición y abundancia de las especies producido por la intrusión de ASA, es más evidente durante el periodo frío del año, en el que se enmascara el efecto del fenómeno de EN, mientras que durante el periodo cálido, la presencia de ambos fenómenos se refleja en una mayor heterogeneidad ambiental, lo que ocasiona una mayor variabilidad de los datos tanto de diversidad como de abundancia observados. Durante este periodo cálido del año, el fenómeno de EN parece dominar sobre el posible efecto causado por la invasión de ASA y se refleja en un incremento importante en la riqueza y abundancia de especies tropicales, representadas principalmente por *V. lucetia*, *T. mexicanus* y *D. laternatus*.

Estos resultados son apoyados además por la composición de la comunidad en cuanto a afinidad faunística se refiere, ya que el número de especies tropicales-subtropicales disminuyó un 14% de abril de 2002 a abril de 2003, y un 7% de octubre de 2002 a octubre de 2003. Lo mismo ocurrió con el número de especies de afinidad templado-subártica, que durante los meses de abril se incrementó un 19 % de 2002 a 2003, y en 8 % en los meses de octubre de 2002 a 2003.

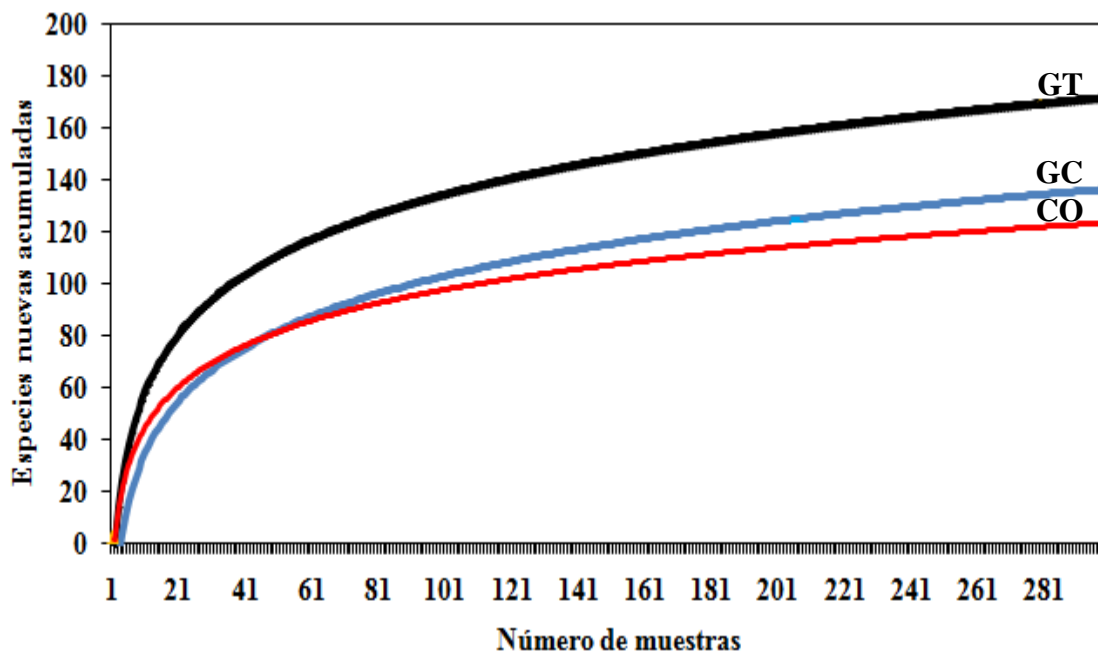


Figura 8: Curvas de aparición de especies nuevas acumuladas para tres áreas del Pacífico mexicano. En la Costa Occidental de Baja California “CO” (durante el presente trabajo), y en el Golfo de California “GC” y Golfo de Tehuantepec “GT” (Com. Pers. Aceves-Medina, G. 2011. Depto. De Plancton y Ecología Marina, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B, C, S, México).

Además de los cambios de abundancia observados entre los dos años analizados en el periodo de estudio (abril y octubre de 2002-2003), fue posible determinar cambios en las anomalías de abundancia de los *taxa* considerados como especies clave en trabajos previos, tales como *S. sagax*, *E. mordax*, *V. lucetia*, *D. laternatus* y *T. mexicanus* (Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993; Aceves-Medina, 2003; Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2010).

Las anomalías de la abundancia relativa de estas cinco especies durante el actual estudio (abril y octubre de 2002 y 2003) fue comparada con la abundancia de estas mismas especies extraída del trabajo de Jimenez-Rosenberg *et al.* (2010) para la misma región, durante abril de 1999 y 2000 y para octubre de 1998-2000, en condiciones influenciadas por el evento LN (Fig. 9). Las especies templado y/o subárticas presentaron su mayor anomalía positiva durante abril de 2000 debidas a las condiciones frías que estaban bien establecidas en la zona

por el máximo desarrollo del evento LN (Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2010), seguido por abril de 2002 y solo para el caso de *S. sagax* durante abril de 2003 (Fig. 9). De aquí se concluye que a pesar de que la invasión de ASA favoreció la reproducción de especies con afinidad a ambientes fríos, el efecto combinado que tuvo EN no permitió que estas especies fueran tan abundantes como en abril de 2000.

Por el contrario, durante los cruceros de octubre de 2002 y 2003 se presentaron las mayores anomalías positivas de las especies tropicales y/o subtropicales, lo cual puede ser atribuido a la combinación del evento EN y el factor estacional de otoño de 2003, ya que el evento EN ya estaba bien desarrollado en la región durante este periodo.

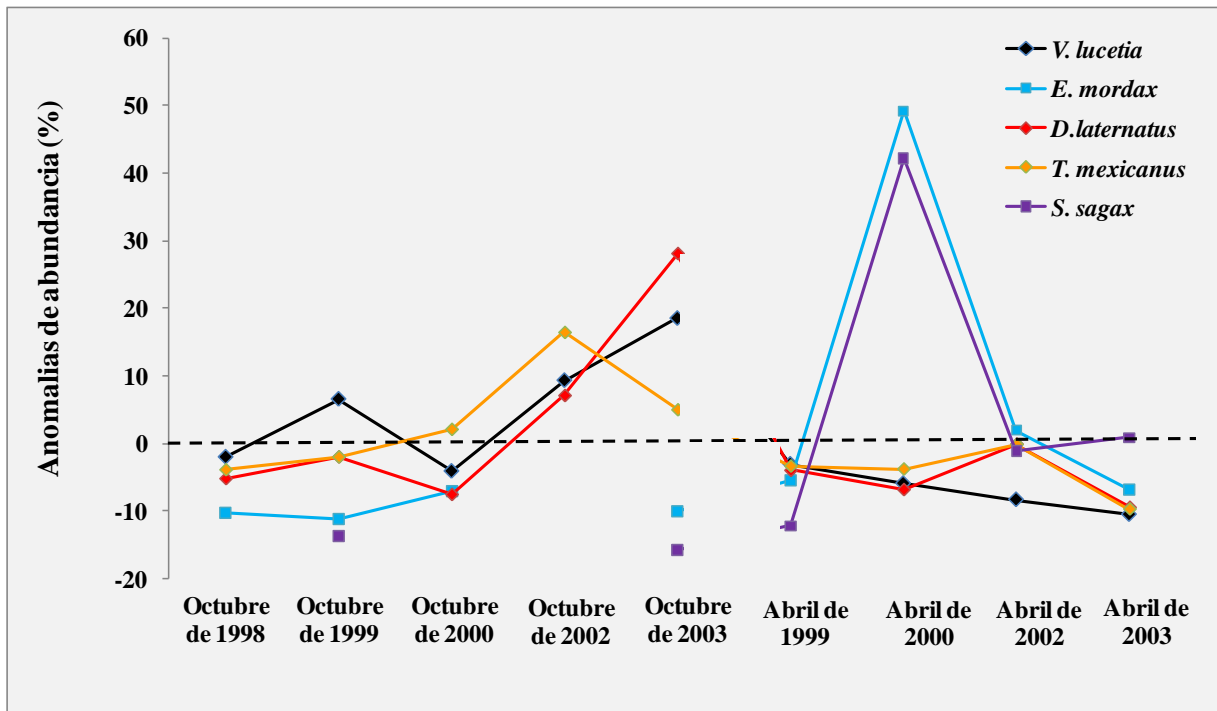


Figura 9: Anomalia de abundancia relativa de las especies *V. lucetia*, *D. laternatus*, *T. mexicanus*, *S. sagax* y *E. mordax*. Durante abril de 2002 a octubre de 2003 (este estudio) y de octubre de 1998 a octubre de 2000 (tomados de Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2010).

Al comparar la abundancia larval y el error estándar calculado por crucero para la serie de datos de IMECOCAL, de octubre de 1997 a octubre de 2000 (Com. Pers. Jimenez-Rosenberg) y abril de 2002 a octubre de 2003 (este estudio). Se distingue a octubre de 2001 y a octubre de 2003, por presentar valores de abundancia larval más elevados de la serie de

octubre por arriba del error estándar (Fig. 10), ambos concuerdan con periodos de calentamiento, el primero asociado a la transición del evento LN a condiciones EN, y el segundo asociado a la intrusión de ASA y al evento EN 2002-2004 <http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI>. En cambio, los cruceros de octubre de 1998 y 2000 se localizan por debajo del error estándar, el primero de estos coincidió con el inicio del evento frío de LN y el segundo durante el desarrollo de la misma. A pesar de que octubre de 2002 coincidió con el inicio de la intrusión de ASA y el evento EN 2002-2004, presentó valores bajos de abundancia larval cercanos a lo normal.

En lo que respecta a los cruceros de primavera, solo abril de 2000 presentó abundancias por arriba del error estándar (Fig. 10), el cual coincidió con valores de anomalías del MEI cercanos a lo normal <http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI>; a diferencia de abril de 2000, los cruceros del abril de 2001 y 2003 presentaron valores de abundancia por debajo del error estándar, pero sólo este último presentó la abundancia más baja de toda la serie (Fig. 10); la abundancia del crucero de abril de 2001 se asocia a valores de anomalías negativas en el MEI (evento LN), y la abundancia de abril de 2003 coincide con la intrusión de agua subártica y el evento EN 2002-2004 presentes en el periodo de estudio.

De acuerdo a los datos obtenidos en este trabajo, se puede concluir que el efecto combinado de el evento EN 2002-2004 y la intrusión anómala de agua subártica, afectaron de manera diferencial la composición y abundancia de larvas de peces dependiendo de la estación del año:

Durante abril de 2003, la presencia del fenomeno de EN no es detectado en la composición de especies ya que la presencia de agua subártica potencializa el enfriamiento del ecosistema durante los meses fríos, disminuyendo significativamente la riqueza y en general la abundancia de larvas de peces, lo que genera una distribución de la abundancia más homogénea espacialmente en términos de variabilidad estadística de los datos. No obstante, las especies de afinidad templado-subárticas tienden a incrementar su abundancia con respecto a años cálidos, pero no en la misma magnitud que en años caracterizados únicamente por procesos de enfriamiento del sistema, como LN.

Durante octubre de 2003, el efecto de la invasión de agua subártica no es evidente ya que el efecto de EN se potencializa con el calentamiento del sistema durante los meses cálidos, observándose un incremento significativo en la riqueza y la abundancia de especies, particularmente de ambientes tropicales y subtropicales.

Es importante hacer notar que en ninguna de las dos condiciones mencionadas se detecta la presencia de especies no registradas en la zona en los trabajos anteriores (Loeb *et al.*, 1983a, b; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993; Funes-Rodríguez *et al.*, 1998, 2002, 2006; Aceves-Medina, 2003; Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2010), por lo que la advección hacia el sur del agua subártica no parece haber sido importante como mecanismo de expatriación o transporte de especies raras.

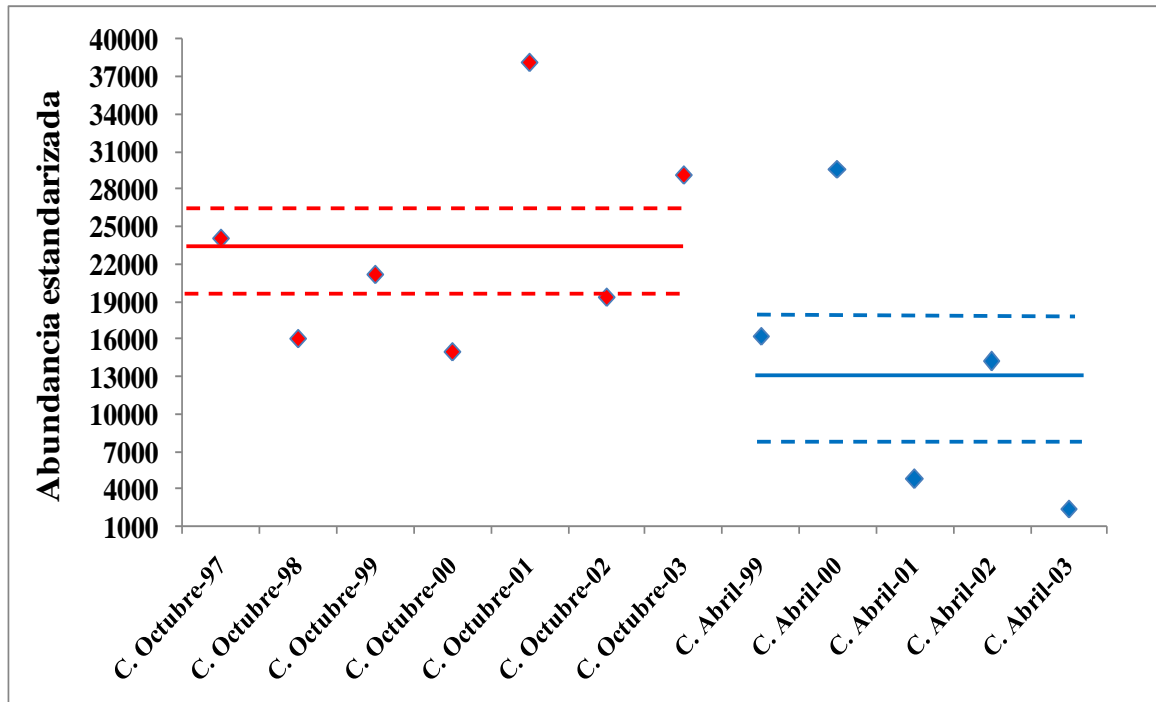


Figura 10: Abundancia de larvas por crucero en dos periodos; abril de 2002 a octubre de 2003 (este estudio) y de octubre de 1998 a octubre de 2000 (proporcionados por Jimenez-Rosenberg 2011). Valor promedio por crucero (rombos), valor promedio para el mes de octubre y abril (línea continua) y el error estándar (línea discontinua) para el mes de octubre (rojo) y el mes de abril (azul).

Resultados: Determinar el efecto que ejercen las variables ambientales en la distribución de larvas de peces en la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.

Los resultados obtenidos para el ACC de abril de 2002, mostraron que la varianza explicada para los tres ejes fue de 25 %, pero sólo el eje 1 explicó el 18 % de la varianza. Las tres variables analizadas se correlacionaron negativamente con el eje 1 con valores de $r \geq 0.55$, no obstante, sólo la temperatura superficial tuvo una correlación importante ($r = -0.85$), seguida por la salinidad superficial ($r = 0.66$) (Tabla 4). El diagrama de dispersión en modo R (Fig. 11), mostró que las especies de afinidad tropical-subtropical se encontraron asociadas a sitios de mayor temperatura, ubicándose en el extremo negativo del eje 1, mientras que las especies de afinidad templada y/o subártica se distribuyeron a la derecha del mismo eje. Sin embargo, la correlación entre los gradientes de abundancia y de temperatura fue más evidente al seleccionar las especies con valores de $r \geq 0.5$, donde las especies *V. lucetia*, *D. laternatus*, *C. signata* y *Stomias atriventer* incrementaron su abundancia hacia la región cálida de la región de estudio, mientras que las especies *E. mordax*, *M. productus*, *C. sordidus*, *L. stilbius*, *S. leucopsarus*, *L. ochotensis*, *Protomyctophum crockeri*, *Oxijulis californica*, *Sebastes* sp.1 y *Sebastes* sp. 2, lo hicieron hacia las regiones más frías. Se observó también que la mayor parte de las especies abundantes y frecuentes de este cruceo fueron especies de distribución oceánica, no obstante aquellas especies epipelágicas costeras (*E. mordax*) y demersales (*M. productus*, *C. sordidus* y *Sebastes* sp. 1) se encontraron hacia el lado positivo de los ejes 1 y 2.

Con respecto al diagrama de dispersión en modo Q se evidenció que la localización de las estaciones con valores de correlación ≥ 0.5 se ubicaron a la izquierda y derecha del eje 1 (Fig. 12), reflejando dos áreas coincidentes con el gradiente térmico (Fig. 13). Se observó una zona costera que se amplía hacia la zona oceánica al norte de la región de estudio que correspondió al área de distribución de las especies de afinidad templado-subártica, mientras que la zona oceánica correspondió al área de las especies de afinidad tropical-subtropical. La separación de ambas zonas fue delimitada por la isoterma de los 16 °C (Fig. 13).

Tabla 4: Valores de correlación del Análisis Canónico de Correspondencias entre la abundancia de especies de larvas de peces y estación, y la temperatura superficial (ST), salinidad superficial (SS) y profundidad de la capa de mezcla (PCM) para el periodo de abril de 2002 a octubre de 2003.

Crucero de abril de 2002	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigen Valor	0.62	0.17	0.07
Varianza Explicada (%)	18.20	5.10	2.10
Varianza Acumulada (%)	18.20	23.20	25.40
Variables Ambientales	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Temperatura Superficial	-0.85	0.10	-0.18
Salinidad Superficial	-0.66	0.38	0.19
Profundidad Capa de Mezcla	-0.55	-0.32	0.31
Crucero de octubre de 2002			
Eigen Valor	0.20	0.03	0.01
Varianza Explicada (%)	9.70	1.60	0.30
Varianza Acumulada (%)	9.70	11.30	11.60
Variables Ambientales	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Temperatura Superficial	-0.76	-0.06	0.04
Salinidad Superficial	0.13	0.35	0.58
Profundidad Capa de Mezcla	-0.48	0.16	-0.25
Crucero de abril de 2003			
Eigen Valor	0.68	0.08	0.03
Varianza Explicada (%)	20.50	2.40	1.10
Varianza Acumulada (%)	20.50	22.90	24.00
Variables Ambientales	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Temperatura Superficial	0.80	0.14	-0.12
Salinidad Superficial	0.33	0.46	-0.02
Profundidad Capa de Mezcla	0.76	-0.16	0.15
Crucero de octubre de 2003			
Eigen Valor	0.46	0.24	0.06
Varianza Explicada (%)	15.10	7.70	2.00
Varianza Acumulada (%)	15.10	22.80	24.80
Variables Ambientales	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Temperatura Superficial	0.39	0.56	-0.20
Salinidad Superficial	0.08	0.76	-0.11
Profundidad Capa de Mezcla	-0.23	-0.14	-0.40

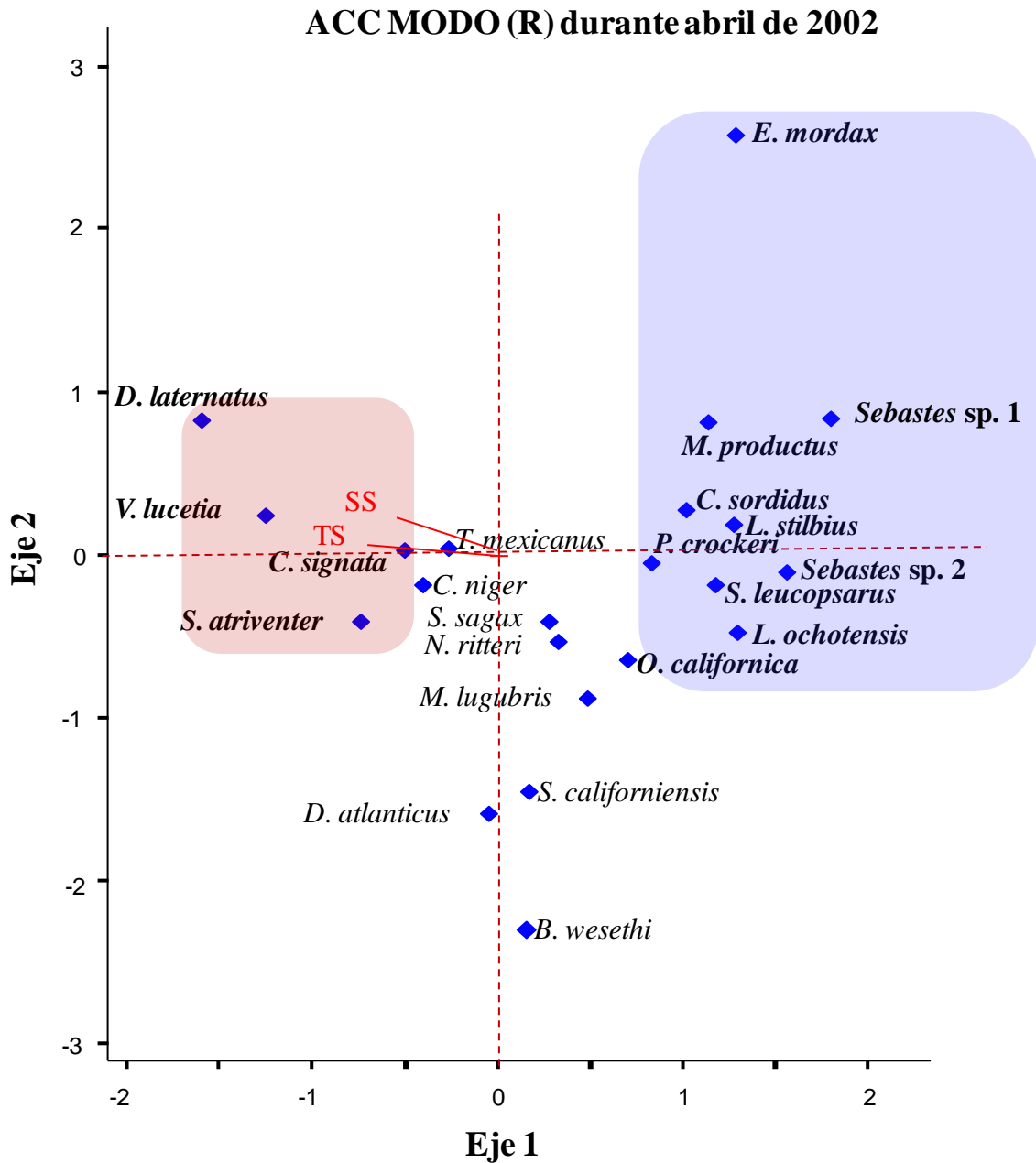


Figura 11: Diagrama de dispersión de larvas de peces por especie con respecto a la temperatura superficial (TS) y a la salinidad superficial (SS) para abril de 2002. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y especies correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).

ACC MODO (Q) durante abril de 2002

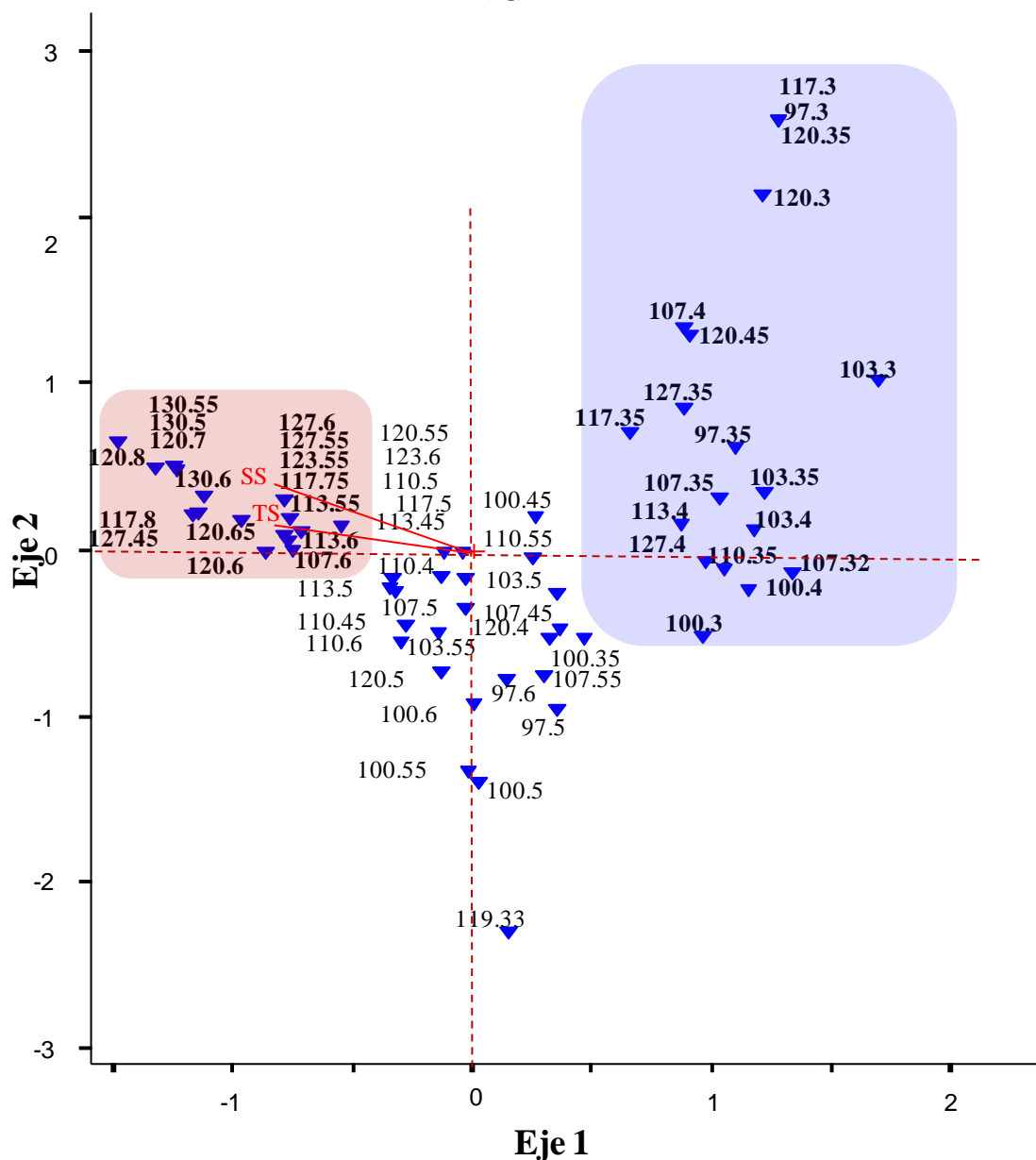


Figura 12: Diagrama de dispersión de las estaciones de muestreo con respecto a la temperatura superficial (TS) y salinidad superficial (SS) para abril de 2002. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Estaciones correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y estaciones correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).

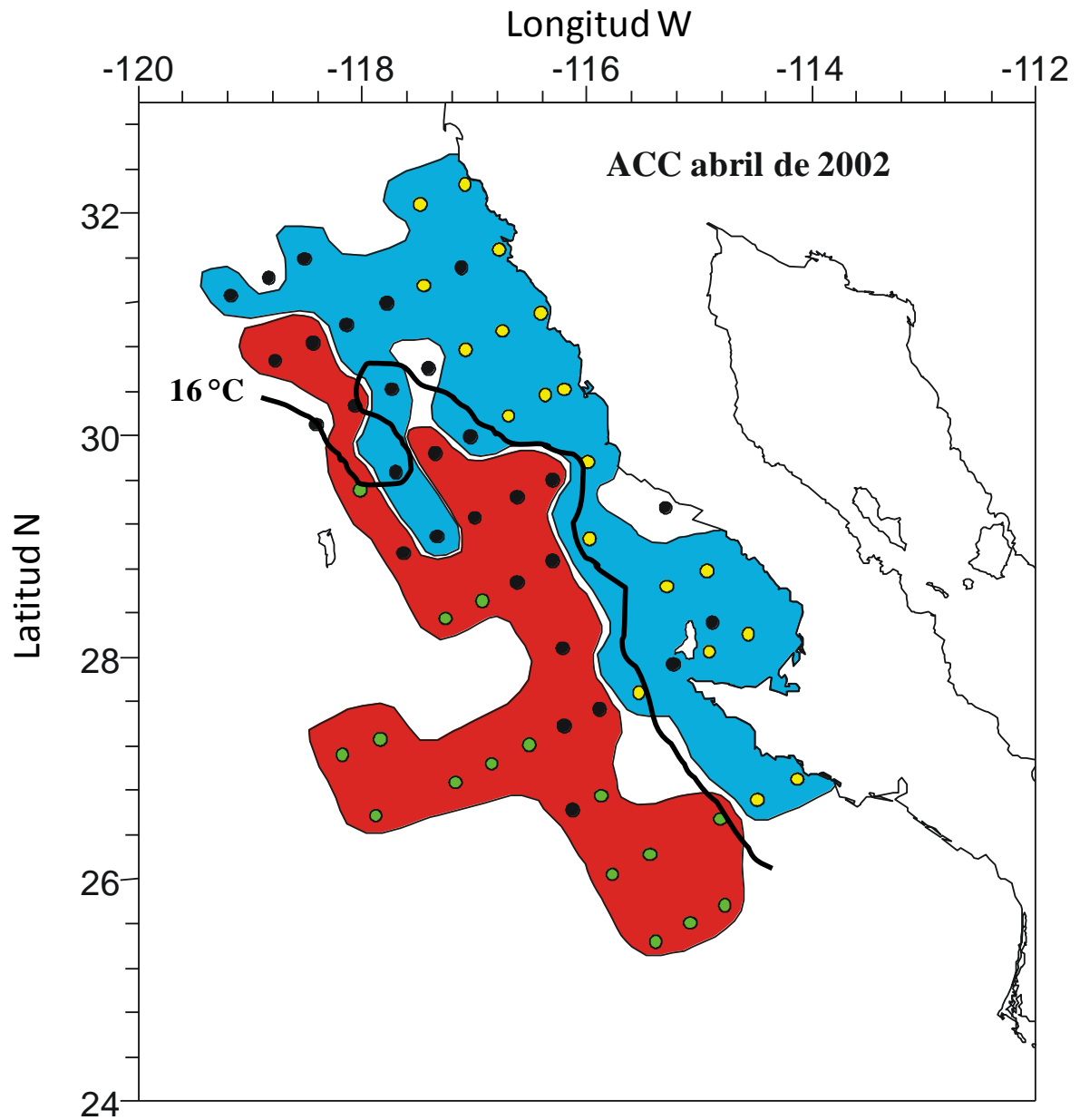


Figura 13: Distribución de grupos de estaciones de muestreo derivadas del Análisis Canónico de Correspondencias con respecto a la temperatura superficial (TS) para el crucero de abril de 2002. Estaciones asociadas a sitios con temperaturas elevadas (en fondo rojo) y estaciones asociadas a sitios con temperaturas bajas (en fondo azul). Estaciones con mayor correlación con respecto a la temperatura superficial (en punto amarillo y verde). Distribución de la isoterma de 16 °C (línea continua en color negro).

Los resultados para octubre de 2002, mostraron que la varianza explicada por el ACC fue de 11 % para los tres ejes, pero sólo el eje 1 explicó el 10 % de la varianza. De las tres variables analizadas, la temperatura superficial tuvo una correlación importante ($r = -0.76$) en el eje 1 (Tabla 4). El diagrama de dispersión en modo R (Fig. 14), mostró que las especies de afinidad tropical-subtropical se encontraron asociadas a sitios de mayor temperatura ubicándose en el extremo negativo del eje 1, mientras que a la derecha de este eje, hubo mezcla de afinidades, donde la mayoría fueron de afinidad templada y/o subártica. Sin embargo, la correlación entre los gradientes de abundancia y de temperatura fue más evidente al seleccionar las especies con valores de $r \geq 0.5$, donde las especies *V. lucetia*, *D. laternatus*, *Gonichthys tenuiculus* y *Nannobrachium idostigma* incrementaron su abundancia hacia la región cálida de la región de estudio, mientras que *Lestidipos ringens*, *Melamphaes lugubris*, *N. ritteri*, *S. californiensis*, *B. wesethi*, *P. crockeri*, *T. mexicanus*, *Ciclothone acclinidens*, *C. signata*, *Diaphus pacificus*, *Ceratoscopelus townsendi* y *Diogenichthys atlanticus* se asociaron a las temperaturas más bajas.

El diagrama de dispersión en modo Q, mostró estaciones con valores de correlación ≥ 0.5 localizados a la izquierda y derecha del eje 1 (Fig. 15). La distribución de estas estaciones reflejó dos áreas principales relacionadas con el gradiente térmico (Fig. 16). La primera de ellas, la región norteña que terminó en las inmediaciones de Bahía Sebastián Vizcaíno, correspondió con el área de distribución de las especies de afinidad templada y/o subártica, y la segunda, la región sureña que se extendió hacia el sur de Punta Eugenia, correspondió al área de las especies de afinidad tropical y/o subtropical. La separación entre ambas regiones fue delimitada por la isoterma de los 19.5 °C (Fig. 16).

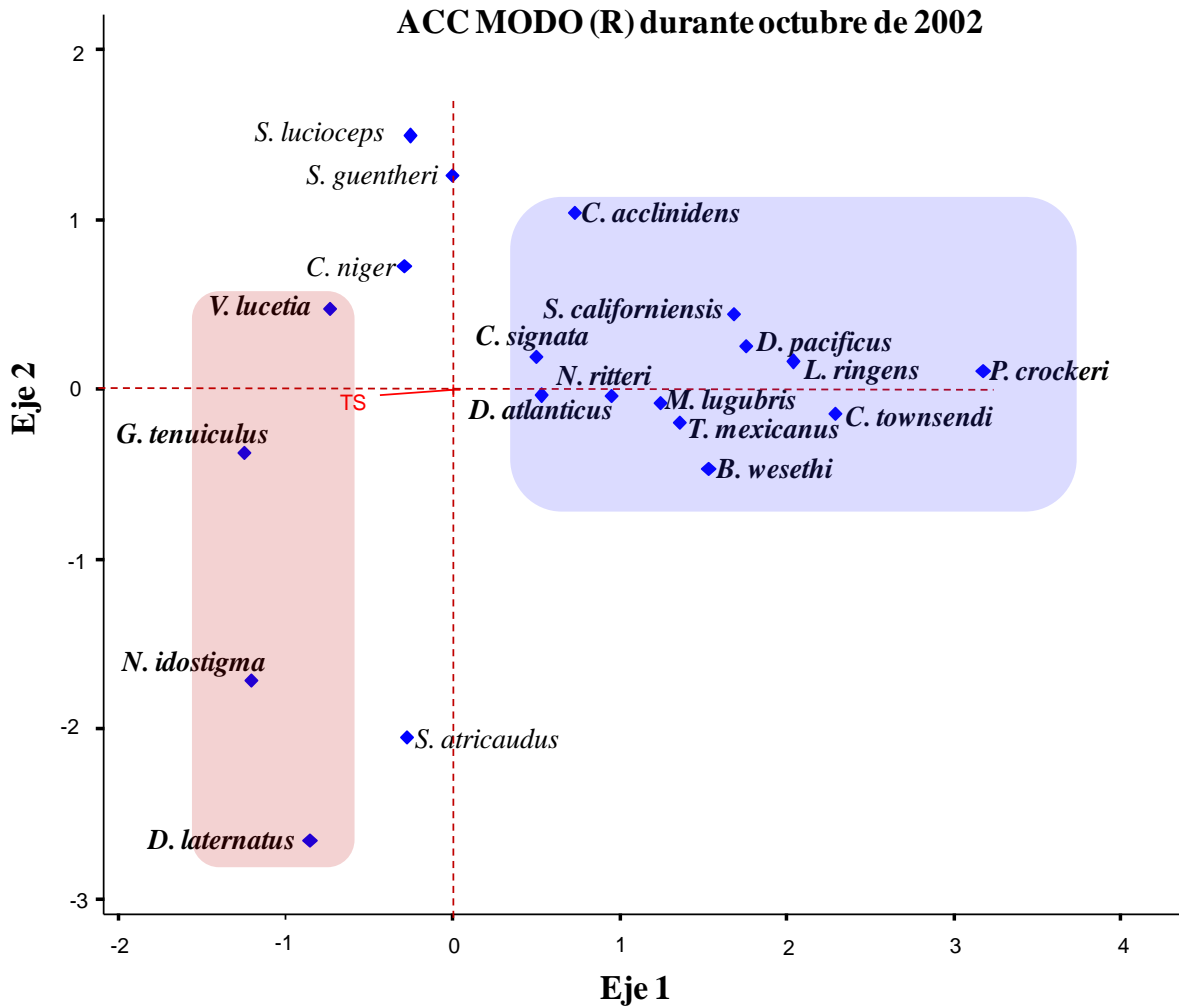


Figura 14: Diagrama de dispersión de larvas de peces por especie con respecto a la temperatura superficial (TS) para octubre de 2002. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y especies correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).

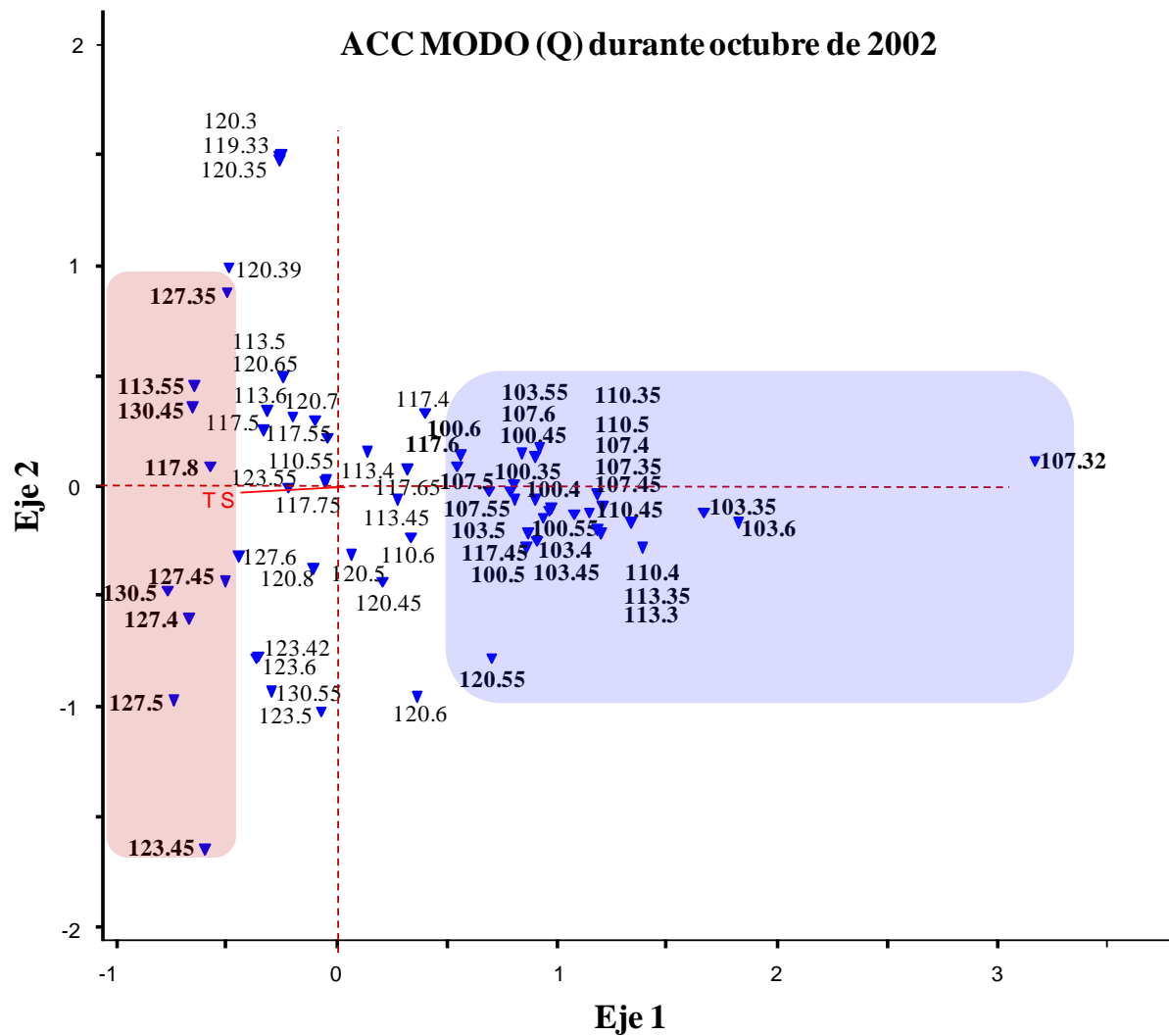


Figura 15: Diagrama de dispersión de las estaciones de muestreo con respecto a la temperatura superficial (TS) para octubre de 2002. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Estaciones correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y estaciones correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).

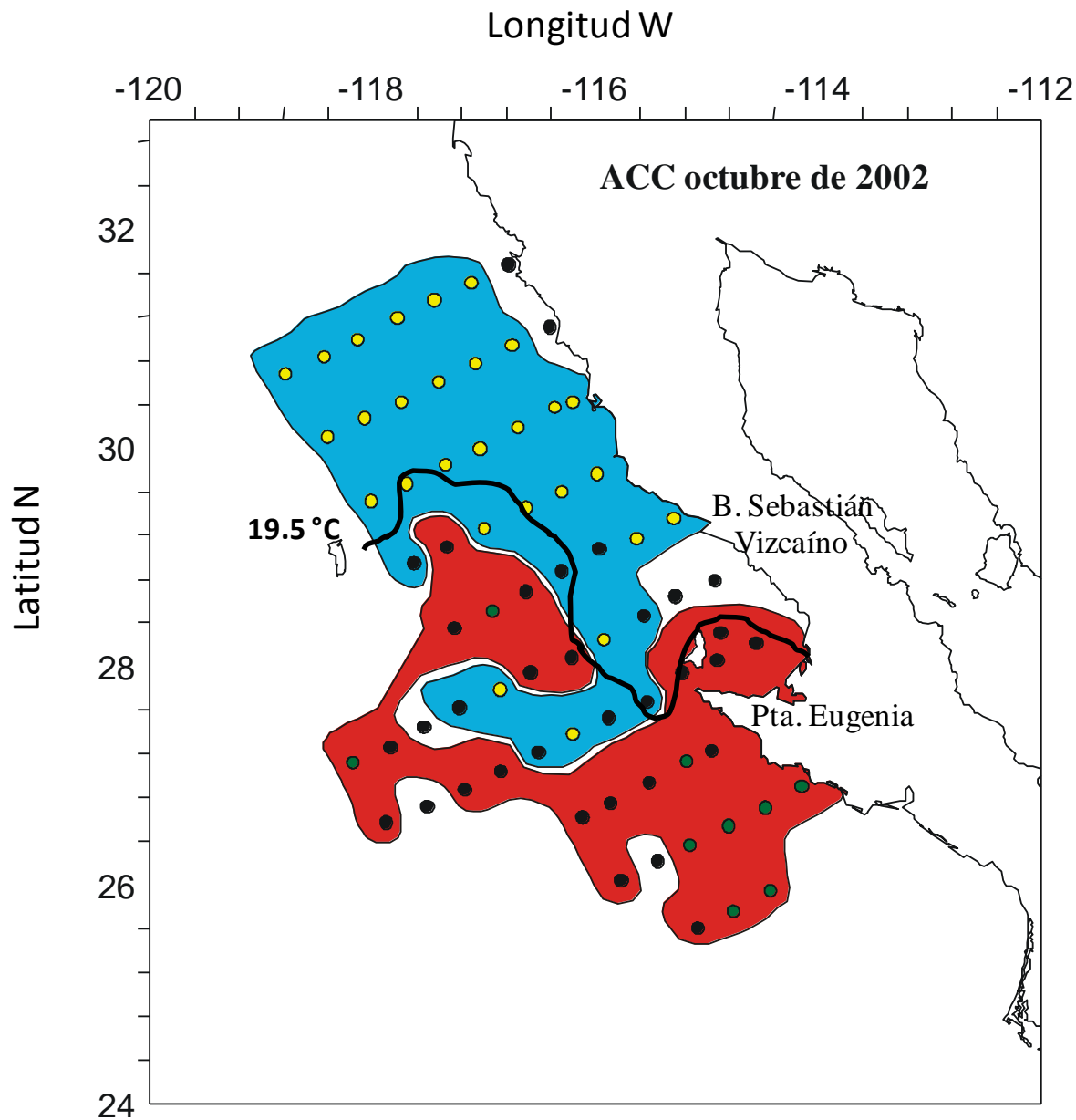


Figura 16: Distribución de grupos de estaciones de muestreo derivadas del Análisis Canónico de Correspondencias con respecto a la temperatura superficial (TS) para el crucero de octubre de 2002. Estaciones asociadas a sitios con temperaturas elevadas (en fondo rojo) y estaciones están asociadas a sitios con temperaturas bajas (en fondo azul). Estaciones con mayor correlación con respecto a la temperatura superficial (puntos en amarillo y verde). Distribución de la isoterma de 19.5 °C (línea continua en color negro).

El ACC para abril de 2003 mostró que la varianza explicada para los tres ejes fue de 24 %, pero sólo el eje 1 explicó el 20.50 % de la varianza. Sólo la temperatura superficial ($r = 0.80$) y la profundidad de la capa de mezcla ($r = 0.76$) tuvieron una correlación importante con el eje 1 (Tabla 4). En el diagrama de dispersión en modo R (Fig. 17), se observó que las especies de afinidad tropical-subtropical se ubicaron en el extremo derecho del eje 1, donde estuvieron asociadas a sitios de temperatura mayor y profundidad de la capa de mezcla mayor, mientras que las especies de afinidad templada y/o subártica fueron localizadas a la izquierda del mismo eje, asociadas a sitios de temperatura menor y profundidad menor de la capa de mezcla. La correlación entre los gradientes de abundancia, temperatura superficial y profundidad de la capa de mezcla fue más evidente al seleccionar las especies con valores de $r \geq 0.5$, donde las especies *V. lucetia*, *D. laternatus*, *C. signata*, *T. mexicanus* y *B. wesethi* se asociaron a temperaturas más altas, mientras que *E. mordax*, *S. sagax*, *L. ochotensis*, *Sebastes* sp.2 y *Sebastes* sp.3 se asociaron a temperaturas más bajas.

El diagrama de dispersión en modo Q mostró que la localización de las estaciones a la izquierda y derecha del eje 1, con valores de correlación ≥ 0.5 (Fig. 18), reflejaron dos áreas principales relacionadas con el gradiente térmico (Fig. 19). 1). La primera de ellas, en la zona costera que se amplió hacia la zona oceánica al norte de la región de estudio, que correspondió a la zona de distribución de las especies de afinidad templada-subártica, y la segunda, la zona oceánica que correspondió a las especies de afinidad tropical-subtropical. La separación entre ambas regiones fue delimitada por la isoterma de los 16 °C (Fig. 19).

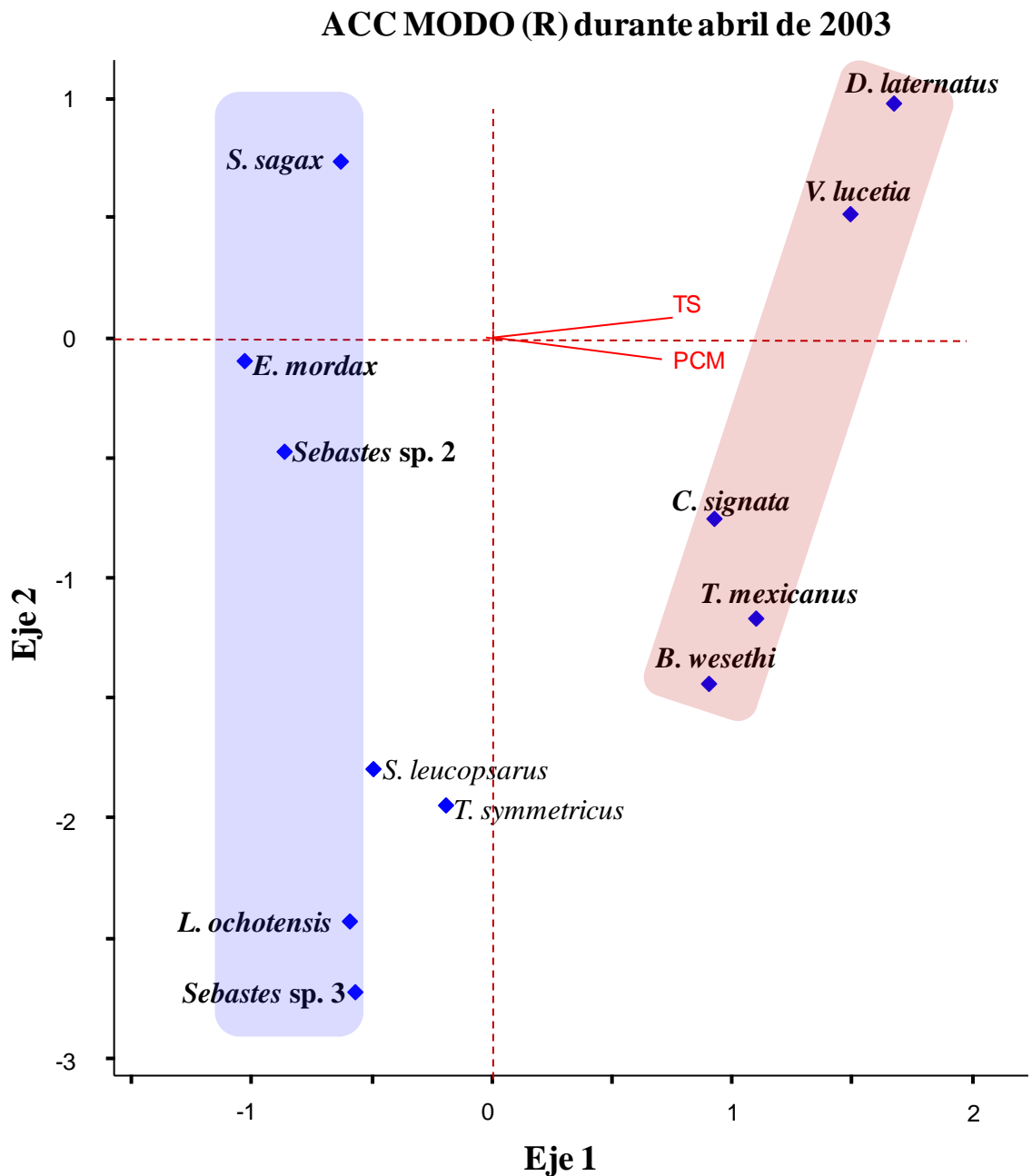


Figura 17: Diagrama de dispersión de larvas de peces por especie con respecto a la temperatura superficial (TS) y a la profundidad de capa de mezcla (PCM) para abril de 2003. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas y PCM profunda (en fondo rosa) y especies correlacionadas con bajas temperaturas y PCM somera (en fondo azul).

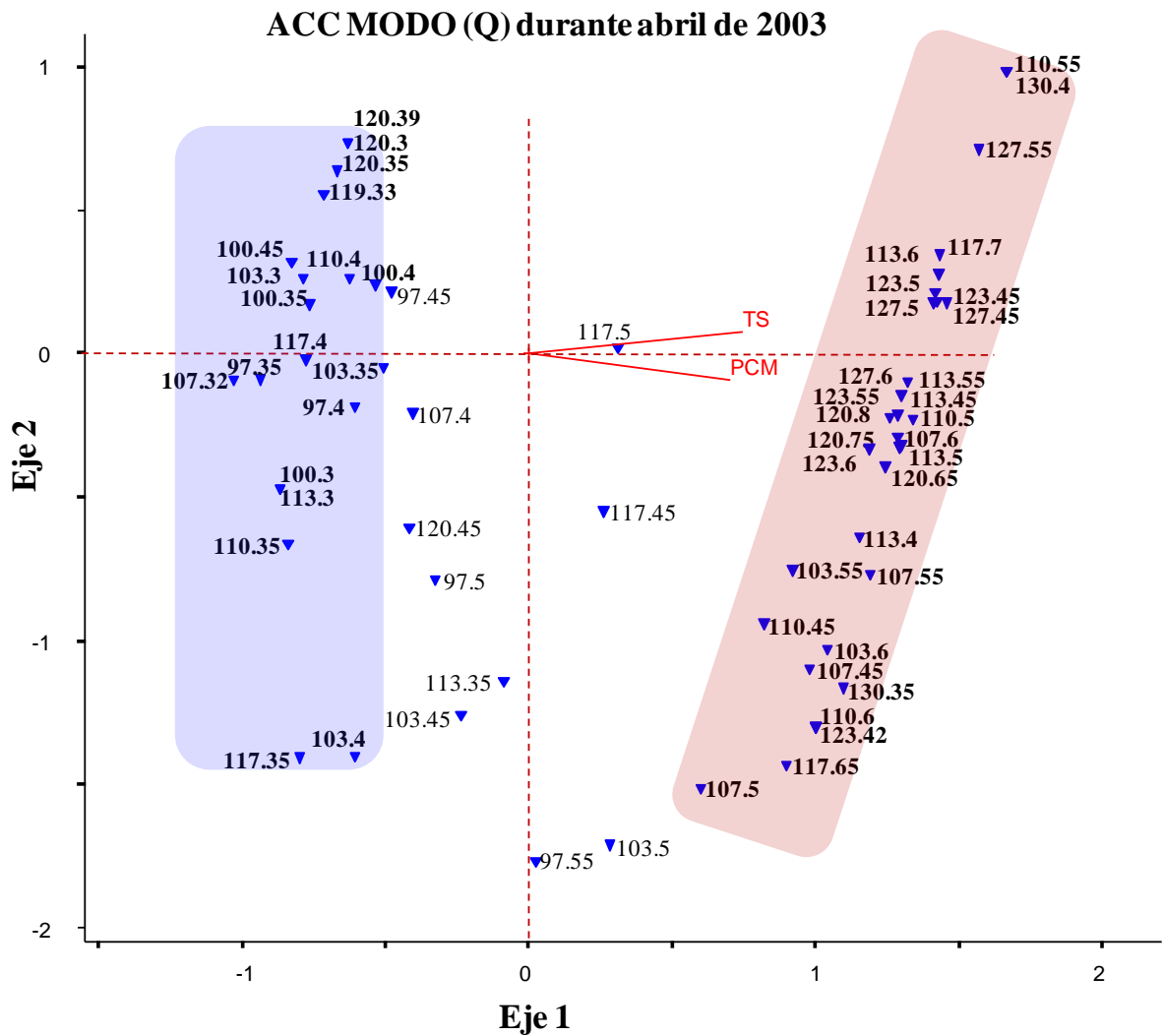


Figura 18: Diagrama de dispersión por estaciones con respecto a la temperatura superficial (TS) y a la profundidad de capa de mezcla (PCM) para abril de 2003. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas y PCM profunda (en fondo rosa) y especies correlacionadas con temperaturas bajas y PCM somera (en fondo azul).

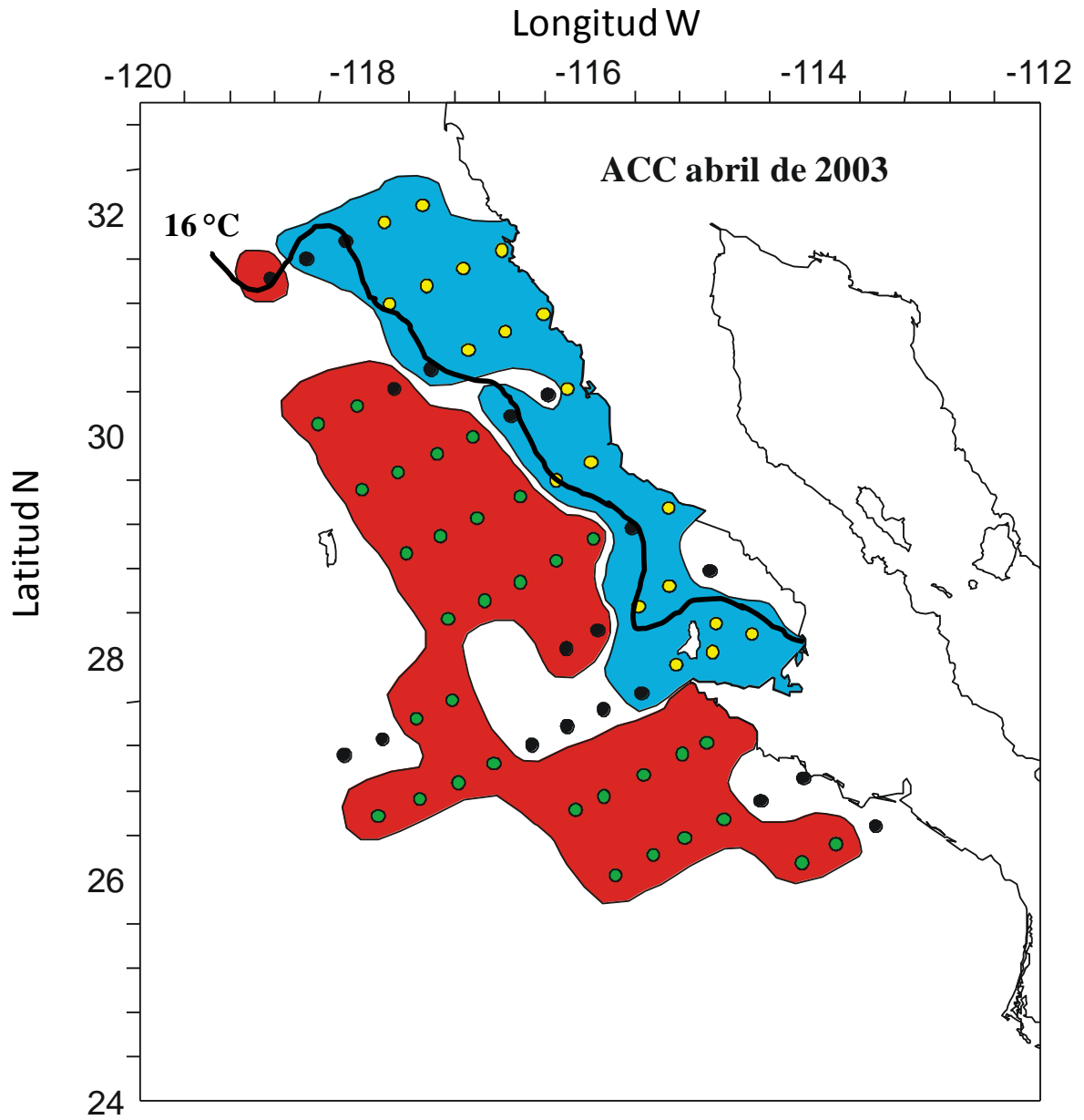


Figura 19: Distribución de grupos de estaciones de muestreo derivadas del derivadas del Análisis Canónico de Correspondencias con respecto a la temperatura superficial (TS) y profundidad de la capa de mezcla (PCM) para el crucero de abril de 2003. Estaciones asociadas a sitios con temperaturas elevadas y PCM mayor (en fondo rojo) y estaciones asociadas a sitios con temperaturas bajas y PCM somera (en fondo azul). Estaciones con mayor correlación con respecto a la TS y PCM (puntos en amarillo y verde). Distribución de la isoterma de 16 °C (línea continua en color negro).

El ACC para octubre de 2003, mostró una varianza explicada para los tres ejes de 25 %, pero sólo el eje 1 explicó el 15 % de la varianza. Ninguna de las tres variables analizadas tuvo una correlación importante con el eje 1, pero la salinidad ($r = 0.76$) y la temperatura superficial del mar ($r = 0.56$) estuvieron correlacionadas con el eje 2, que explicó el 7.7% de la varianza (Tabla 4). El diagrama de dispersión en modo R (Fig. 20), mostró que las especies de afinidad tropical-subtropical se encontraron asociadas a sitios de temperatura y salinidad mayor, ubicándose en el extremo positivo del eje 1, mientras que a la izquierda de este eje se encontraron las especies de afinidad templada y/o subártica. Sin embargo, la correlación entre los gradientes de abundancia, temperatura y salinidad fueron más evidentes cuando se seleccionó las especies con valores de $r \geq 0.5$, donde las especies *T. nitens*, *G. tenuiculus*, *S. atriventer*, *P. crockeri*, *Hygophum atratum*, *Symphurus atricaudus*, *Chiasmodon niger*, *Loweina rara* y *Lampadena urophaos* incrementaron su abundancia en la zona de estudio hacia la zona cálida y más salina, mientras que *S. lucioceps*, *N. ritteri*, *S. californiensis*, *L. ringens*, *Diaphus theta*, *Citharichthys stigmaeus* y *Chilara taylori*, lo hicieron hacia las zonas donde las temperaturas fueron más bajas y la salinidad fue menor.

El diagrama de dispersión en modo Q, mostró que aquellas estaciones con valores de correlación ≥ 0.5 , reflejaron dos áreas principales relacionadas con el gradiente térmico y salino (Fig. 21). La localización geográfica de las estaciones a la izquierda y derecha del eje 1, mostraron una separación del área de estudio en una zona costera-norteña desde Ensenada hasta Bahía Sebastián Vizcaíno correspondiente al área de distribución de las especies de afinidad templada y/o subártica, y una zona que incluyó estaciones oceánicas al norte de Punta Eugenia y se extendió hasta la costa al sur, la cual correspondió al sitio de distribución de las especies de afinidad tropical y/o subtropical (Fig. 22). La delimitación de ambas faunas fue establecida por la isoterma de los 20.5 °C (Fig. 22).

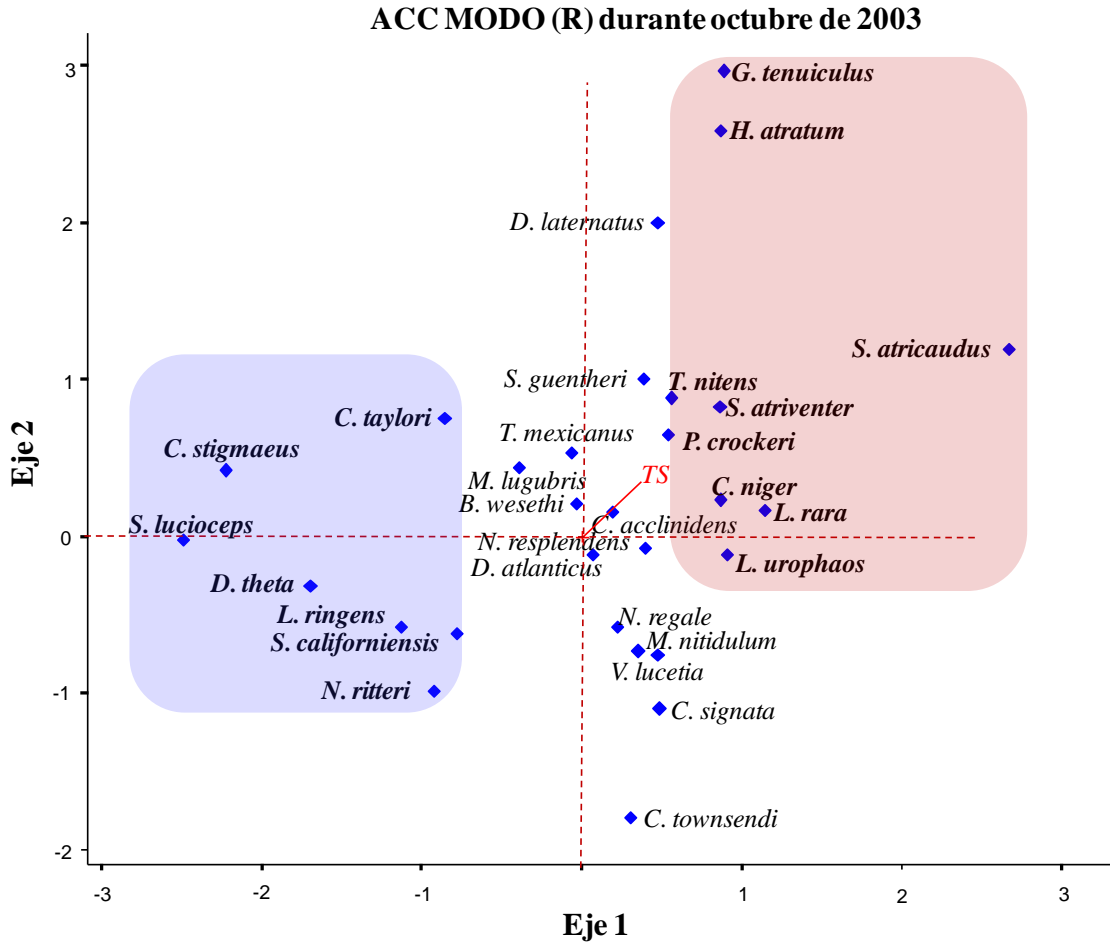


Figura 20: Diagrama de dispersión de larvas de peces por especie con respecto a la temperatura superficial (TS) para octubre de 2003. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y especies correlacionadas con temperaturas bajas (en fondo azul).

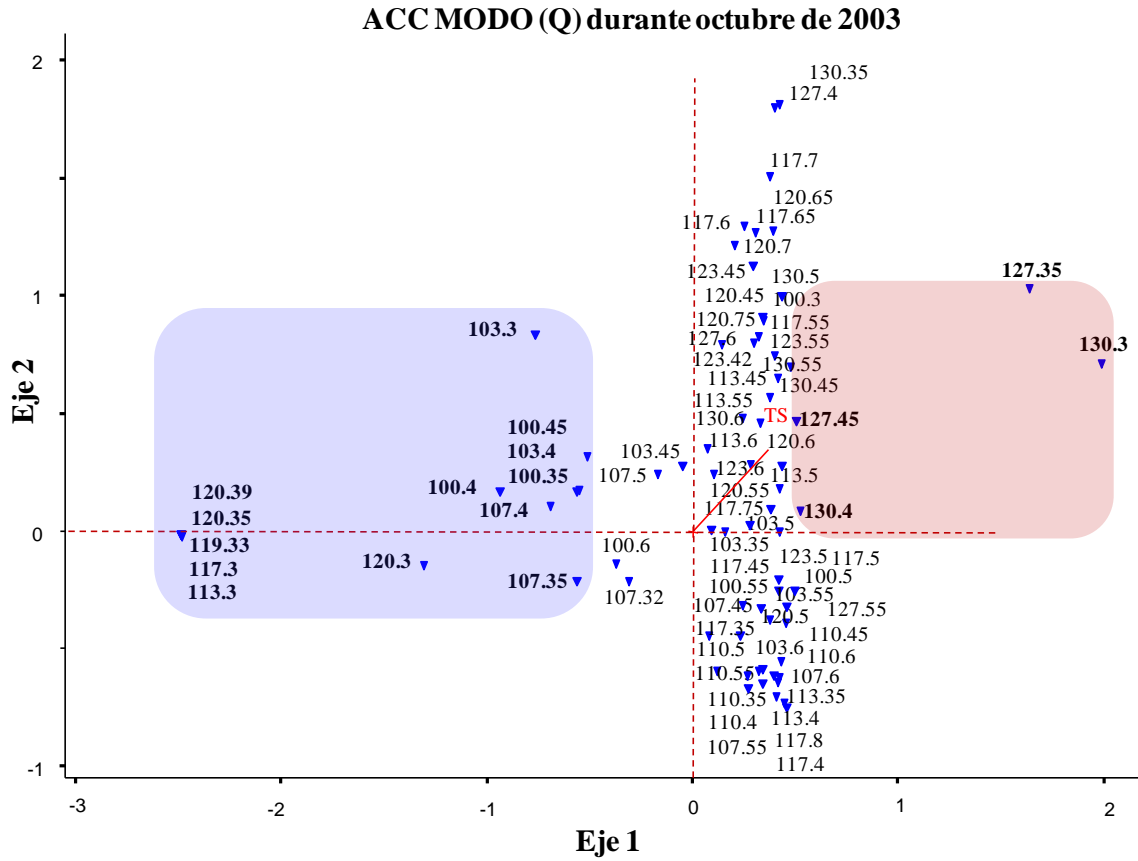


Figura 21: Diagrama de dispersión por estaciones con respecto a la temperatura superficial (TS) para octubre de 2003. En negritas las especies con mayor correlación ($r \geq 0.5$). Especies correlacionadas con temperaturas altas (en fondo rosa) y especies correlacionadas con bajas temperaturas (en fondo azul).

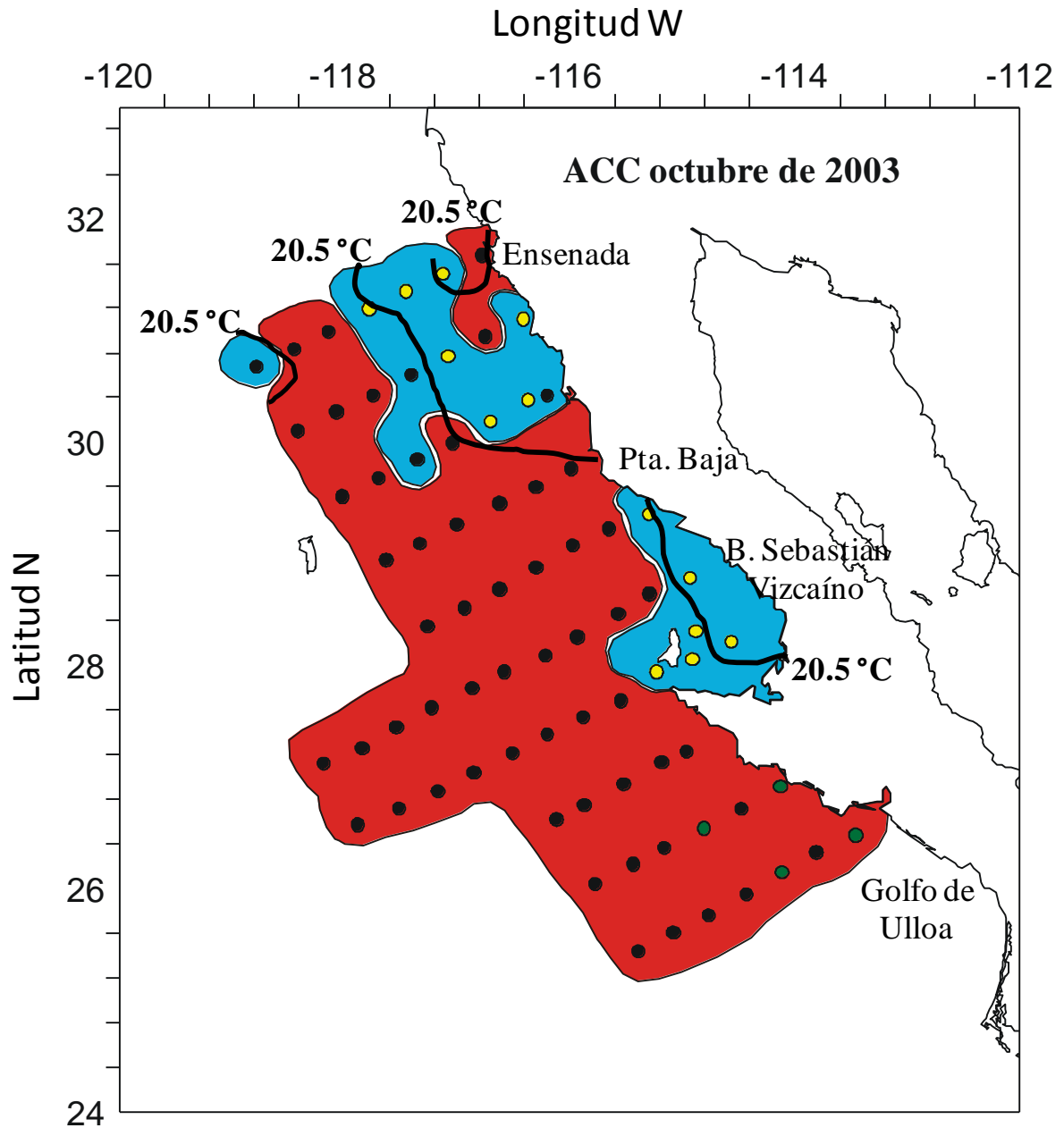


Figura 22: Distribución de grupos de estaciones de muestreo derivadas del Análisis Canónico de Correspondencias con respecto a la temperatura superficial para el crucero de octubre de 2003. Estaciones asociadas a sitios con temperaturas elevadas (en fondo rojo) y estaciones asociadas a sitios con temperaturas bajas (en fondo azul). Estaciones con mayor correlación con respecto a la TS (en puntos en amarillo y verde). Distribución de la isoterma de 20.5 °C (línea continua en color negro).

Discusión: Determinar el efecto que ejercen las variables ambientales en la distribución de larvas de peces en la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.

Diversos estudios han demostrado que la composición de especies y los gradientes espaciales de la abundancia de larvas de peces de la costa occidental de la Península de Baja California están gobernados de manera muy importante por los gradientes térmicos (Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993; Aceves-Medina, 2003; Jiménez-Rosenberg, 2008). Esta dependencia con la temperatura es producto de la formación de complejos de especies de peces característicos de la fauna norteña de afinidad templada-subártica y de la fauna sureña de afinidad tropical-subtropical, que traslapan sus áreas de distribución en la proximidad de Bahía Sebastián Vizcaíno (Moser *et al.*, 1987; Aceves-Medina, 2003).

Bajo este marco general, se ha demostrado que durante fenómenos como EN y LN, estos grupos faunísticos presentan cambios latitudinales en concordancia con el desplazamiento de las masas de agua (Moser & Smith, 1993; Funes-Rodríguez *et al.*, 1998; 2002, 2006; Jiménez-Rosenberg, 2008). De esta forma, especies como *V. lucetia* extiende su área de distribución hacia el norte durante periodos cálidos, mientras que la distribución de *S. sagax* se extiende hacia el sur en periodos fríos (Aceves-Medina, 2003). Los resultados de la presente investigación mostraron el mismo comportamiento, donde especies como *S. sagax* y *E. mordax* se distribuyeron al sur de la región de estudio en abril de 2002 y abril de 2003 en condiciones ambientales frías y las especies *V. lucetia* y *D. laternatus* se distribuyeron al norte de dicha región en los meses de octubre de 2002 y octubre de 2003 en condiciones ambientales más cálidas.

Loeb *et al.* (1983b) y Moser *et al.* (1987 y 1993) mencionan que durante la primavera, las larvas de peces del SCC, se distribuyeron conforme al gradiente longitudinal (costa-océano), lo cual también fue observado en el presente estudio en los meses de abril de 2002 y 2003, donde las especies templado-subártica como *E. mordax*, *S. sagax*, *L. ochotensis*, *L. stilbius*, *M. productus* y *Sebastes* spp. fueron representativas de la región norteña (entre Ensenada y Punta Baja) y de la región costera (entre Ensenada y Bahía Sebastián Vizcaíno). Así mismo, la distribución de las larvas de las especies de afinidad tropical-subtropical como

D. laternatus, *V. lucetia*, *C. signata*, *T. mexicanus*, *S. atriventer* y *B. wesethi* fueron observadas con este gradiente costa-océano y delimitadas hacia la parte sur de Punta Eugenia y hacia la zona oceánica norteña, áreas donde estas especies fueron muy abundantes y frecuentes.

Al respecto, Funes-Rodríguez *et al.* (2002) y Aceves-Medina (2003) han determinado que durante la primavera, los gradientes de distribución costa-océano de las larvas de peces al sur de la CC están fuertemente definidos por los procesos de surgencia y por el flujo principal de la CC. De forma similar, durante los meses de abril de 2002 y de 2003 del presente estudio, se observó que el límite entre las regiones obtenidas a partir de los diagramas de dispersión por estaciones de muestreo derivadas del ACC coincide con la isoterma de los 16 °C.

Es importante observar que en trabajos anteriores, el análisis de las asociaciones de larvas de peces mostró que para la primavera no parece haber una marcada relación entre los gradientes de abundancia con las isotermas de temperatura. Ahlstrom (1960), Moser & Pommeranz (1998), Aceves-Medina (2003), Funes *et al.* (2009) y Goericke *et al.* (2007) no establecen la utilidad de la isoterma de los 16 °C para delimitar la distribución de las especies *E. mordax*, *S. sagax* y *M. productus*. Como resultado de la presente investigación se propone el uso de la isoterma de los 16 °C como criterio para establecer los límites de distribución de dichas faunas durante los meses de primavera.

Loeb *et al.* (1983b), explican que durante el verano-otoño las larvas de peces se distribuyeron conforme a un gradiente latitudinal (norte-sur), lo cual fue corroborado en el presente estudio para octubre de 2002, en donde se identificaron dos comunidades de larvas de peces; la primera estuvo conformada por especies de afinidad templado-subártica, representada por *L. ringens*, *M. lugubris*, *N. ritteri*, *C. townsendi*, *S. californiensis* y *B. wesethi* y la segunda comunidad se constituyó por especies de afinidad tropical-subtropical, tales como *V. lucetia*, *D. laternatus*, *G. tenuiculus* y *N. idostigma*. El límite entre las regiones obtenidas a partir de la gráfica de dispersión por estaciones es coincidente espacialmente con la isoterma de los 19.5 °C, que en su posición más norteña se encontró en la región oceánica frente a Punta Baja (Fig. 16).

En Octubre de 2003, se siguen registrando componentes de ambas comunidades, pero la comunidad tropical-subtropical predominó en prácticamente toda la región de estudio, lo cual puede ser atribuido a la disminución de la intensidad de la CC (Durazo *et al.*, 2010). La escasa presencia (dos núcleos aislados) de la comunidad templada-subártica en la proximidad de Ensenada y Bahía Sebastián Vizcaíno, puede ser explicada por el debilitamiento la CC y la presencia de flujos costeros hacia el norte, como los que se observan en este periodo en el flujo geostrofico superficial y que se ha comprobado que se desarrollan desde la zona de Bahía Magdalena (Zaitzev *et al.*, 2007) y favorecen el desarrollo de giros en la zona norte (Durazo *et al.*, 2010). El giro ciclónico que comúnmente se presenta al sur de Punta Eugenia, se localizó hacia latitudes más norteñas (al sur de Punta Baja). Es importante resaltar que la isoterma de los 20.5 °C permitió distinguir la separación de las comunidades frías y cálidas en octubre de 2003 (Fig. 22).

En la región más sureña del área de estudio, Aceves-Medina (2003) propuso la hipótesis de que la isoterma de los 20 °C puede tomarse como referencia para determinar los límites de distribución de las especies de afinidad tropical-subtropical. En esta investigación, se determinó a las isotermas 19.5 °C para octubre de 2002 y 20.5 °C en octubre de 2003, que definen los límites entre comunidades. La proximidad en los valores de ambos trabajos sugiere que los límites entre la comunidad templado-subártica y la tropical-subtropical durante el periodo de otoño, debe ser cercana a la isoterma de 20°C propuesta por Aceves-Medina (2003).

El calentamiento del sistema asociado a la estacionalidad durante el mes de octubre de 2003, más el efecto de un incremento del volumen de agua de origen ecuatorial cercano a los 200 m de profundidad, favoreció para que las especies sureñas que comúnmente son poco abundantes y poco frecuentes presentaran una mayor frecuencia de aparición y un aumento en su abundancia, como fue el caso de *T. nitens*, que en trabajos anteriores fue poco abundante en toda la zona. De la misma forma, *S. atricaudus* que en trabajos anteriores fue poco frecuente, en octubre de 2003 fue de las especies más frecuentes. De acuerdo a lo anterior, podemos decir que a pesar de la influencia de ASA detectada en la zona, el efecto del incremento en el volumen de agua de origen ecuatorial, transportada por la SubCorriente de California hacia el polo durante octubre de 2003 tuvo consecuencias importantes, que en conjunto con las

conclusiones del primer objetivo, determinaron un cambio en la composición y distribución de especies de afinidad tropical-subtropical que dominaron en cuanto a riqueza y abundancia y que extendieron su distribución más al norte que la registrada en años previos.

La baja relación entre los gradientes térmicos y la abundancia de las larvas de peces durante octubre de 2003, sugiere una zona de transición entre la fauna cálida y la fría poco definida, que no puede resaltarse en los análisis estadísticos más que en el segundo eje (que apenas explica 7.7% de la varianza total). Es decir, dado que prácticamente toda el área de estudio estuvo dominada por el componente tropical-subtropical, los gradientes de abundancia no corresponden a los gradientes térmicos en el primer eje de la gráfica de dispersión, pero si lo hacen con el segundo eje ($r = 0.56$), lo que implica que esta relación existe pero es mucho menor a la observada para los tres meses anteriores.

Debido a que la señal principal con la que se detectó la intrusión de ASA fue en anomalías de salinidad (Durazo *et al.*, 2005; Durazo, 2009), se incluyó esta variable dentro del ACC para establecer si existía una relación entre ésta y los gradientes de abundancia de larvas. Contrario a lo esperado, el ACC mostró que sólo en abril de 2002 hay una correlación significativa de la salinidad con el primer eje y en octubre de 2003 con el segundo eje. En ambos cruceros los gradientes salinos y térmicos de superficie son muy similares, con un gradiente costa-océano al norte de Punta Eugenia y un gradiente latitudinal desde la región oceánica de Punta Baja hacia el sur (Fig. 3 y 4). Debido a los bajos valores de correlación observados (máximo $r = 0.66$ en abril 2002) y a que como se mencionó anteriormente, la evidencia apunta a que la temperatura es el factor que está determinando la distribución de las especies. La relación observada en estos dos cruceros con la salinidad es probablemente un resultado de la similitud de los gradientes térmicos y salinos más que un efecto de esta variable en la distribución y abundancia de las especies.

La profundidad de la capa de mezcla representa un factor que puede llegar a determinar la distribución y abundancia de las larvas de peces en el océano (Huebert *et al.*, 2010). Por ejemplo, para larvas de *Melanogrammus aeglefinus* y *Gadus morhua* en aguas sobre la plataforma continental, las condiciones más favorables para la alimentación de las larvas son coincidentes con la profundidad de la capa de mezcla (Buckley & Lough, 1987). Esta relación aparente es explicada en términos de condiciones adecuadas de visibilidad y turbulencia que

permiten la captura de alimento. Adicionalmente, algunas especies de larvas de peces como es el caso de los pelágicos menores, pueden llegar a establecer grandes concentraciones de organismos en la proximidad de la pycnoclina (Aceves-Medina *et al.*, 2009a). No obstante, Huebert *et al.* (2010) mostraron que esta relación no es aparente para todas las especies e incluso puede cambiar dependiendo de otras condiciones ambientales, como es el caso de la relación entre la presencia de depredadores y presas. El papel de la profundidad de la capa de mezcla en una zona como la CC en la distribución de las larvas de peces no ha sido estudiado aún, por lo que se decidió incluir esta variable en el análisis realizado en este trabajo.

El ACC mostró que la profundidad de la capa de mezcla (PCM) sólo estuvo correlacionada con el primer eje durante el crucero de abril de 2003, mes en el que el gradiente de la PCM coincidió con el gradiente térmico observado (Figs. 3 y 5 c). Al igual que en el caso de la salinidad, es posible que la relación observada sea producto de la coincidencia entre los gradientes de la PCM y TS, que un efecto directo de la PCM sobre la distribución y abundancia de las larvas de peces.

Los valores de PCM observados en los meses de octubre son relativamente homogéneos en toda la región de estudio (particularmente en octubre de 2003 donde no hay un gradiente aparente), lo cual ocasionó valores bajos de r en ambos cruceros, sin embargo, en los meses de abril el gradiente de la PCM es mayor y los valores de r con respecto al eje 1 se incrementan. Durante abril de 2003 es claro que las especies demersales y epipelágico-costeras parecieron estar asociadas a zonas con una PCM más somera con respecto a las especies mesopelágicas oceánicas que coinciden con áreas de mayor PCM. Se ha observado que las larvas de peces de especies demersales tienden a presentar su mayor abundancia en periodos de mayor estratificación de la columna de agua (Aceves-Medina *et al.*, 2004), coincidiendo con periodos en los que la PCM es más somera. Así mismo, para el caso de larvas de peces pelágicos menores, se ha observado que tienden a presentar segregación ontogénica, observándose larvas en estadio de preflexión cercanas a las zonas con mayor PCM, mientras que las larvas en postflexión se presentaron en áreas con PCM menores, lo cual fue explicado en función de las diferentes capacidades para la captura de alimento de estas larvas (Aceves-Medina *et al.*, 2009b). Los resultados obtenidos en este trabajo, no permitieron hacer conclusiones al respecto, por lo que es necesario realizar análisis más

detallados, particularmente sobre la distribución vertical de larvas para esclarecer esta posible relación.

Resultados: Caracterizar en espacio y tiempo las asociaciones de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.

Los grupos de especies de peces obtenidos a partir del análisis de agrupación se denominaron en mayúscula con el nombre de la especie más abundante. El nivel de corte seleccionado para todos los dendrogramas fue del 50% de similitud tanto para las especies (modo R) como para la distribución espacial (modo Q).

En el crucero de abril de 2002 se formaron cuatro grupos principales de especies. Al combinar los dendrogramas (cruzados) se distinguieron cuatro patrones generales de distribución (Fig. 23):

- 1) Especies distribuidas principalmente en la región costera al norte de la región de estudio y que conforman el grupo denominado SEBASTES, que comprende a las especies *Sebastes* sp.1, *Sebastes* sp.2, *C. sordidus*, *M. productus*, *S. leucopsarus*, *L. ochotensis*, *P. crockeri* y *L. stilbius* (Fig. 23), todas ellas de afinidad templada-subártica, excepto la última que es una especie de amplia distribución en el Pacífico Oriental. La distribución del grupo respondió a la naturaleza demersal de las cuatro primeras especies que fueron más abundantes entre Ensenada y Punta Baja, parcialmente limitado por el flujo principal de la CC, pero dada la naturaleza mesopelágica del resto de las especies del grupo, también se presentó en la zona oceánica y al sur de Punta Eugenia con menor frecuencia y abundancia (Fig. 24).
- 2) Especies distribuidas principalmente en la zona oceánica al norte de la región de estudio y que conforman el grupo BATHYLAGOIDES que agrupa a las especies *B. wesethi*, *S. californiensis*, *M. lugubris*, *N. ritteri* y *D. atlanticus* (Fig. 23), todas ellas de afinidad templada-subártica, excepto la última que es una especie de amplia distribución en el Pacífico Oriental. El grupo se distribuyó en la mayor parte de la región de estudio, hacia la derecha del flujo principal de la CC, sin embargo su mayor frecuencia y abundancia se localizó en la región oceánica entre Punta Baja y Ensenada (Fig. 25).

- 3) Especies distribuidas prácticamente en toda la región de estudio, excepto en la zona costera al sur de Punta Eugenia. Este grupo de especies denominado ENGRAULIS estuvo representado por *E. mordax* y *S. sagax*, *O. californica* y *T. mexicanus* (Fig. 23), las dos primeras de afinidad templada-subártica y las dos últimas de afinidad subtropical-tropical. La mayor abundancia de este grupo se observó entre Ensenada y Punta Eugenia (Fig. 26). La distribución de este grupo se debe principalmente a la naturaleza costera de las tres primeras especies.
- 4) Especies exclusivamente oceánicas distribuidas desde el extremo norte hasta el sur de la región de estudio y que constituyeron al grupo VINCIGUERRIA conformado por las especies *V. lucetia*, *C. niger*, *C. signata*, *S. atriventer* y *D. laternatus* (Fig. 23), todas de afinidad tropical-subtropical. Su distribución hacia la costa estuvo limitada por el flujo principal de la CC (Fig. 27).

Dendrograma cruzado para abril de 2002

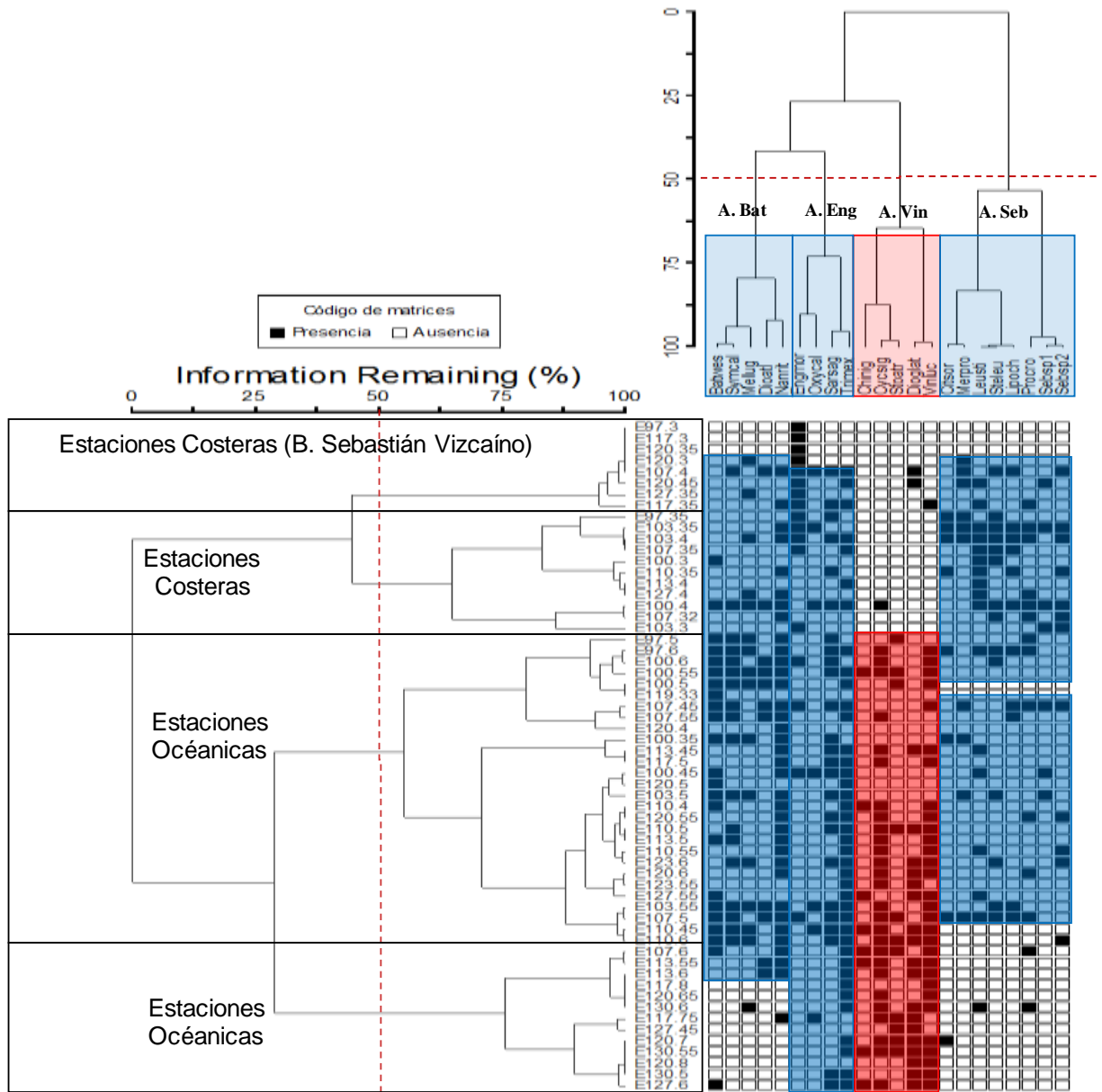


Figura 23: Dendrograma cruzado (modo Q y R) del análisis de clusters para el crucero de abril de 2002. Especies de afinidad templada-subártica (en color azul) y especies de afinidad tropical-subtropical (en color rojo). Grupos BATHYLAGOIDES (A. Bat), ENGRAULIS (A. Eng), SEBASTES (A. Seb) y VINCIGUERRIA (A. Vin). El nombre completo de los *taxa* que integran a cada grupo y su respectiva abreviación se encuentran en el anexo 2.

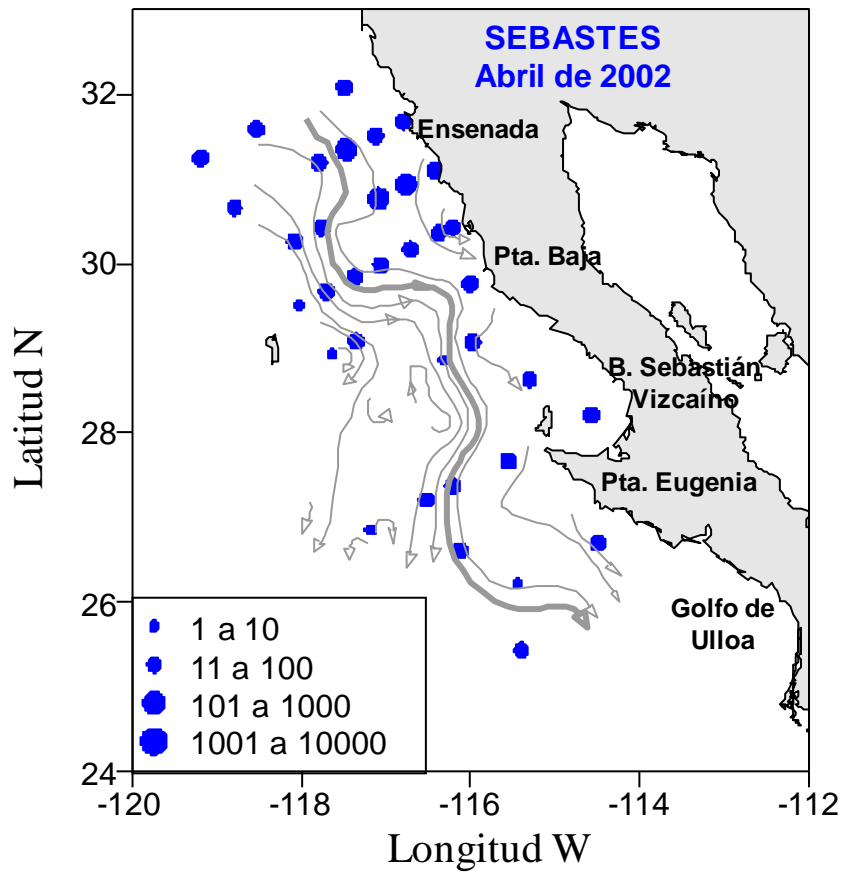


Figura 24: Distribución de la abundancia del grupo SEBASTES para el crucero de abril de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

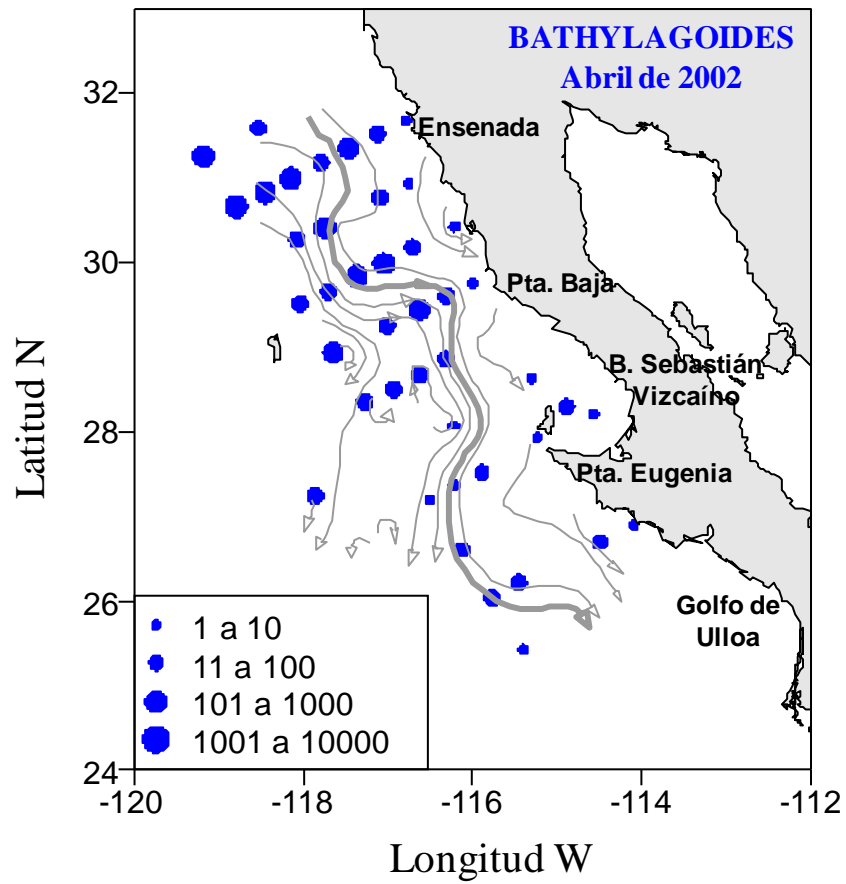


Figura 25: Distribución de la abundancia del grupo BATHYLAGOIDES para el crucero de abril de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

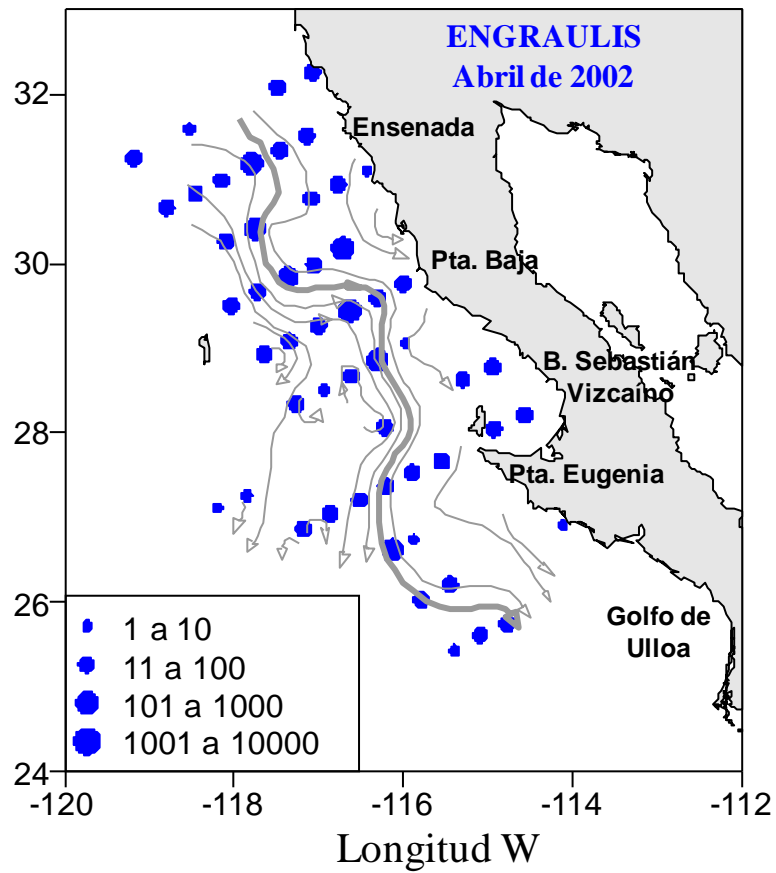


Figura 26: Distribución de la abundancia del grupo ENGRAULIS para el crucero de abril de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

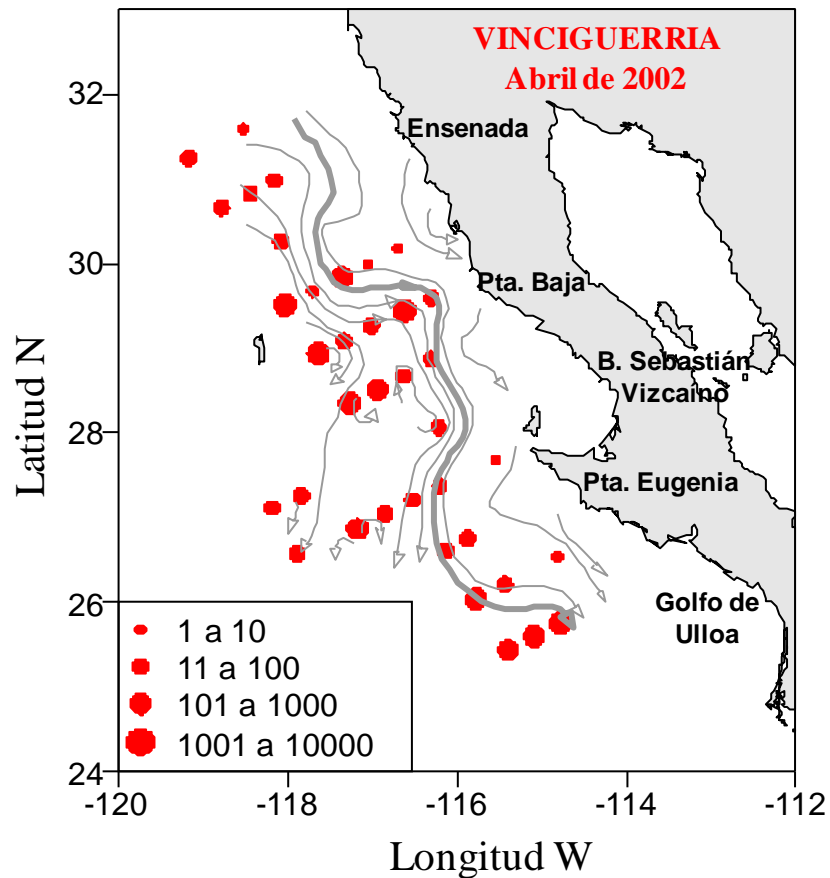


Figura 27: Distribución de la abundancia del grupo VINCIGUERRIA para el crucero de abril de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

En el crucero de octubre de 2002 se conformaron tres grupos de especies (modo R) y a partir de los dendrogramas de las estaciones (modo Q) se definen tres zonas. Al analizar la información de los dendrogramas cruzados, así como la afinidad de las especies con respecto a su distribución espacial, se observó la mezcla de especies de distribución sureña y norteña en un solo grupo (CHIASMODON) (Fig. 28), por lo que se decidió separar esta agrupación en tres subgrupos, obteniendo así los siguientes patrones de distribución general:

- 1) Especies distribuidas principalmente entre Ensenada y Punta Baja. El grupo denominado NANNOBRACHIUM estuvo conformado por las especies *N. ritteri*, *C. townsendi*, *L. ringens*, *P. crockeri*, *S. californiensis*, *S. lucioceps* y *D. pacificus* (Fig. 28), todas de afinidad templada-subártica, con excepción de *D. pacificus* la cual es de afinidad tropical-subtropical. Comparado con el resto de los grupos fue el que presentó

menores abundancias y su distribución parece estar limitada por los giros y meandros ubicados entre el sur de Punta Baja y Punta Eugenia (Fig. 29).

2) Especies distribuidas en toda la región de estudio excepto dentro de Bahía Sebastián Vizcaíno, con mayor abundancia en la región oceánica frente a Bahía Sebastián Vizcaíno hasta la zona costera frente a Ensenada (Fig. 30). El grupo denominado CHIASMODON estuvo compuesto por especies de distinta afinidad: a) afinidad tropical-subtropical *C. niger*, *C. signata*, *C. acclinidens*, *Scopelarchus guentheri*, *S. atriventer*, *T. mexicanus*, b) afinidad templada-subártica *B. wesethi* y *M. lugubris* y c) amplia distribución en el Pacífico Oriental, *D. atlanticus* (Fig. 28).

- El primer subgrupo estuvo conformado por *B. wesethi* y *M. lugubris*, con distribución en la zona norte entre Ensenada y Punta Baja (Fig. 31 a).
- El segundo subgrupo estuvo constituido por *C. acclinidens*, *D. atlanticus* y *S. guentheri*, el cuales fue más abundante en la zona central oceánica de la región de estudio, entre Punta Baja y Punta Eugenia (Fig. 31 b).
- El tercer subgrupo fue integrado por *C. niger* y *S. atriventer*, con distribución hacia el sur de la región de estudio con mayor abundancia frente a Punta Eugenia (Fig. 31 c).
- El cuarto subgrupo constituido por *C. signata* y *T. mexicanus*, se distribuyó en toda la región de estudio (Fig. 31 d). A excepción de este subgrupo, los anteriores coincidieron por presentar como límite de distribución sur el giro localizado frente a Punta Eugenia.

3) Especies distribuidas en toda la región de estudio (Fig. 32) incluyendo Bahía Sebastián Vizcaíno. El grupo denominado VINCIGUERRIA (Fig. 28) fue conformada por las especies *V. lucetia*, *D. laternatus*, *G. tenuiculus* y *N. idostigma* todas de afinidad tropical-subtropical.

Dendrograma cruzado para octubre de 2002

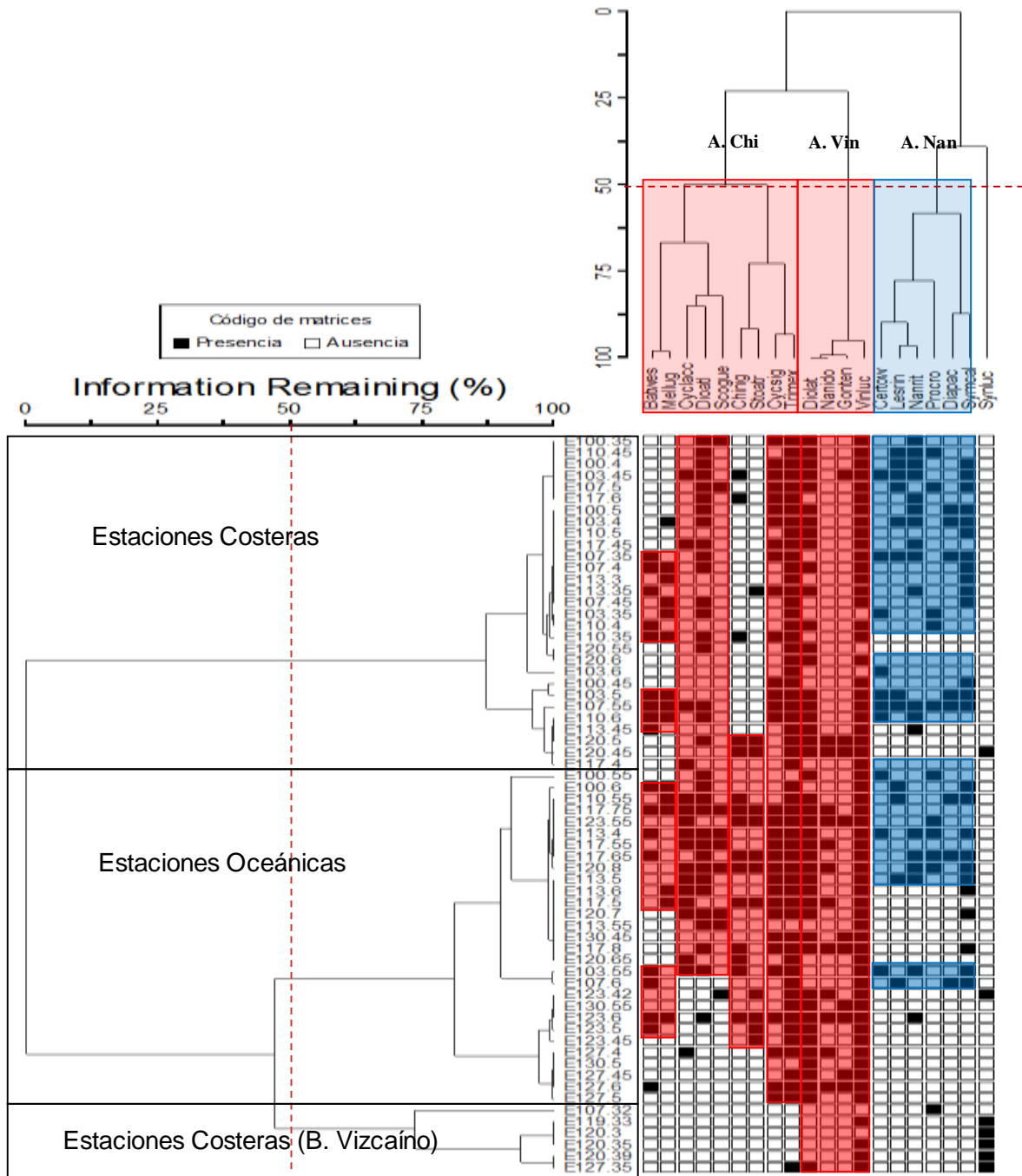


Figura 28: Dendrograma cruzado (modo Q y R) del análisis de clusters para el crucero de octubre de 2002. Especies de afinidad templada-subártica (en cuadro azul) y especies de afinidad tropical-subtropical (en cuadro rojo). Grupos CHIASMODON (A. Chi), VINCIGUERRIA (A. Vin) y NANNOBRACHIUM (A. Nan). El nombre completo de los *taxa* que integran a cada grupo y su respectiva abreviación se encuentran en el anexo 2.

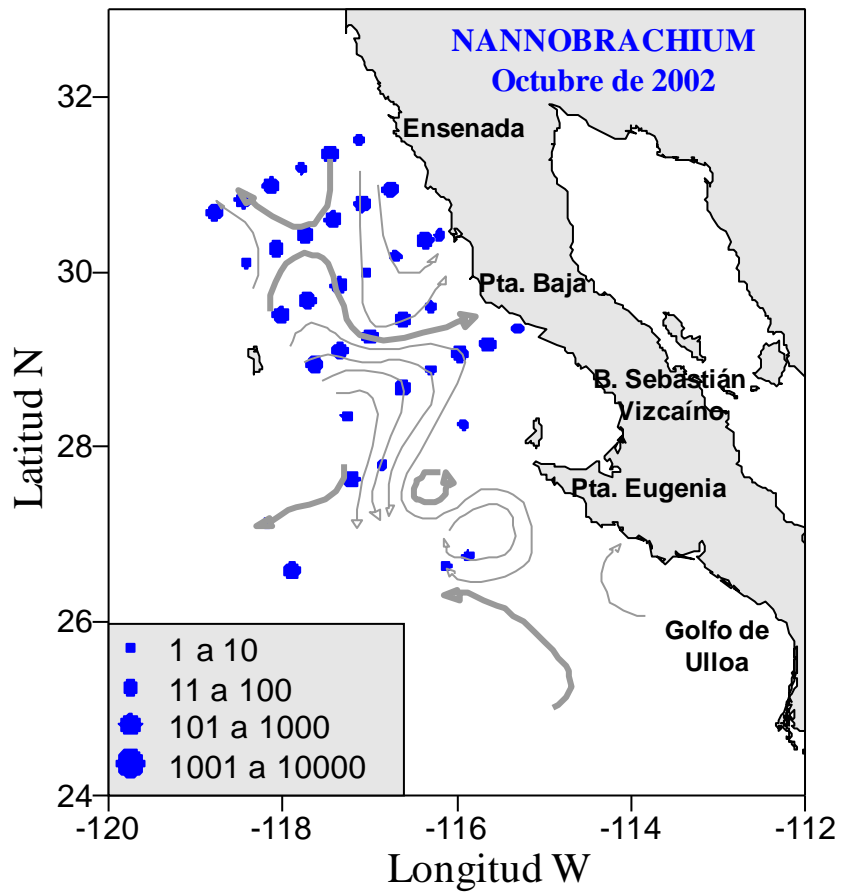


Figura 29: Distribución de la abundancia del grupo NANNOBRACHIUM para el crucero de octubre de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

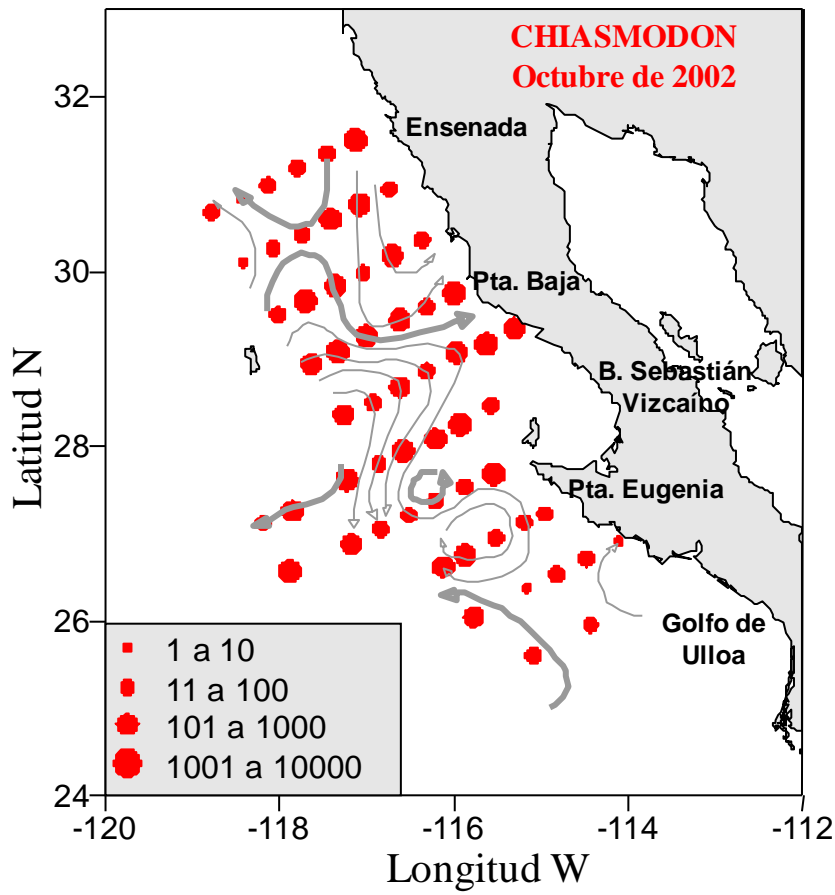


Figura 30: Distribución de la abundancia del grupo CHIASMODON para el crucero de octubre de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

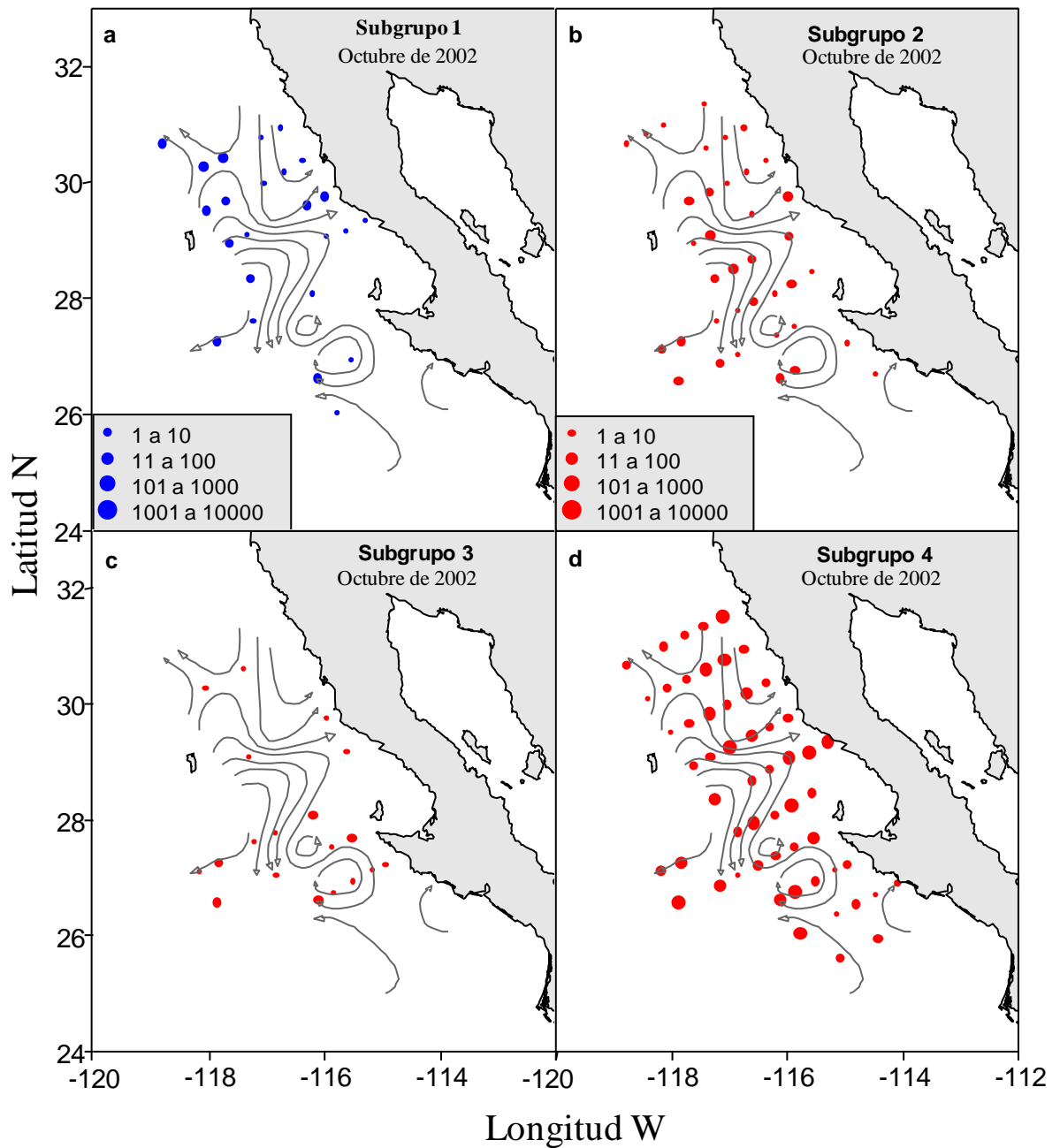


Figura 31: Distribución de la abundancia de cuatro subgrupos (a, b, c y d), derivados de CHIASMODON para el crucero de octubre de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

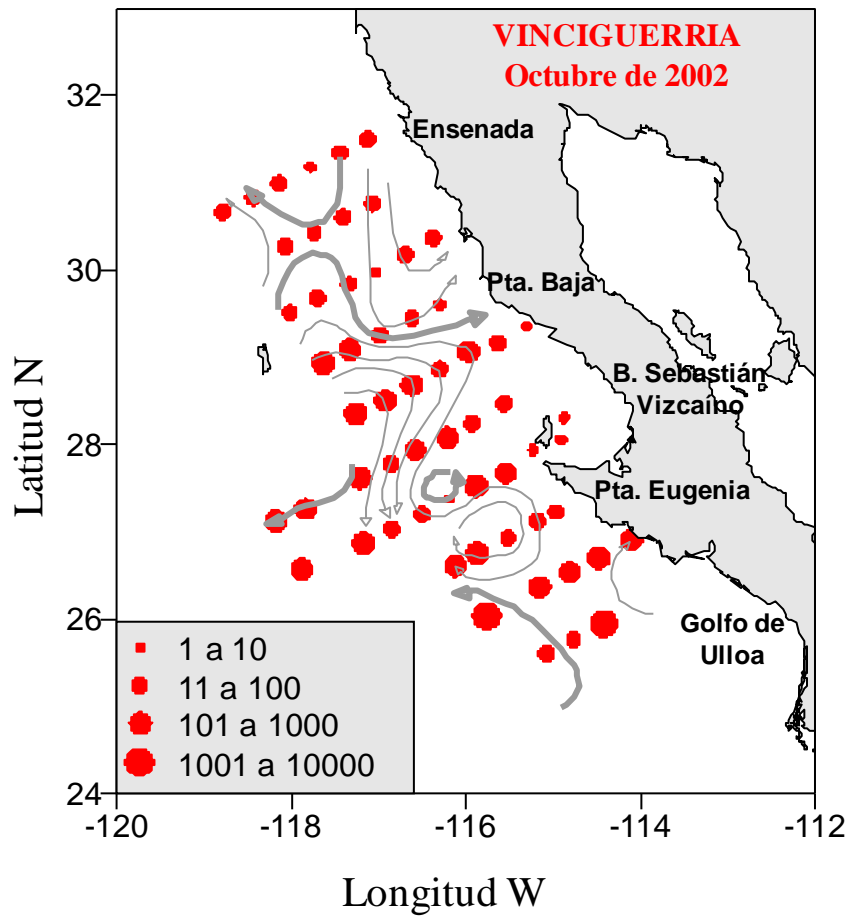


Figura 32: Distribución de la abundancia del grupo VINCIGUERRIA para el crucero de octubre de 2002. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

En el crucero de abril de 2003 se formaron tres grupos de especies (modo R) que se separan en dos patrones generales de distribución espacial (modo Q), como se observó en el dendrograma cruzado (Fig. 33):

- 1) El Primer patrón observado es de especies que se distribuyeron en la zona costera al norte de la región de estudio. Con este patrón se registraron dos grupos de especies.

El primero grupo es denominado SEBASTES y está conformado por *Sebastes* sp.2 y *Sebastes* sp.3 (Fig. 33), especies demersales de afinidad templada-subártica. Este grupo se encontró desde Ensenada (donde fue más abundante) hasta Bahía Sebastián Vizcaíno, sin llegar a las estaciones más oceánicas, ya que fue limitado por el flujo principal de la CC (Fig. 34). El segundo grupo denominado ENGRAULIS, estuvo compuesto por *E. mordax*, *S. sagax*, *L. ochotensis*, *S. leucopsarus* y *T. symmetricus* de afinidad templada-subártica (Fig. 32). La mayor abundancia de este grupo se observó frente a Ensenada y en la porción sur de Bahía Sebastián Vizcaíno y fue limitado hacia el océano por el flujo principal de la CC (Fig. 35).

- 2) Especies exclusivamente oceánicas distribuidas en casi toda la región de estudio. El grupo se denominó VINCIGUERRIA y quedó integrado por *V. lucetia*, *T. mexicanus*, *C. signata* y *D. laternatus*, especies de afinidad tropical-subtropical, además de *B. wesethi* de afinidad templada-subártica (Fig. 33). Su distribución hacia la costa parece estar limitada por el flujo principal de la CC (Fig. 36).

Dendrograma cruzado para abril de 2003

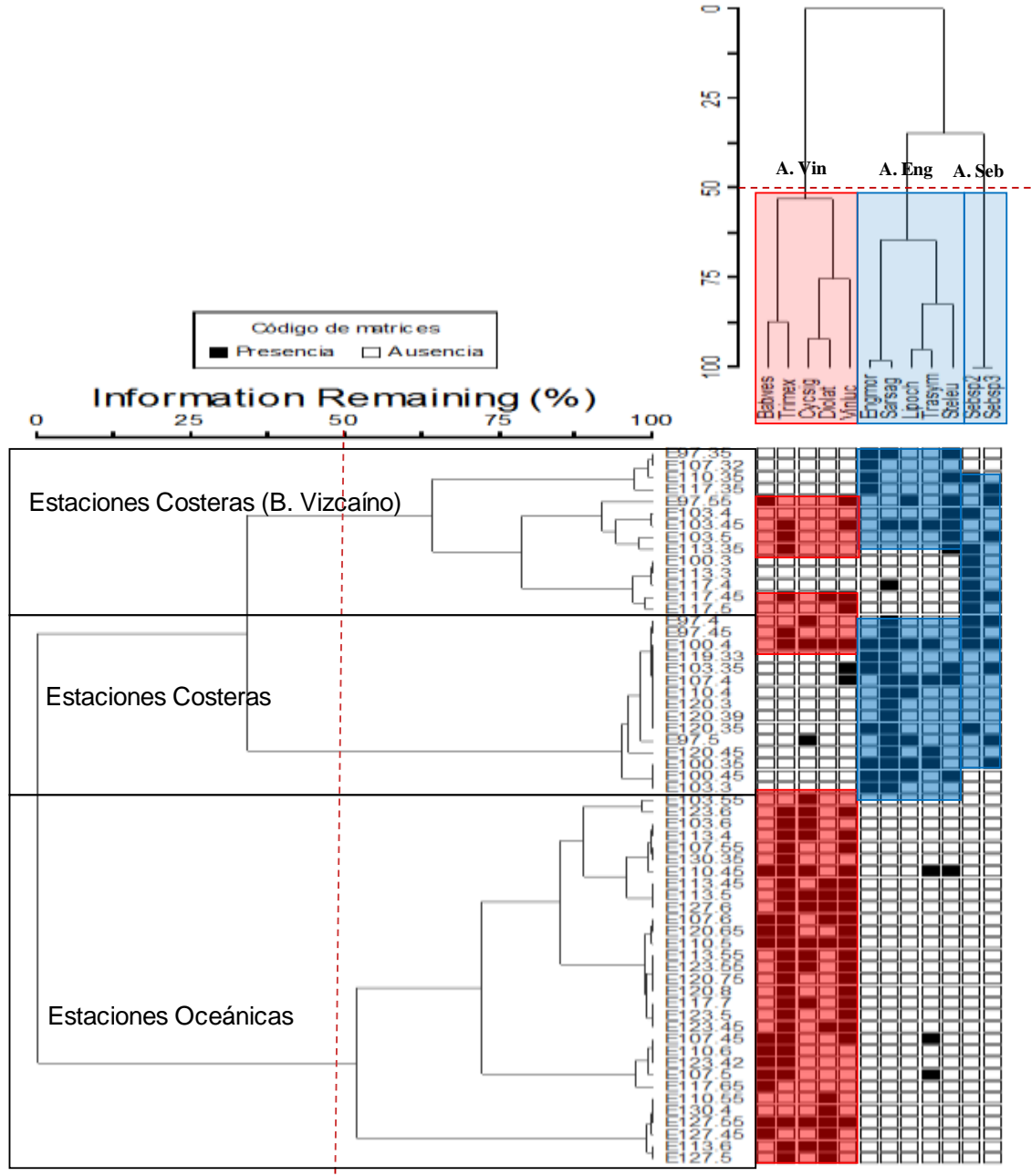


Figura 33: Dendrograma cruzado (modo Q y R) del análisis de clusters para el crucero de abril de 2003. Especies de afinidad templada-subártica (en cuadros azules) y especies de afinidad tropical-subtropical (en cuadros rojos). Grupos VINCIGUERRIA (A. Vin), ENGRAULIS (A. Eng), y SEBASTES (A. Seb). El nombre completo de los *taxa* que integran a cada grupo y su respectiva abreviación se encuentran en el anexo 2.

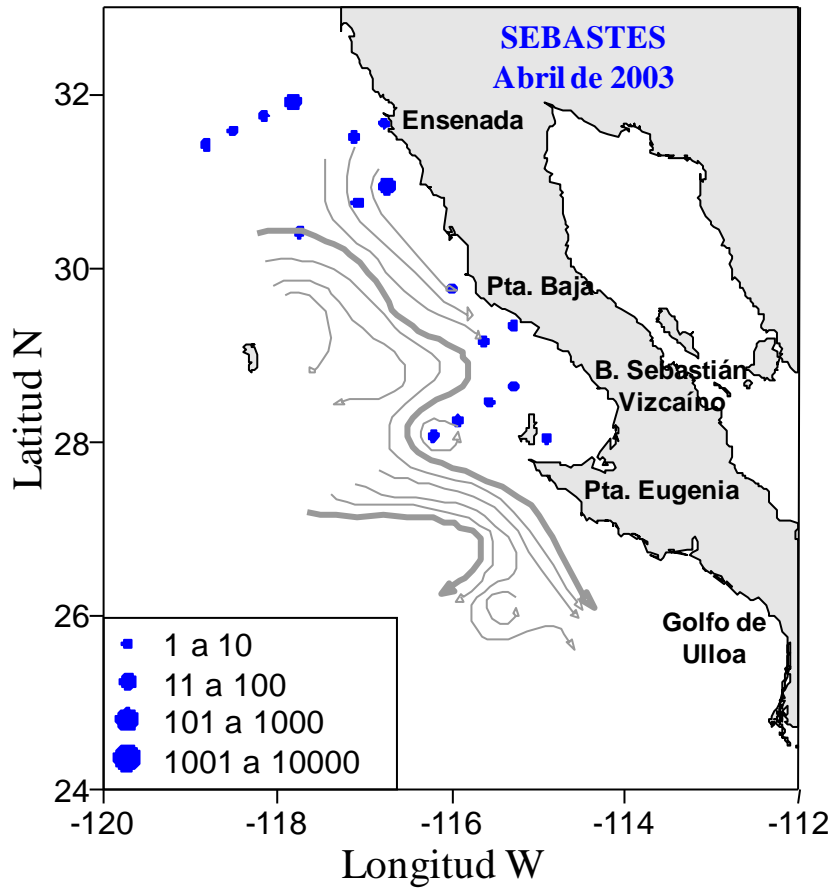


Figura 34: Distribución de la abundancia del grupo SEBASTES para el crucero de abril de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

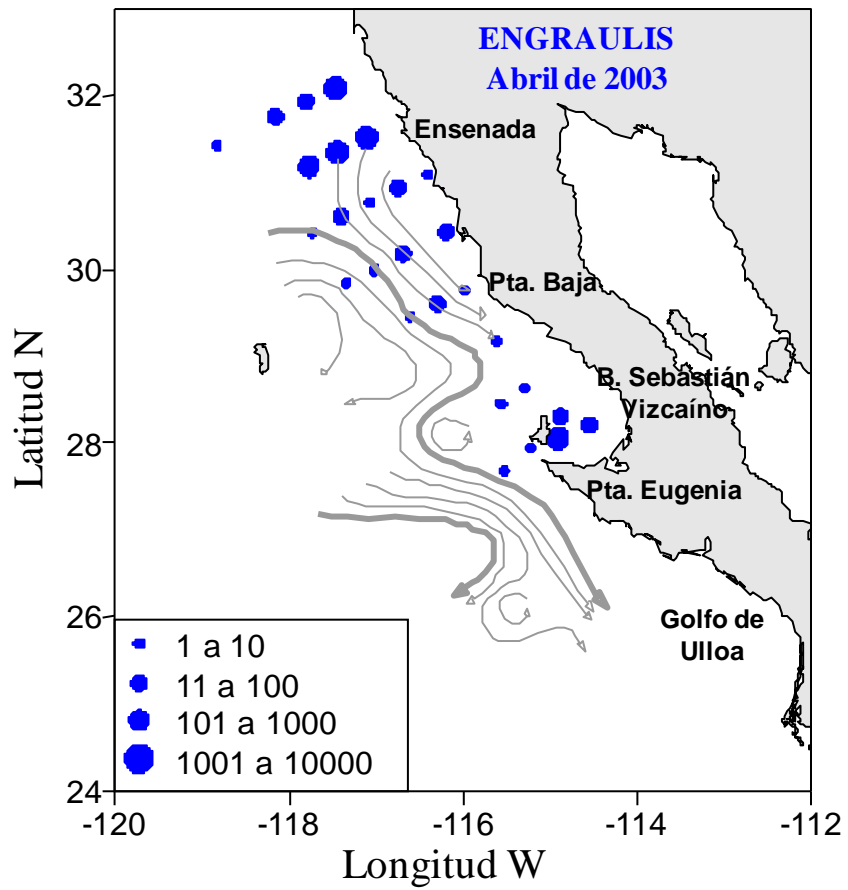


Figura 35: Distribución de la abundancia del grupo ENGRAULIS para el crucero de abril de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

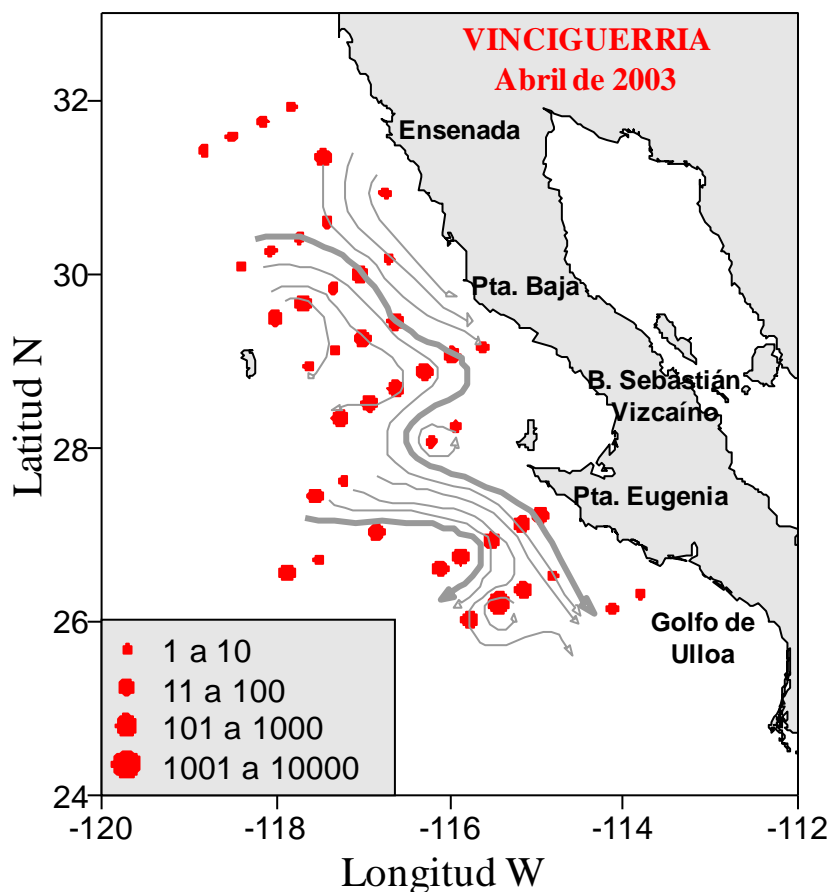


Figura 36: Distribución de la abundancia del grupo VINCIGUERRIA para el crucero de abril de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

En el crucero de octubre de 2003 se formaron seis grupos de especies (modo R) que se separaron en función de su distribución espacial (modo Q) en cuatro patrones generales (Fig. 37):

- 1) Especies distribuidas principalmente al norte de la región de estudio, tanto en la zona costera como en la oceánica. El grupo se denominó CHILARA, el cual estuvo conformado por las especies *C. taylori*, *C. stigmaeus*, *D. theta*, *L. ringens*, *S. californiensis* y *M. lugubris* (Fig. 37), todas de afinidad templada-subártica. Las mayores abundancias de este grupo se observaron entre Punta Baja y Ensenada (Fig. 38).

- 2) Especies que se distribuyeron en toda la región de estudio, y que están integradas en los grupos CHIASMODON, TRICHURUS y VINCIGUERRIA (Fig. 37).

El grupo CHIASMODON se constituyó por las especies tropical-subtropicales *C. niger*, *Notoscopelus resplendens*, *S. guentheri*, *S. atriventer*, *C. acclinidens* y *L. urophaos*, y por las especies de afinidad templadas-subártica *B. wesethi* y *N. ritteri* (Fig. 37). El grupo fue muy abundante en toda la región de estudio excepto en Bahía Sebastián Vizcaino (Fig. 39).

El grupo TRICHURUS fue conformada por las especies *T. nitens*, *Lepidopus fitchi*, *T. mexicanus* y *L. rara* (Fig. 37), todas de afinidad tropical-subtropical y fueron más abundantes de Ensenada hasta Punta Baja y frente a Punta Eugenia (Fig. 40).

El grupo VINCIGUERRIA (Fig. 37) fue conformado por las especies *V. lucetia*, *C. signata* y *Nannobrachium regale* de afinidad tropical-subtropical y por *D. atlanticus* y *C. townsendi* como especies de amplia distribución en el Pacífico Oriental. Fue el grupo más abundante en toda la región de estudio (Fig. 41).

- 3) Especies que se distribuyeron principalmente de Bahía Sebastián Vizcaíno hacia el sur de la región de estudio. El grupo HYGOPHUM se conformó por las especies *H. atratum*, *D. laternatus*, *G. tenuiculus*, *Lampanyctus parvicauda* y *N. idostigma* (Fig. 37) de afinidad tropical-subtropical. Su mayor abundancia se localizó de la zona oceánica frente a Bahía Sebastián Vizcaíno hacia el sur de la región de estudio (Fig. 42).
- 4) Especies distribuidas principalmente sobre la costa, con mayor abundancia dentro de la Bahía Sebastián Vizcaíno y Golfo de Ulloa (Fig. 43). El grupo PRIONOTUS se constituyó por las especies *Prionotus stephanophrys*, *S. atricaudus* y *Pronotogrammus multifasciatus* de afinidad subtropical-subtropical y por *S. lucioceps* y *P. crockeri* de afinidad templada-subártica (Fig. 37).

Dendrograma cruzado para octubre de 2003

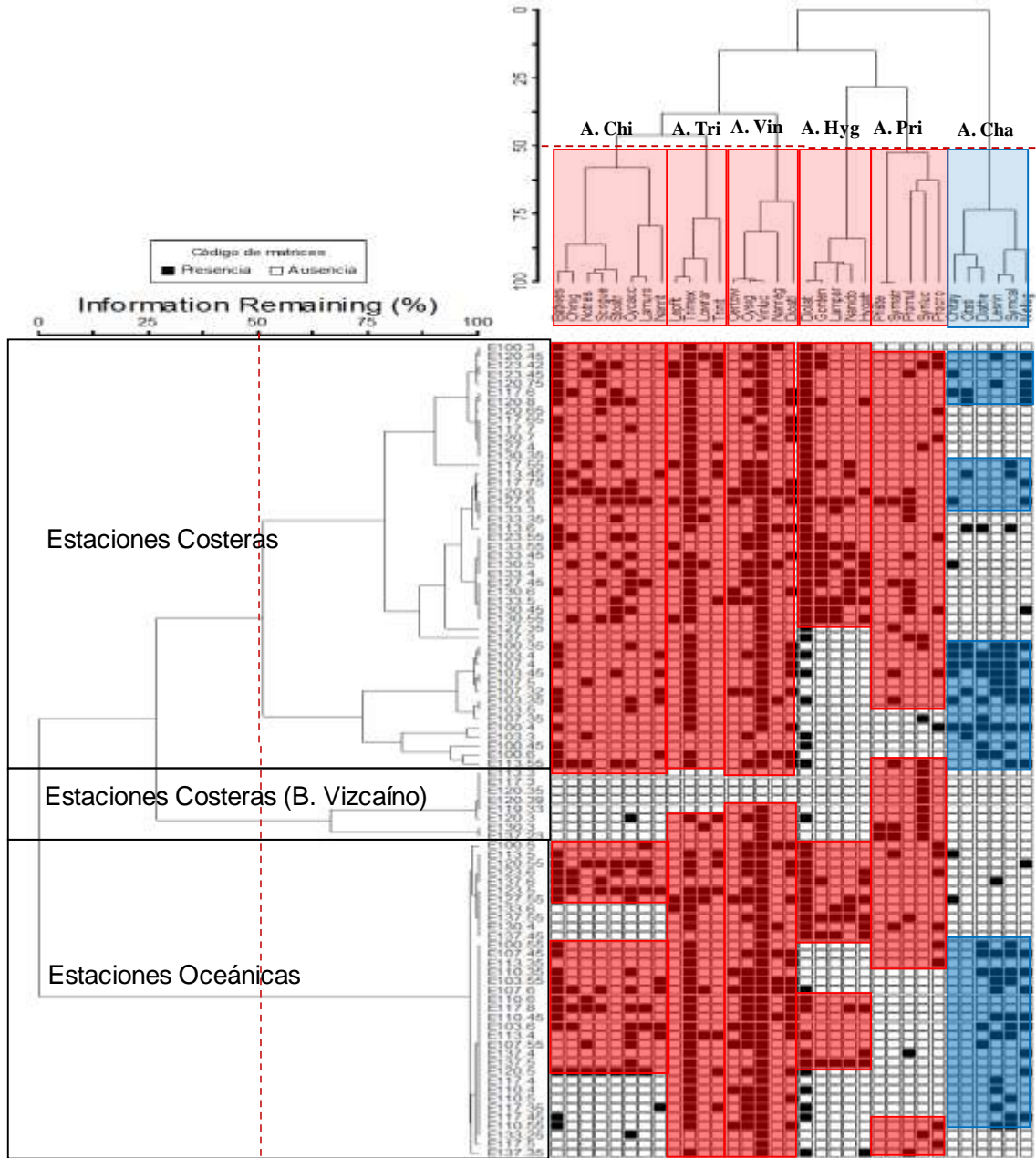


Figura 37: Dendrograma cruzado (modo Q y R) del análisis de clusters para el crucero de octubre de 2003. Especies de afinidad templada-subártica (en cuadros azules) y especies de afinidad tropical-subtropical (en cuadros rojos). Grupos CHIASMOTON (A. Chi), TRICHIURUS (A. Tri), VINCIGUERRIA (A. Vin), HYGOPHUM (A. Hyg), PRIONOTUS (A. Pri) y CHILARA (A. Cha). El nombre completo de los *taxa* que integran a cada grupo y su respectiva abreviación se encuentran en el anexo 2.

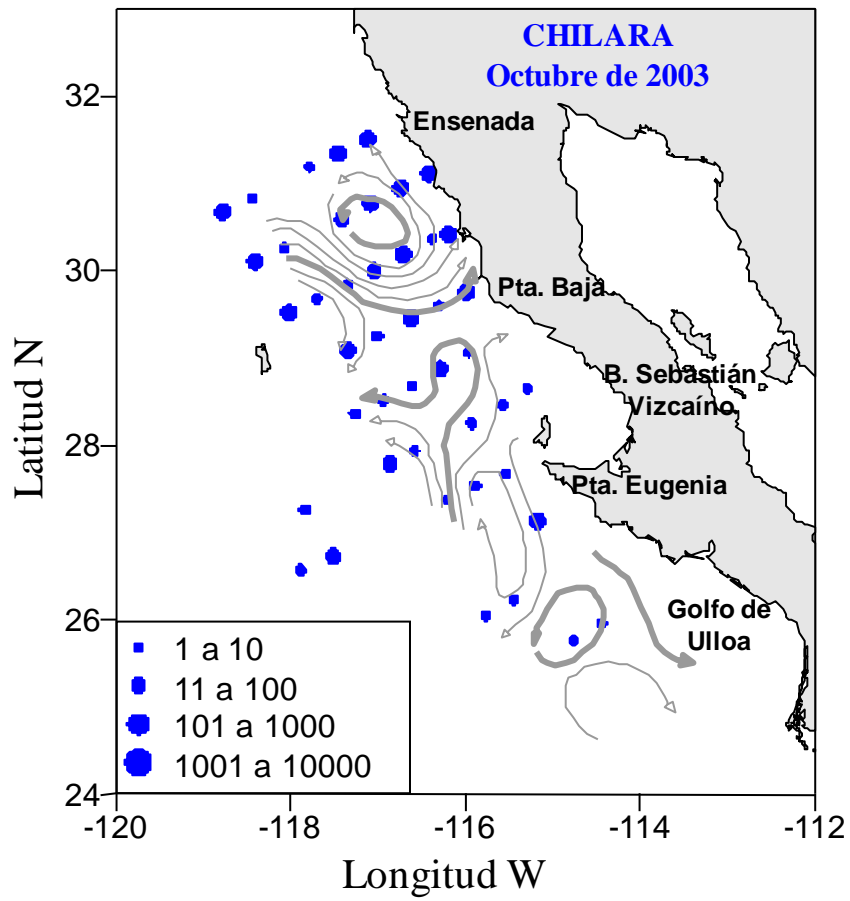


Figura 38: Distribución de la abundancia del grupo CHILARA para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

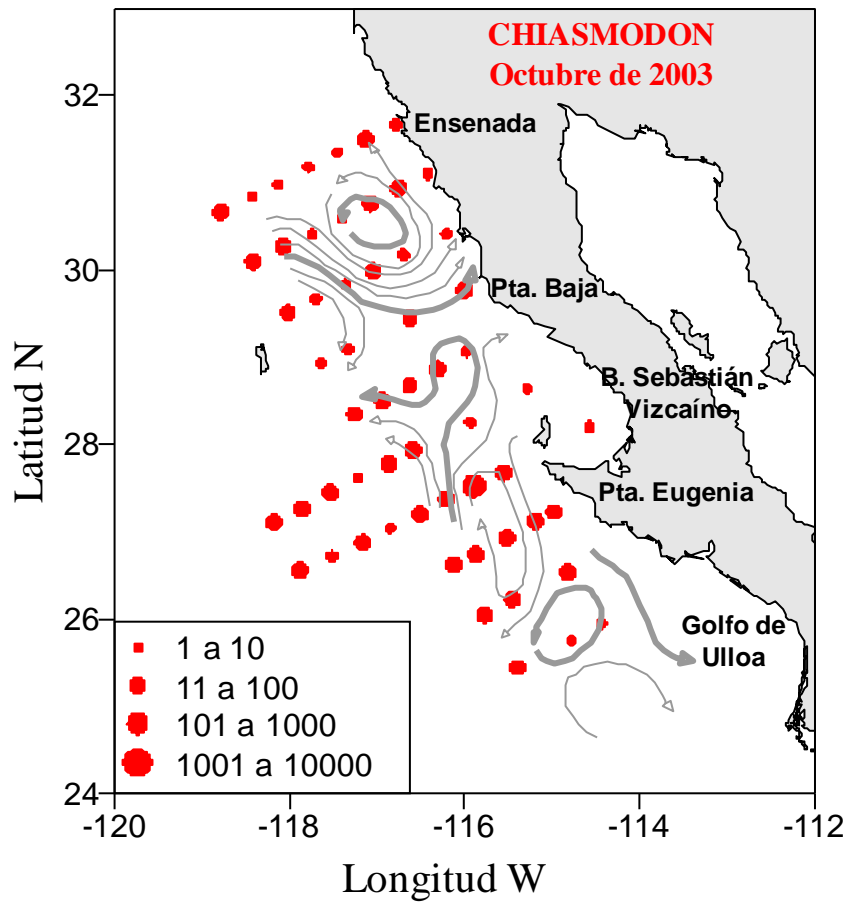


Figura 39: Distribución de la abundancia del grupo CHIASMODON para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

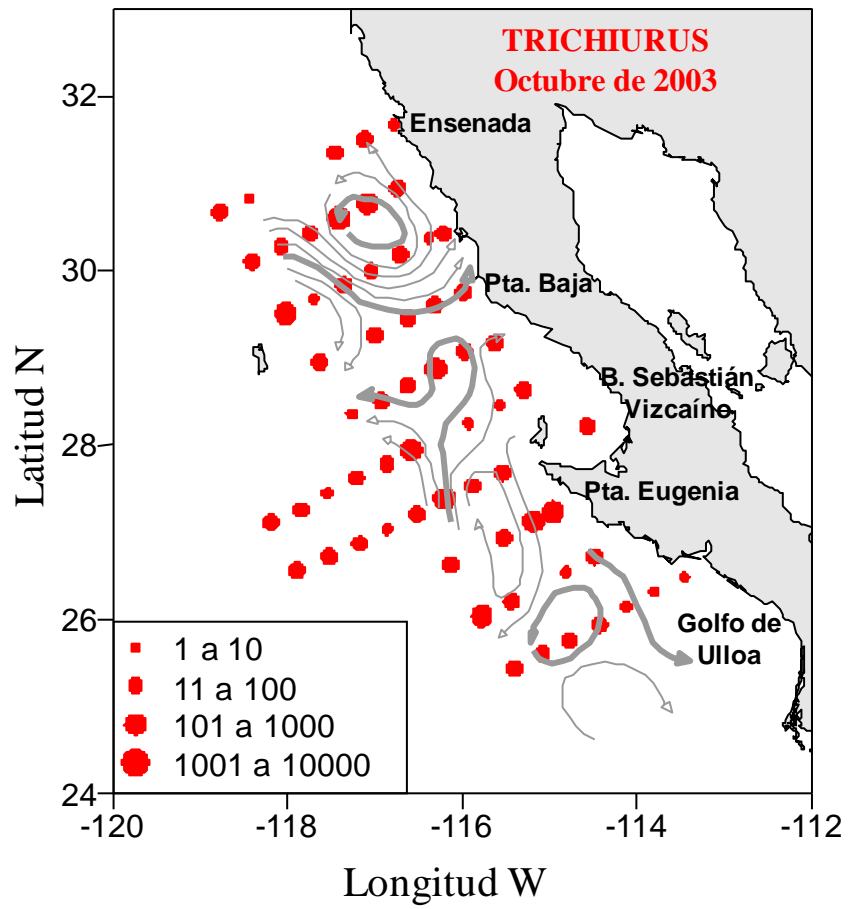


Figura 40: Distribución de la abundancia del grupo TRICHIURUS para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

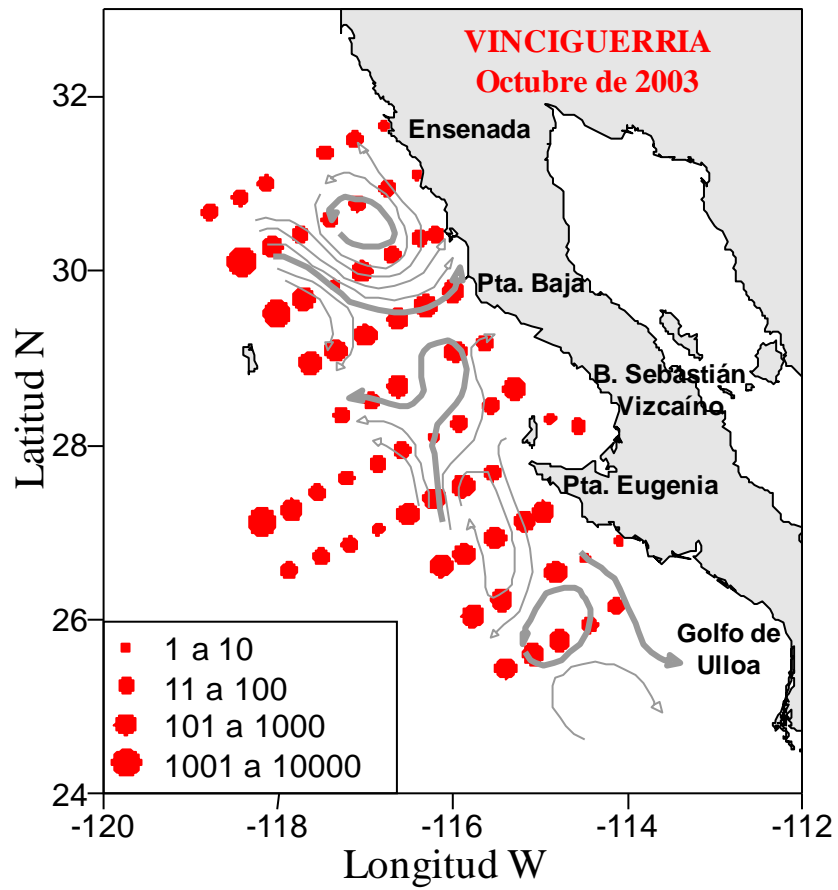


Figura 41: Distribución de la abundancia del grupo VINCIGUERRIA para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

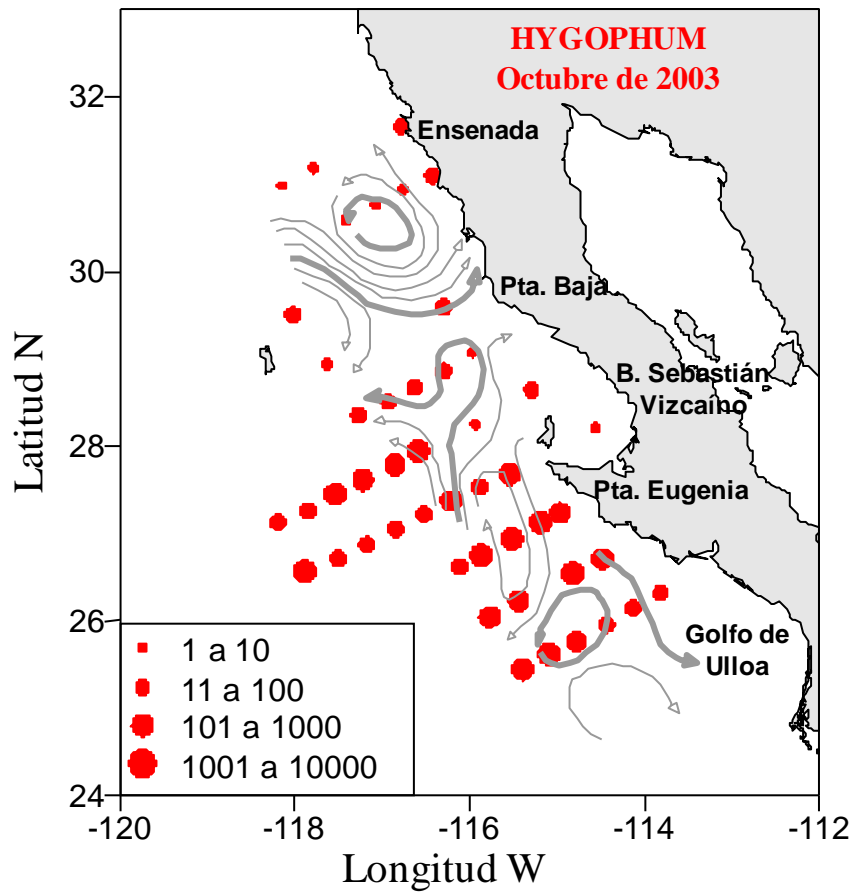


Figura 42: Distribución de la abundancia del grupo Hygophum para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

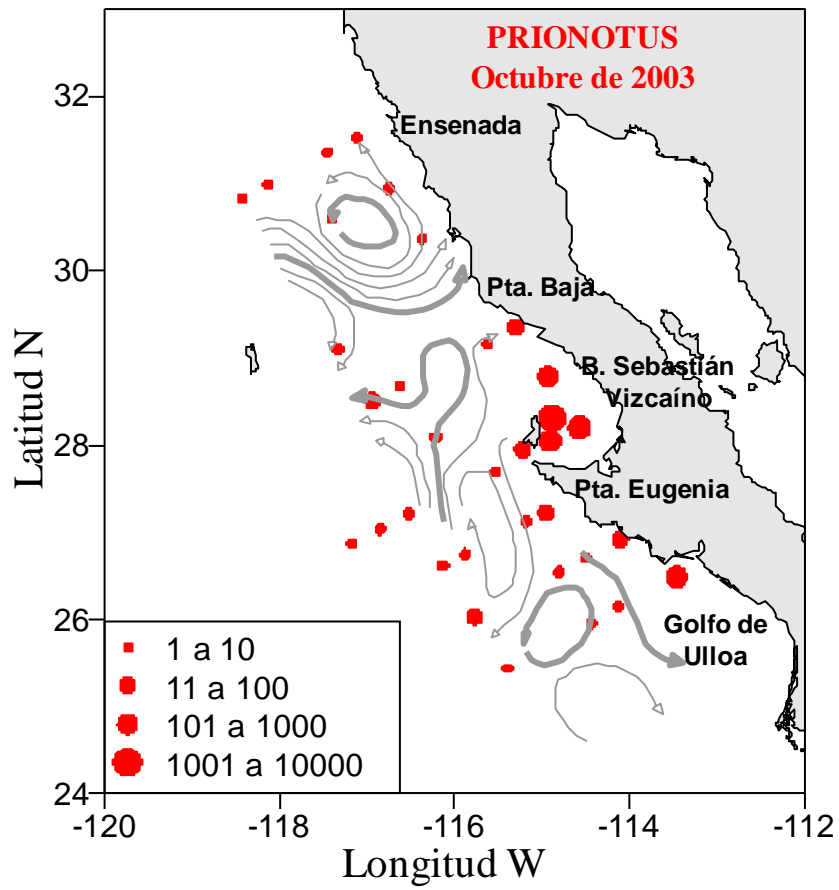


Figura 43: Distribución de la abundancia del grupo PRIONOTUS para el crucero de octubre de 2003. Flujo geostrófico en superficie (línea continua en color gris).

Discusión: Caracterizar en espacio y tiempo las asociaciones de larvas de peces de la Costa Occidental de la Península de Baja California durante el periodo 2002-2003.

El uso de las asociaciones de larvas de peces como indicadores biológicos ha ido incrementándose en las últimas décadas, debido a que estas han mostrado su utilidad para detectar cambios ambientales y la forma en que estos afectan al ecosistema pelágico (Jiménez-Rosenberg & Aceves Medina, 2009).

Uno de los problemas principales en el estudio de grupos de larvas de peces como indicadores biológicos, es la detección de su co-ocurrencia en espacio y tiempo, la identificación de las variables ambientales con las que están relacionadas y el tipo de relación que existe con estas.

Es claro que dependiendo de las técnicas estadísticas de agrupación así como de las variables utilizadas (p. ej. presencia-ausencia, abundancia, etc.), la composición de especies que conforman una asociación puede variar (Aceves-Medina, 2003), particularmente en especies del zooplancton que mantienen una distribución en enjambres o agregaciones (Moser & Pommeranz, 1998; Brinton & Townsend, 2003). Debido a esto, la recurrencia en tiempo y espacio de algunas especies, independientemente de los periodos analizados y de las técnicas de agrupación, sugieren la asociación entre estos organismos, que analizadas en función de las condiciones ambientales en donde estas especies coinciden, permiten proponerlas como indicadores biológicos del cambio ambiental (Jiménez-Rosenberg & Aceves-medina, 2009).

De acuerdo a lo anterior, en este apartado se analizó la composición de especies de los grupos obtenidos en los diferentes trabajos realizados para la región de estudio (Loeb *et al.*, 1983; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993; Aceves-Medina, 2003; Aceves-Medina *et al.*, 2004; Urias-Leyva, 2007; Jiménez-Rosenberg, 2008). Todos estos trabajos fueron realizados en épocas con condiciones ambientales distintas, así como en diferentes regiones del Pacífico Mexicano, utilizando datos de las series históricas de CalCOFI, IMECOCAL y CICIMAR. Cabe mencionar que los grupos formados en los diversos trabajos que utilizaron estas bases de datos, fueron obtenidos a partir de técnicas estadísticas distintas. El análisis se realizó para identificar la recurrencia espacial y temporal de especies que, independientemente del nombre del grupo asignado en cada investigación, aparecieron siempre o frecuentemente juntas. Una vez identificadas estas especies, se buscaron las variaciones en la composición de especies de

acuerdo a las diferentes regiones de estudio y posteriormente las variaciones temporales en la composición de especies se explicaron en función de las condiciones ambientales de cada crucero.

Varios trabajos, han mostrado la presencia de asociaciones relativamente estables en tiempo y espacio en la CC. Un ejemplo de esto es el de las especies *Sebastes* spp., *M. productus*, *L. stilbius*, *S. leucopsarus* y *L. ochotensis*. Estas especies se encuentran incluidas en el grupo denominado LEUROGLOSSUS en la serie CalCOFI desde 1951 hasta 1984 (Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993). De acuerdo con Jiménez-Rosenberg (2008) y Aceves-Medina (2003), al sur de Punta Baja sólo *M. productus* y *L. stilbius* permanecen como especies asociadas a *Sebastes* spp. y asignándos al grupo SEBASTES, pero exclusivamente durante los meses de primavera y durante años fríos. En este estudio se encontró al grupo LEUROGLOSSUS tal cual fue descrito por Moser *et al.* (1987), pero sólo durante la primavera de 2002 (denominado como grupo SEBASTES), en el que además se incluyó a las especies *C. sordidus* y *P. crockeri*.

La similitud en la composición de especies del grupo SEBASTES de primavera de 2002 y LEUROGLOSSUS de la serie CalCOFI, sugiere condiciones ambientales dentro del promedio descrito por Moser *et al.* (1987). Posterior a este año, las especies asociadas al grupo SEBASTES fueron encontradas en abundancia muy bajas, o como en el caso de *S. leucopsarus*, se asociaron con grupos distintos. El cambio de especies del grupo SEBASTES para el siguiente año, denotó el cambio de las condiciones ambientales entre la primavera de 2002 y la primavera de 2003, el cual pudo estar condicionado por la presencia del fenómeno EN y la intrusión de ASA.

De manera generalizada, en este trabajo la distribución del grupo SEBASTES es fundamentalmente costera y norteña, estando delimitada por la isoterma de los 16 °C y por el flujo geostrófico. En primavera de 2002, las especies mesopelágicas y batipelágicas (*P. crockeri*, *S. leucopsarus* y *L. ochotensis*) ampliaron la distribución del grupo SEBASTES hacia la zona oceánica. En cambio en primavera de 2003, la ausencia de las especies meso y batipelágicas en este grupo, resultó en una distribución mucho más costera, correspondiente a la procedencia del tipo de habitat de las especies del género *Sebastes*, haciendo de este grupo sea un buen indicador de la zona costera, que adicionando a este componente el tipo de

afinidad de dichas especies también resulta ser un indicador de la región norteña de condiciones templadas.

Otro grupo de distribución costera similar a la del grupo SEBASTES que se ha presentado de manera recurrente en el SCC, es el grupo ENGRAULIS, representado por los epipelágicos costeros *E. mordax* y *S. sagax*, durante las templadas de primavera de 2002 y de 2003. Este grupo también se encontró para la misma región (IMECOCAL) y el Golfo de California en años anteriores, particularmente en invierno y primavera (Aceves-Medina, 2003; Urias-Leyva, 2007; Jiménez-Rosenberg, 2008), así como durante el verano de 1999, registrado como año LN en la región IMECOCAL (Jiménez-Rosenberg, 2008). La razón en la coincidencia de *E. mordax* y *S. sagax* en el periodo del presente estudio (grupo ENGRAULIS), fue debida a que estas especies son de afinidad templada y templada-subártica, respectivamente y el mismo tipo de hábitat (epipelágico-costero). Las temporadas reproductivas de los adultos de ambas especies son coincidentes (enero-marzo) y desovan cerca de áreas de surgencias (Green-Ruíz & Hinojosa-Corona, 1997).

A diferencia de lo encontrado en la región IMECOCAL, Moser *et al.* (1987) para la región CalCOFI determinaron que *S. sagax* formó un grupo recurrente con *Scomber japonicus*. Ambas especies, junto con *E. mordax* aparecen asociadas en la región IMECOCAL exclusivamente durante periodos LN (Aceves-Medina, 2003; Jiménez-Rosenberg, 2008). En el presente estudio, *S. japonicus* fue poco abundante, particularmente en la primavera de 2003, cuando los datos físicos y la composición de especies indicaron la presencia de ASA y la dominancia de especies de afinidad templada-subártica. La ausencia de *S. japonicus* durante la primavera de 2002 y de 2003, aún dentro de las condiciones frías registradas para ambas temporadas en la literatura, sugieren cambios en el ambiente que no permitieron la reproducción de esta especie y que probablemente estén relacionados con la presencia del evento EN, particularmente durante la primavera de 2003.

Durante la primavera de 2002, el grupo ENGRAULIS mostró amplia distribución, tanto en la zona costera como en la oceánica, debido a que en esta temporada se anexó *T. mexicanus*, especie de afinidad subtropical. En cambio durante la primavera de 2003, que es coincidente con la invasión de ASA, las especies que se anexaron (*L. ochotensis*, *T. symmetricus* y *S. leucopsarus*) son de afinidad templado-subártica y la distribución del grupo

es más costera. Al igual que el grupo SEBASTES, la presencia del grupo fue delimitada por la isoterma de los 16 °C y el flujo principal de la CC. En general, puede decirse que el grupo ENGRAULIS es indicativo del periodo frío del año así como de la presencia de ASA, y sus límites de distribución establecen la zona de influencia del ecosistema costero.

Otra asociación relativamente estable en la región norte de la región de estudio en las series históricas CalCOFI e IMECOCAL, desde 1951 hasta la fecha, es la que se formó entre las especies de afinidad templada *S. californiensis* y *B. wesethi* (Moser *et al.*, 1987). Al norte de Punta Eugenia, ambas especies se agrupan con *N. ritteri*, *D. atlanticus* y *C. townsendi* formando el grupo SYMBOLOPHORUS (Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith 1993; Jiménez-Rosenberg, 2008). No obstante, de acuerdo a los datos de Jiménez-Rosenberg (2008) y Aceves-Medina (2003), *S. californiensis* se agrupó adicionalmente con *M. lugubris*, *L. ringens* y en menor frecuencia con *P. crockeri* y *C. townsendi*.

En nuestros resultados, la asociación entre las especies *S. californiensis*, *B. wesethi*, *N. ritteri* y *D. atlanticus* (denominado aquí grupo BATHYLAGOIDES) aparece tal cual fue descrito por Moser *et al.* (1987) como el grupo SYMBOLOPHORUS y con una distribución similar, pero al igual que el grupo SEBASTES, sólo durante la primavera de 2002, lo cual sugirió condiciones ambiental dentro del promedio de acuerdo a los trabajos de Moser *et al.* (1987) y Moser & Smith (1993). Después de la primavera de 2002, suponemos un cambio en las condiciones ambientales que determinaron a su vez cambios en la composición de las especies de esta asociación, ya que *D. atlanticus* no volvió a presentarse en el resto de los muestreos, *N. ritteri* sólo volvió a presentarse en otoño de 2002, *B. wesethi* formo parte del grupo CHIASMODON en otoño de 2003 y *S. californiensis* formo los grupos NANNOBRACHIUM en otoño de 2002 y CHILARA en otoño de 2003.

Debido a la invasión de ASA durante primavera de 2003, cuando de acuerdo a la composición de especies se observó la dominancia de *taxa* de afinidad templada-subártica, se esperaba un desplazamiento hacia el sur de la asociación SYMBOLOPHORUS. Sin embargo, *B. wesethi* se asoció al grupo VINCIGUERRIA y *S. californiensis*. Junto con el resto de las especies asociadas a este grupo, éstas últimas aparecieron como especies poco abundantes y poco frecuentes en la comunidad ictioplanctónica de la región.

Los cambios en esta asociación, ocurridos posteriormente en la primavera de 2002 y su eventual ausencia en la primavera de 2003, son el resultado de la combinación de la intrusión de ASA y el evento EN durante el periodo de estudio. Durante las temporadas de otoño, podemos argumentar un cambio en la composición de especies de esta asociación como resultado del efecto de EN, sumado al calentamiento típico de los meses de otoño, que resulto en la inclusión de especies de afinidad tropical dentro de la asociación principal, como es fue el caso de *D. pacificus* en el grupo NANNOBRACHIUM, y al descenso en la abundancia de las especies de afinidad templado-subártica. Sin embargo, no tenemos un argumento adicional para explicar la ausencia de esta asociación durante la temporada mas fría, la primavera de 2003.

La distribución de los grupos BATHYLAGOIDES, NANNOBRACHIUM y CHILARA, es típicamente norteña como consecuencia de la afinidad principalmente templada-subártica de las especies que componen a los grupos. Durante la temporada de primavera de 2002 la mayor abundancia se encontró en la zona oceánica y fue aparentemente determinado por el flujo geostrófico, que junto con los procesos de surgencia típicos de esta época, se estableció el transporte costa-océano que impidió a las larvas de peces mesopelágicos alcanzar la zona costera. En otoño de 2002 el grupo de especies de afinidad templada-subártica llego prácticamente hasta Bahía Sebastián Vizcaíno, pero en otoño de 2003 llego hasta el Golfo de Ulloa, lo que sugirió la influencia de ASA más al sur que en el año anterior.

En este punto se llego a una aparente contradicción, ya que los resultados de composición de especies, sugirió que en otoño de 2003, la comunidad de larvas de peces estuvo dominada tanto en número de especies como en abundancia, por *taxa* de afinidad tropical-subtropical y por lo tanto, que el exceso de agua de origen ecuatorial durante esta temporada tuvo mayor efecto en la composición de especies, que el que pudo tener la intrusión de agua subártica. No obstante, a pesar de estos resultados, las asociaciones de especies indicaron que durante otoño de 2003 hubo mayor influencia de agua subártica en la región, que la observada en otoño de 2002. El traslape aparente entre la distribución de asociaciones tropicales tales como la del grupo VINCIGUERRIA (que se explicará adelante), con las de las asociaciones templada-subártica en la misma región durante la temporada de otoño de 2003,

pudo ser resultado de las distribuciones verticales de distintas especies entre ambos grupos. De hecho, los datos físicos sugieren que la intrusión de agua subártica es principalmente en los primeros 100 m de la columna de agua y que por debajo de esta hay un exceso de agua tropical con flujo hacia el norte (Durazo *et al.*, 2005). Desafortunadamente no contamos con muestreos estratificados que permitieran comprobar esta hipótesis.

La coincidencia de la presencia del grupo SEBASTES y BATHYLAGOIDES en la primavera de 2002 y su posterior ausencia en la primavera de 2003, nos permitió observar que la intrusión de ASA durante la primavera de 2003, proporcionó condiciones ambientales que permitió la dominancia de especies de afinidad templado-subártica, pero no hay un desplazamiento al sur de las asociaciones norteñas recurrentes como se propuso en la hipótesis planteada, sino que se formaron nuevas asociaciones como resultado de: 1) un transporte diferencial de especies de afinidad templada-subártica hacia el sur; 2) un incremento en la abundancia de las especies residentes de afinidad templada; 3) la ausencia o baja abundancia de algunas especies (p. ejemplo *N. ritteri*, *D. pacificus*, etc.) que normalmente son frecuentes en la región de estudio.

Uno de los grupos más sobresalientes en la CC es el que se forma entre las especies *V. lucetia* y *D. laternatus* que, independientemente de las técnicas utilizadas, aparecieron juntas en el grupo denominado VINCIGUERRIA desde el sur de California hasta el sur de la Península de Baja California, además de presentarse en todos los años desde 1951 (Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993; Aceves-Medina, 2003; Jiménez-Rosenberg, 2008). Es importante mencionar que estas dos especies de mesopelágicos, también aparecieron juntas en diversos trabajos de otras regiones con condiciones ambientales distintas a las de la CC, tales como el Golfo de California (Sánchez-Velasco *et al.*, 2001; Aceves-Medina, 2003; Urias-Leyva, 2007) e incluso en el Golfo de Tehuantepec durante la primavera de 2008 (López-Chávez, 2010).

La razón de esta asociación es, además del carácter mesopelágico de ambas especies, la similitud en las áreas de distribución de los adultos en el Pacífico oriental (FishBase, versión electrónica 11/2010), la coincidencia en los periodos reproductivos de los adultos (Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993) y la similitud en los gradientes de distribución de sus larvas con respecto a los gradientes térmicos, particularmente en la región de estudio, en donde

ambas especies han sido propuestas como indicadoras de procesos de calentamiento y enfriamiento del sistema por sus altas correlaciones de abundancia con las anomalías térmicas al sur de Punta Eugenia (Aceves-Medina, 2003). Al comparar la abundancia de *V. lucetia* y *D. laternatus* registrada entre 1998-2003 en los trabajos de Jiménez-Rosenberg *et al.* (2010) y la observada en este estudio, hay elementos para apoyar la propuesta de que este par de especies pueden ser utilizadas como indicadoras de periodos cálidos y fríos en la región de estudio.

V. lucetia y *D. laternatus* son especies que en la CC se asocian comúnmente con *G. tenuiculus* e *H. atratum* (Loeb *et al.*, 1983; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith 1993; Jiménez-Rosenberg, 2008) y por su afinidad cálida, Moser *et al.* (1987) mencionaron que fueron más abundantes al sur de Bahía Sebastián Vizcaíno, particularmente durante años cálidos, y ausentes o muy poco abundantes al norte en los años fríos, particularmente en la zona costera. En la presente investigación, *G. tenuiculus* apareció con el grupo VINCIGUERRIA sólo durante la temporada de otoño (meses cálidos) e *H. atratum* se agrupó en HYGOPHUM sólo hasta el otoño de 2003, cuando el exceso de agua proveniente del ecuador pareció haber afectado con mayor intensidad. De esta forma, para la zona de estudio la presencia conjunta de las cuatro especies *V. lucetia*, *D. laternatus*, *G. tenuiculus* e *H. atratum* puede considerarse como características del periodo cálido del año.

Otro aspecto importante de este grupo es que su distribución al norte de Punta Eugenia es un indicativo de cambios en las condiciones oceanográficas asociadas a la estacionalidad. La distribución costa-océano del grupo VINCIGUERRIA estuvo determinada por el flujo geostrófico observado durante la primavera. En apariencia, el flujo neto hacia el océano en la columna de agua, ocasionado por el efecto de Coriolis, impidió el arribo de las larvas de peces de las especies mesopelágicas asociadas a este grupo, a las zonas mas costeras.

Es importante también observar la similitud en los contornos de distribución del grupo VINCIGUERRIA con la regionalización derivada del ACC y con los gradientes en la PCM, así como la gran similitud con los límites de distribución hacia la costa y la isoterma de los 16 °C para la primavera de 2002 y de 2003. En este sentido, se propone a este grupo como un indicador de los límites entre los ecosistemas oceánico y costero durante el periodo de primavera; mas aún cuando su distribución es inversa a la distribución de las asociaciones de

especies costeras demersales y epipelágicas costeras como las de los grupos SEBASTES de primavera de 2002-2003 y las del grupo ENGRAULIS de primavera de 2003.

Con la formación de giros y meandros durante las temporadas de otoño, las larvas del grupo VINCIGUERRIA penetraron más hacia la zona costera, llegando a ser el grupo más abundante y el de más amplia distribución. El desplazamiento hacia el norte del área de distribución del grupo VINCIGUERRIA es facilitado por el desplazamiento hacia el norte del límite sureño de la CC (Durazo *et al.*, 2010), que se notó principalmente en otoño de 2003, cuando se observó que el flujo geostrófico mostró una corriente costera en dirección contraria al flujo de la CC, igual a la registrada en años previos frente a Bahía Magdalena entre agosto y noviembre (Zaitzev *et al.*, 2007).

El grupo PRIONOTUS presentó una composición de especies similar a la del grupo SYNODUS descrito por Moser *et al.* (1987), quienes lo ubicaron dentro del complejo costero sureño. Este grupo fue asociado a la plataforma continental de Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa (Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993), pero también se presentó en el Golfo de California (Aceves-Medina *et al.*, 2004). El grupo SYNODUS originalmente estuvo conformado por especies demersales que pertenecen a los géneros *Symphurus*, *Synodus*, *Prionotus* y *Ophidion*. No obstante, los dos últimos *taxa* frecuentemente se separan del grupo, particularmente en ausencia de eventos EN (Moser *et al.*, 1987). En esta investigación, *Ophidion* spp. estuvo ausente y en su lugar se adicionó *P. multifasciatus*. Estas especies tienen picos de reproducción entre los meses de verano-otoño, pero incrementan su abundancia durante eventos de calentamiento, por lo que Moser *et al.* (1987), Moser & Smith (1993) y Jiménez-Rosenberg (2008) lo propusieron como un indicador de los eventos de calentamiento. De esta forma, la presencia del grupo PRIONOTUS en la zona de estudio durante otoño de 2003, apoya la hipótesis de la presencia del evento EN en la región de estudio.

La distribución de este grupo fue restringida a la zona costera de Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa, no obstante la distribución del grupo PRIONOTUS durante otoño de 2003 se extendió hasta el norte de la región de estudio, facilitada por el flujo geostrófico costero hacia el norte, lo cual es también un indicativo de la influencia del evento EN en la región de estudio.

Un conjunto de especies tropicales-subtropicales que no se había presentado formando asociaciones en la región de estudio, fue el grupo TRICHURUS constituido por *T. nitens*, *L. rara*, *L. fitchi* y *T. mexicanus*. De manera regular, las tres primeras especies son poco abundantes y poco frecuentes en la región. Las dos primeras especies no se había observado que formen asociaciones con otras especies (Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993; Aceves-Medina, 2003; Funes-Rodríguez, 2006; Jiménez-Rosenberg, 2008) y sólo *L. fitchi* se había encontrado ocasionalmente asociada con *E. teres* al sur de la región de estudio (Aceves-Medina, 2003).

El grupo TRICHURUS se distribuyó en toda la región de estudio con valores de abundancia homogéneos de norte a sur y de costa a océano, por lo que no es clara la relación de su abundancia con las variables ambientales observadas. Así mismo, el grupo sólo fue observado durante otoño de 2003, lo que impidió establecer relaciones temporales entre la recurrencia de este grupo con alguna condición ambiental específica. No obstante, su naturaleza tropical-subtropical sugiere también el efecto del calentamiento asociado a EN ocurrido durante esta temporada.

El grupo CHIASMODON tampoco se presentó en ninguno de los trabajos anteriores para la región. De hecho, este grupo estuvo formado por especies que normalmente se encontraron incluidas dentro de otros grupos, tales como SYMBOLOPHORUS, CERATOSCOPELUS, TRIPHOTURUS y VINCIGUERRIA (Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993).

La presencia del grupo CHIASMODON fue exclusiva de la temporada de otoño y estuvo constituido principalmente las especies *C. niger*, *S. atriventer*, *B. wesethi*, *C. acclinidens* y *S. guentheri*. La especie *C. niger* (la más abundante del grupo) y *S. guentheri* no se habían encontrado formando asociaciones en otros trabajos, pero *B. wesethi* y *Cyclothone* spp. pertenecieron en diferentes trabajos al grupo SYMBOLOPHORUS (Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993). Aparte de estas cinco especies, durante otoño de 2002, se sumaron al grupo CHIASMODON *D. atlanticus* y *C. signata* (normalmente incluidas dentro del grupo SYMBOLOPHORUS), *T. mexicanus* (grupo TRIPHOTURUS) y *M. lugubris* que no había estado asociada a ningún grupo en trabajos anteriores; mientras que en otoño de 2003 se anexan *N. resplendens* y *L. urophaos* que componen el grupo CERATOSCOPELUS (Loeb *et*

al., 1983b; Moser *et al.*, 1987; Moser & Smith, 1993; Aceves-Medina, 2003; Jiménez-Rosenberg, 2008).

En la temporada de otoño de 2002 y de 2003 este grupo presentó especies exclusivamente meso y batipelágicas, con mezcla de afinidades subárticas, templadas, tropicales y/o subtropicales. Esta mezcla de especies de diferente afinidad se reflejó en la amplia distribución del grupo en toda la región de estudio, no obstante, los gradientes de distribución de los subgrupos formados mostraron un subgrupo más abundante en la zona norteña, dos más abundantes en la zona central y, uno de amplia distribución.

Tanto la distribución como la composición de especies del grupo CHIASMODON, sugieren que es un grupo transicional, tanto espacial como temporalmente, muy probablemente formado por la conjugación del evento EN y la intrusión de ASA, y por lo tanto, como se observó al contrastar la distribución con las variables ambientales, la abundancia de este grupo no guardó relación con ninguno de los gradientes ambientales medidos.

El periodo de estudio estuvo caracterizado por la presencia simultánea de EN y la intrusión de agua subártica. Los datos físicos mostraron que la presencia del evento EN se registró por debajo de los 100 m de profundidad durante verano de 2002 hasta el invierno de 2003 y al mismo tiempo, por arriba de los 100 m existió el dominio de ASA, que empezó en el norte desde el verano de 2002 y terminó hasta la primavera de 2006 (Durazo *et al.*, 2005; Durazo, 2009). Por su parte, los indicadores biológicos como la concentración de clorofila *a* y los quetognatos indicaron que EN había finalizado durante la primavera de 2003 (Durazo *et al.*, 2005).

Los resultados de la presente investigación coinciden parcialmente con lo encontrado por Durazo *et al.* (2005), ya que el dominio de especies templado-subárticas y los valores históricos más bajos de la serie IMECOCAL en la riqueza y en la abundancia de larvas de peces, así como en las anomalías de abundancia negativas de las especies indicadoras de eventos EN (*V. lucetia* y *D. laternatus*), sugieren de manera aislada que para la primavera de 2003 el evento EN había terminado. Sin embargo, los datos obtenidos durante otoño de 2003 mostraron el predominio de especies de afinidad tropical-subtropical, con el segundo valor

más alto en la riqueza y la abundancia de la serie IMECOCAL. Así mismo, las anomalías de abundancia de las especies indicadoras mostraron los valores más altos para las especies cálidas *V. lucetia* y *D. laternatus* y los más bajos para las especies templado y/o subártica (*E. mordax* y *S. sagax*).

Otros indicadores importantes son: 1) La distribución de las especies de afinidad tropical-subtropical en ambos cruceros de otoño. Comparativamente, la comunidad tropical durante otoño de 2003, alcanzó una distribución mucho mas norteña que la de otoño de 2002, en este último año, se observó la típica regionalización latitudinal registrada en trabajos previos para la región de estudio (Loeb *et al.*, 1983b; Moser *et al.*, 1987; Aceves-Medina, 2003; Jiménez-Rosenberg, 2008). Más aún, la frontera entre la comunidad tropical-subtropical con la templado subártica, se determinó en las vecindades de la isoterma de los 20.5°C en otoño de 2003, mientras que en otoño de 2002 fue en la isoterma de los 19.5 °C; 2) El número de asociaciones tropicales-subtropicales se incrementó de dos en otoño de 2002 a cinco en otoño de 2003, e incluso es superior a las dos asociaciones de afinidad tropical-subtropical encontradas en la misma región de estudio en el evento EN 1997-1998.

Los indicadores biológicos analizados en este trabajo, sugieren por lo tanto que los efectos del evento EN impactaron en el ambiente pelágico de la Costa Occidental de Baja California al menos hasta otoño de 2003.

El efecto de la intrusión de ASA, fue visible en la composición de especies sólo durante primavera de 2003, en el que a pesar de que dominaron las especies templado-subárticas, la riqueza y la abundancia de especies disminuyen de manera significativa. Los efectos registrados en trabajos anteriores por el exceso de agua más fría y menos salada, incluyen un rápido descenso en la concentración de clorofila *a* y la biomasa zooplanctónica desde 2002 hasta el 2003, seguidos de un incremento de los valores de abundancia de zooplancton con un retardo latitudinal, terminando en la región central de Baja California (Lavaniegos, 2009). Este retardo, permitió el incremento significativo en la abundancia de larvas de peces de otoño de 2003, particularmente de especies tropicales-subtropicales.

Los incrementos en la concentración de clorofila *a* y biomasa zooplanctónica, son resultado de la advección de nutrientes del norte y explican el incremento de especies

herbívoras y carnívoras encontradas por Lavaniegos (2009). La advección provocada por la intrusión de ASA, supone entonces un desplazamiento al sur de las comunidades templado-subárticas, de acuerdo al patrón general observado durante periodos de enfriamiento, en los que especies como *S. sagax* y *M. productus* extienden su distribución hacia el sur (CITA). No obstante, el desplazamiento de las asociaciones de ambientes fríos hacia el sur no fue observado tal como se planteó en la hipótesis.

Si bien, tanto en primavera como en otoño de 2003 es evidente la presencia de asociaciones de afinidad templado-subártica, la composición de éstas cambia de manera importante. En primavera y otoño de 2002 las asociaciones fueron similares a las ya descritas para el área de estudio, pero en primavera y otoño de 2003 se forman grupos no observados con anterioridad debido a: 1) la presencia de nuevas especies; 2) la ausencia de otras que normalmente eran abundantes y 3) por la combinación de especies de diferentes asociaciones.

El traslape en la distribución de las asociaciones templada-subártica con la de las tropical-subtropical, particularmente en otoño de 2003 en donde se observó en toda el región de estudio, sugirió la distribución diferencial de los grupos en la vertical, que pudo deberse a la intrusión de ASA en los primeros 100 m de la columna de agua, mientras que la masa de agua proveniente del ecuador estuvo por debajo de los 100 m.

En general, encontramos que el análisis de la composición, distribución y abundancia de las larvas de peces, permite establecer parámetros de referencia importantes para integrar el componente biológico al análisis del efecto de los procesos oceanográficos en el ecosistema pelágico. Se ha observado que en ocasiones las variables físicas pueden no evidenciar la presencia de fenómenos climáticos simultáneos diferentes (Lluch-Belda *et al.*, 2003). El uso de indicadores biológicos ha mostrado que algunas especies, pueden ser susceptibles a cambios ambientales no percibidos por los instrumentos de medición (Jiménez-Rosenberg & Aceves-Medina, 2009), debido a que los indicadores biológicos responden de manera distinta a la variabilidad climática, lo que los hace útiles para discriminar entre señales de diferente naturaleza y de diferentes escalas de tiempo (Lluch-Belda *et al.*, 2003).

Si bien se han hecho contribuciones importantes con respecto al uso de indicadores biológicos, aún faltan aspectos por conocer que nos permitan tener un mejor conocimiento del efecto del cambio ambiental en las variaciones naturales de las comunidades marinas.

Conclusiones.

❖ La riqueza de especies registradas durante la primavera y otoño de 2002 y 2003, resaltó el carácter transicional de la región de estudio, así como su importancia como uno de los ecosistemas subtropicales de más alta diversidad en la región del Pacífico Americano, y como un centro de reproducción y crianza importante, representado por la diversidad de sus larvas, para un gran número de especies de ambientes templados y tropicales, incluyendo a especies de interés ecológico y comercial.

❖ La considerable cantidad de especies de larvas de peces registradas en este estudio, es atribuida a un efecto de borde ocasionado por dos circunstancias principales: 1) la interacción entre la comunidad asociada a la plataforma continental de la Península de Baja California, en donde las especies epipelágico-costeras y demersales como *E. mordax*, *S. sagax*, *M. productus* y *Sebastes* spp y la comunidad oceánica, donde predominaron especies meso y batipelágicas como *V. lucetia*, *D. laternatus* y *T. mexicanus*, entre otras; 2) por la ubicación entre dos provincias biogeográficas principales (Mexicana y San Dieguina).

El efecto combinado del evento El Niño 2002-2004 y la intrusión anómala de agua subártica, afectaron de manera diferencial la composición y abundancia de larvas de peces dependiendo de la estación del año, ya que:

❖ Durante la primavera de 2003 la presencia de agua subártica potencializó el enfriamiento del ecosistema durante los meses fríos, disminuyendo significativamente la riqueza de especies, que alcanzó el valor histórico más bajo de la serie IMECOCAL, así como la menor abundancia de larvas de peces. Las especies de afinidad templada-subártica tienden a incrementar su abundancia con respecto a años cálidos, pero no en la misma magnitud que en años caracterizados únicamente por procesos de enfriamiento del sistema, como LA NIÑA. Por lo tanto, la presencia del fenómeno de EN no es detectado en la composición de especies durante la primavera.

❖ Durante el otoño de 2003, el efecto de la intrusión de agua subártica no es evidente, ya que el efecto de EL NIÑO se potencializó con el calentamiento del sistema durante los meses cálidos del año, observándose un incremento significativo en la riqueza y la abundancia de las especies, particularmente de ambientes tropicales y subtropicales y, que determinó el hallazgo del segundo valor mas alto en la riqueza y la abundancia de especies (principalmente tropicales), para el otoño de la serie IMECOCAL.

❖ Durante la primavera, los gradientes de distribución costa-océano de las larvas de peces al sur de la Corriente de California están fuertemente definidos por los procesos de surgencias y por el flujo principal de la Corriente de California. Lo que ocasionó la formación una zona costera, conformada por especies de afinidad templada-subártica y una zona oceánica constituida por especies de afinidad tropical-subtropical, determinadas por el flujo principal de la Corriente de California y la isoterma de los 16 °C.

❖ Los resultados de este trabajo permitieron proponer el uso de la isoterma de los 16°C como criterio para establecer los límites de distribución entre las faunas templado-subártica y la tropical-subtropical durante la temporada de primavera.

❖ En la temporada de otoño el debilitamiento de la Corriente de California y la formación de giros de mesoescala, permitieron el acercamiento de especies mesopelágicas hacia la costa, ocasionando que los gradientes de distribución fueran latitudinales.

❖ Los límites de distribución entre las faunas templada-subártica y tropical-subtropical durante el otoño coincidieron con la isoterma de los 19.5 °C para el 2002 y 20.5 °C para el 2003. Esto permitió apoyar la hipótesis de Aceves-Medina (2003), de que la isoterma de los 20 °C se puede usar para determinar los límites entre las comunidades durante la temporada de otoño.

❖ El calentamiento del sistema, asociado a la estacionalidad durante la temporada de otoño de 2003, más el efecto de el incremento del volumen de agua de origen ecuatorial, cercano a los 200 m de profundidad, favoreció a las especies sureñas, que comúnmente son poco abundantes y poco frecuentes, para alcanzar mayor frecuencia

de aparición y aumento en su abundancia, como fue el caso de *T. nitens*, que en trabajos anteriores fue poco abundante en toda la región de estudio.

❖ Aunque la evidencia física en la región de estudio indicó que para primavera de 2003 el evento EL NIÑO había llegado a su fin. Los resultados obtenidos en la presente investigación resaltaron que la extensión hacia el norte de la comunidad de especies de afinidad tropical-subtropical, adicional a los valores inusualmente altos de riqueza y abundancia de las mismas en la serie IMECOCAL proporcionó evidencias de la presencia del evento El Niño, al menos hasta otoño de 2003.

❖ En general, no existe un desplazamiento hacia el sur de las asociaciones norteñas, relacionados con la intrusión de agua subártica como se planteó en la hipótesis. En lugar de esto, la intrusión de aguas frías y menos saladas ocasionó la presencia de asociaciones distintas, debido a: 1) un transporte diferencial de especies de afinidad templada-subártica hacia el sur durante la primavera de 2003; 2) un incremento en la abundancia de las especies residentes de afinidad templada durante la primavera de 2003 y, 3) la ausencia o baja abundancia de algunas especies que normalmente son frecuentes en la región de estudio.

❖ Los grupos recurrentes de SEBASTES, ENGRAULIS y BATHYLAGOIDES son indicativos de condiciones frías de la época de primavera, los cuales se distribuyeron en la zona costera y en la zona norte de nuestra región de estudio. Mientras que, la presencia de los grupos VINCIGUERRIA y PRIONOTUS fue indicativa de periodos estacionales cálidos, así como de periodos de calentamiento como el evento EL NIÑO.

Recomendaciones

Estimular el desarrollo de estudios descriptivos de larvas de peces ya que aún hay una gran cantidad de especies que no es posible identificar y el trabajo de asociaciones entre especies requiere de información precisa en cuanto al tipo de especies que las componen.

Establecer un mayor número de estaciones costeras que permitan capturar especies demersales y epipelágico-costeras que comúnmente no son obtenidas en los cruceros realizados por el programa IMECOCAL

En la mayor parte de los trabajos ecológicos, se usan a las especies con mayor abundancia y/o mayor presencia, como estas tienden a distribuirse en la mayor parte de la zona de muestreo no permiten notar cambios en especies poco abundantes y/o poco frecuentes que pueden ser indicativas de procesos importantes. Posiblemente, esto está ocultando información relevante, la cual no ha sido observada con las especies abundantes y frecuentes.

Hace falta anexar arrastres estratificados en el programa IMECOCAL, que permitan conocer de manera más precisa la profundidad a la que son obtenidos los organismos recolectados. Ya que al momento de observar las coincidencias estacionales de especies de larvas de peces que conforman a un grupo determinado, no sabemos con certeza a la profundidad a la cual se distribuyeron estas.

De esta manera, también se obtendría mejor información en relación con las variables ambientales y su influencia en las larvas de peces en la columna de agua y aportar más evidencias para entender cómo responden las comunidades de larvas de peces ante los cambios físicos y químicos que suceden en la región de estudio.

Bibliografía.

- Aceves-Medina, G. 2003. *Grupos de larvas de peces recurrentes en la costa de Baja California Sur y región central del Golfo de California*. Tesis Doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz. B.C.S. México. 132.
- Aceves-Medina, G., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna-Martínez, D. Lluch-Belda, P. E. Smith & William Watson. 2003. Fish larvae from the Gulf of California. *Scientia Marina*, 67 (1): 1-11.
- 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., C. J. Robinson, R. Palomares-García & J. Gómez-Gutiérrez. 2009a. Analysis of the vertical distribution of the abundance of small pelagic fish larvae in the Gulf of California using submarine videocameras. *CICIMAR oceánides*. 24 (2): 153-159.
- Aceves-Medina, G., R. Palomares-García, J. Gómez-Gutiérrez, C. J. Robinson & R. J. Saldierna-Martínez. 2009b. Multivariate characterization of spawning and larval environments of small pelagics fishes in the Gulf of California. *Journal of plankton research*. 31 (10): 1283-1297.
- Aguirre-Hernández, E., G. Gaxiola-Castro, S. Nájera-Martínez, T. Baumgartner, M. Kahru & B. G. Mitchel. 2004. Phytoplankton absorption, photosynthetic parameters, and primary production off Baja California: summer and autumn 1998, *Deep-Sea Research II* 51.
- Ahlstrom, E. H. 1960. Fish spawning in 1977 and 1958. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Reports*. 7: 173-179.
- Ahlstrom, E. H. 1965. Rinds and abundance of fishes in the California Current region based on egg and larval surreys. *California Marine Research Committee, California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 10: 31-52.
- Baumgartner, T., R. Durazo, B. Lavaniegos, G. Gaxiola-Castro, J. Gómez & J. García. 2008. Ten years of change from IMECOCAL observations in the southern

region of the California Current Ecosystem. *Globec International News Letter*. Vol. 14, No. 2: 43-54.

- Bograd, S. J., W. J. Sydeman, J. Barlow, A. Booth, R.D. Brodeur, J. Calambokidis, F. Chavez, W. R. Crawford, E. Di Lorenzo, R. Durazo, R. Emmett, J. Field, G. Gaxilola-Castro, W. Gilly, R. Goericke, J. Hildebrand, Irvine, J. E. M. Kahru, J. A. Koslow, B. Lavaniegos, M. Lowry, D. L. Mackas, M. Manzano-Sarabia, S. M. McKinnell, B. G. Mitchell, L. Munger, R. I. Perry, W. T. Peterson, S. Ralston, J. Schweigert, A. Suntsov, R. Tanasichuk, Thomas, A. C & F. Whitney, 2010. Status and trends of the California Current Region, 2003-2008. 106-141 pp. In S. M. McKinnell & M. J. Dagg [Eds.] *Marine Ecosystems of the North Pacific Ocean, 2003-2008. PICES Special Publication 4*, 393.
- Briggs, J.C. 1974. *Marine zoogeography*. McGraw Hill Book Co. EUA. 475.
- Brinton, E. & A. Townsend. 2003. Decadal variability in abundances of the dominant euphausiid species in southern sectors of the California Current. *Deep Sea Research*. II. 50. 2449-2472.
- Brodeur, R. D., W. T. Peterson, T. D. Auth, H. L. Soulen, M. M. Parnel & A. A. Emerson. 2008. Abundance and diversity of coastal fish larvae as indicators of recent changes in ocean and climate conditions in the Oregon upwelling zone. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 366: 187-202.
- Buckley, L. J. & R. G. Lough, 1987. Recent growth biochemical composition and prey field of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and atlantic cod (*Gadus morua*) on Georges Bank. *Canadian of Journal Fisheries Aquatic Sciences*. 44 (1): 14-25.
- Burnette, J. G., E. L. Macaulay, W. W. Ambrose, R. C. Miller, J. R. Biven, J. V. Morris, H. Bastain, E. Gordon, & D. T. Saxby J. F. Hanssen. 1950. *California Cooperative Research Program, Progress Reports*. 1: 1-54.

- Burnette, J. G., D. T. Saxby, R. S. Croker, W. W. Ambrose, J. R. Biven, P. Denny, E. Gordon, R. C. Miller & J. V. Morris. 1952. *California Cooperative Research Program, Progress Reports*. 2: 1-51.
- 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. *Hidrobiológica*. 5 (1-2): 57-78.
- Chavez, F. P., J. T. Pennington, C. G. Castro, J. P. Ryan, R. P. Mishisaki, B. Schlining, P. Walz, K. R. Buck, A. McFaden, & C. A. Collins. 2002. Biological and chemical consequences of the 1997–98 El Niño in central California waters. *Progress in Oceanographic*. 54(1–4): 205–232.
- Durazo, R. 2009. Climate and upper ocean variability off Baja California, Mexico: 1997–2008. *Progress in oceanography*. 83: 361-368.
- Durazo, R. & T. Baumgartner. 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997–1999. *Progress in Oceanographic*. 54:7–31.
- Durazo, R., G. Gaxiola-Castro, B. Lavaniegos, R. Castro-Valdez J. Gómez-Valdés & Da S. Mascarenhas, Jr. 2005. Oceanographic conditions west of the Baja California coast, 2002–2003: A weak El Niño and subarctic water enhancement. *Ciencias Marinas*. 31(3): 537–552.
- Durazo, R., A. M. Ramírez-Manguilar, L. E. Miranda & L. A. Soto-Mardones. 2010. Climatología de variables hidrográficas. 25-57. En: Gaxiola-Castro, G. & R. Durazo (Eds). *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997-2007. Diez años de las investigaciones mexicanas de la Corriente de California*. 504.
- Eschmeyer, W. N & R. Fricke, (eds.) *Catalog of Fishes electronic version* (10 February 2011). <http://research.calacademy.org/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
- Espinosa-Carreón, T. L., P. T. Strub, E. Beier, F. Ocampo-Torres & G. Gaxiola-Castro. 2004. Seasonal and interannual variability of satellite-derived chlorophyll pigment, surface height, and temperature off Baja California, *Journal of Geophysical Research*. 109. 1-20.

- Filonov, A. E., C. O. Monzón, & I. E. Tereshchenko. 1996. A technique for fast conductivity-temperature-depth oceanographic surveys. *Geofísica Internacional*. 35 (4): 415-420.
- Froese, R & D. Pauly. Editors. 2010. FishBase. *World Wide Web electronic publication*. www.fishbase.org, version (11/2010).
- Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter & V. H. Niem. 1995. *Guía FAO para identificación de especies para los fines de pesca*. Pacífico centro-oriental. Vol. II. Vertebrados – Parte 1. Roma, FAO. Vol. II: 647 – 1200.
- Funes-Rodríguez, R., M. A. Fernández-A. & R. González-A. 1998. Larvas de peces recolectadas durante dos eventos El Niño en la Costa Occidental de Baja California Sur, México 1958-1959 y 1983-1984. *Océánides*. 13 (1): 67-75.
- Funes-Rodríguez, R., C. Flores-Coto, A. Esquivel-Herrera, M. A. Fernández-Álamo & A. García-Gasca. 2002. Larval fish community structure along the West Coast of Baja California during and after the El Niño Event (1983). *Bulletin of Marine Science*. 70 (1):41-54.
- Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, G. Aceves-Medina, S. P. A. Jiménez-Rosenberg & J. Bautista-Romero. 2006. Influences of El Niño on assemblages of mesopelagic fish larvae along the Pacific Coast of Baja California Sur. *Fisheries Oceanography*. 15:3, 244-255.
- Funes-Rodríguez, R., J. F. Elorduy-Garay & A. Hinojosa-Medina. 2009. Interannual distribution of Pacific Hake *Merluccius productus* larvae in the southern part of the California Current. *Journal of Fish Biology*. 75, 630-646.
- García-Cordoba, J., J. M. Robles-Pacheco & J. Gómez-Valdés. 2005. Informe de Datos de CTD. Campaña IMECOCAL 0407. B/O Francisco de Ulloa. Julio 9 - 29 de 2004. Informe Técnico. *Comunicaciones Académicas, Serie Oceanografía Física, CICESE*, 147.
- Garth, J. 1960. Distribution and affinities of the Brachyuran Crustacea. Synip: The Biogeography of Baja California and Adjacent Seas. *Systematic Zoology*. 9 (3 and 4):105-123.

- Goericke, R., E. Venrick, A. Mantyla, S. J. Bograd, F. B. Schwing, A. Huyer, R. L. Smith, P. A. Wheeler, R. Hoof, W. T. Peterson, G. Gaxiola-Castro, J. Gómez-Valdes, B. Lavaniegos, K. D. Hyrenbach & W. J. Sydeman. 2005. The state of the California Current, 2003–2004: A rare “normal” year. *California Cooperative Fisheries investigations Reports*. 45: 27–59.
- Gómez-Valdés, J. 1981. *Variación estacional en el Sistema de la Corriente de California frente a Ensenada, Baja California*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. 165.
- Gonzales-Rodríguez, E. 2008. *Variabilidad de la productividad primaria en el Golfo de Ulloa, Costa Occidental de Baja California, México*. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 143.
- Green-Ruíz, Y. A. and 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 the sea surface temperatures. *Journal of Plankton Research*. 19 (8): 957-968.
- Hall, C. 1964. Shallow water marine climates and molluscan provinces. *Ecology*. 45 (2): 226-234.
- Hayward, T. L., R. Durazo, T. Murphree, T. Baumgarther, G. Gaxiola-Castro, F. B. Schwing, M. J. Tegner, D. M. Checkley, K. D. Hyrenbach, A. R. Mantyla, M. M. Mullin & P. E. Smith. 1999. The state of the California Current in 1998-1999: transition to cool-water conditions. *California Cooperative Fisheries investigations Reports*. 40: 29-62.
- Hernández-Rivas, M. E., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez & R. J. Saldierna-Martínez. 2000. El centro de actividad biológica de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. 65-85. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota G. Ponce-Díaz (eds) *BAC's: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. CIBN CONACyT.
- Hewitt, R. P. 1981. Eddies and speciation in the California Current. *California Cooperative Fisheries investigations Reports*. 22: 96-98.

- Hickey, B. M. 1998. Coastal oceanography of western North America from the tip of Baja California to Vancouver Island. En: Robinson AR, Brink KH (Eds.). Wiley, New York. *Coastal Segment The Sea*. Vol 11. 345–391.
- Hjört, J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. *Rapp. P. –v. Réunion de Councel Pour L'exploration de la Mer*. 20:1-228.
- Hooff, R.C. & W. T. Peterson, 2006. Copepod biodiversity as an indicator of changes in ocean and climate conditions of the northern California Current ecosystem. *Limnology and Oceanography*. 51 (6), 2607–2620.
- Hubbs, C. 1960. The marine vertebrates of the outer coast. Symp: The Biogeography of Baja California and Adjacent Seas. *Systematic Zoology*. 9 (3and 4):134-147 p.
- Huebert, K. B., S. Sponaugle & R. K. Cowen. 2010. Predicting the vertical distributions of reef fish larvae in the straits of Florida from environmental factors. *Canadian of Journal Fisheries Aquatic Sciences*. 67: 1755-1767 pp. doi. 10.1139/F10-116.
- Jiménez–Rosenberg, S. P. A. 2008. *Asociaciones de larvas de peces por estadio de desarrollo en la Costa Noroccidental de la Península de Baja California*. Tesis Doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz. B.C.S. México. 270.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A. & G. Aceves-Medina. 2009. Indicadores biológicos en el ambiente pelágico. *CICIMAR Océánides*. 24(2): 113-127.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A., R. J. Saldierna-Martínez, G. Aceves-Medina & V. M. Cota-Gómez. 2007. Fish larvae in Bahía Sebastián Vizcaíno and the adjacent oceanic region, Baja California, México. *Check List* 3(3): 204-223.
- Jiménez-Rosenberg, S. P. A., R. J. Saldierna-Martínez, G. Aceves-Medina, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, M. E. Hernández-Rivas & R. Avendaño-Ibarra. 2010. Fish larvae off the northwestern coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of species list and distribution*. Vol. 6. 334-349.
- Kramer, D. M., J. Kalin. E.G, Stevens, J. R. Thrailkill & R. Zweifel. 1972. Collecting and processing data on fish eggs and larvae in the California Current.

National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service.
38.

- Lavaniegos, B. 2009. Influence a multiyear event of low salinity on the zooplankton from Mexican eco-regions of the California Current. *Progress in Oceanography*. 83: 369-375.
- Lavaniegos, B., G. Gaxiola-Castro, L.C. Jiménez-Pérez, M. R. González-Esparza, T. Baumgartner & García-Cordoba, J. 2003. 1997-98 El Niño effects on the pelagic ecosystem of the California current off Baja California, Mexico. *Geofísica Internacional*. Vol. 42, Num. 3. 483-494.
- León-Chávez, C. A. 2008. *Asociaciones de larvas de peces como indicadores de la dinámica superficial en el Pacífico Nororiental tropical frente a México (Noviembre de 2005, Marzo de 2007)*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, La Paz. B.C.S. México. 79.
- Lluch-Belda, D. 2000. Centros de actividad Biológica en la Costa de Baja California. 49-64. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota, G. Ponce-Díaz (eds) *BAC's: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. CIBN CONACyT.
- Lluch-Belda, D., D. B. Lluch-Cota & S. E. Lluch-Cota. 2003. Scales of interannual variability in the California Current System: associated physical mechanisms and likely ecological impacts. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 44: 76-84.
- Loeb, V. J., P. E. Smith & H. G. Moser. 1983a. Ichthyoplankton y Zooplankton abundances patterns in the California Current area, 1975. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 24: 109-131.
- Loeb, V. J., P. E. Smith & H. G. Moser. 1983b. Recurrent groups of larval fish species in the California Current area. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 24: 152-164.
- López-Chávez, O. 2010. *Caracterización de las asociaciones de larvas de peces del Golfo de Tehuantepec, México*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, La Paz. B.C.S. México. 117.

- Lynn, R. J. & S. J. Bograd. 2002. Dynamic evolution of the 1997-1999 El Niño-La Niña cycle in the southern California Current System. *Progress in oceanography*. 54, 59-75.
- Lynn, R. J. & J. J. Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *Journal of Geophysical Research*. 92. 12,947-12,966.
- McCune, B. & J. B. Grace. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Ed. Bruce McCune, USA. 143-164.
- McCune, B. & M. J. Medford. 1999. *Pc-Ord for windows, multivariate analysis of ecological data, version 4.10. mjm software design*. Glendon Beach, USA.
- McGowan, J. A., R. C. Daniel & M. D. Leroy. 1998. Climate Ocean variability and ecosystem response in the Northeast Pacific. *Science*, Vol. 281. 210-217.
- McPhaden, M. J. 1999. Genesis and evolution of the 1997-98 El Niño. *Science*, 283, 950–954.
- McPhaden, M. J. 2004. Evolution of the 2002–2003 El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 85, 677.
- Moser, H. G. 1996. The early stages of fishes in the California Current region. Allen Press Inc. Lawrence, Kansas. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. Atlas No. 33. 1505.
- Moser, H. G. & T. Pommeranz. 1998. Vertical distribution of eggs and larvae of northern anchovy, *Engraulis mordax*, and of the larvae of associated fishes at two sites in the southern California Bight. *Fishery Bulletin*. 97: 920-943.
- Moser, H. G. & Smith P. E. 1993. Larval fish assemblages in the California Current region and their horizontal and vertical distributions across a front. *Bulletin of Marine Science*. 53 (2): 645-691.
- Moser, H. G., P. E. Smith & L. E. Eber. 1987. Larval Fish assemblages in the California Current Region, 1954–1960, a period of dynamic environmental change. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 28: 97–127.
- Moser, H. G., L. R. Charter, P. E. Smith, D. A. Ambrose, S. R. Charter, C. A. Meyer, E. M. Sandknop & W. Watson. 1993. Distributional atlas of fish larvae and

eggs in the California Current Region: *taxa* with 1000 or more total larvae, 1955 through 1984. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. Atlas no. 31. 233.

- Pares-Sierra, A., M. López & E. G. Pavía. 1997. Contribuciones a la oceanografía física en México. Monografía No. 3 UGM, 1-24. En: Lavín, M. F. (Ed). *Contribuciones a la oceanografía física en México*. Unión Geofísica Mexicana. Monografía no. 3.
- Reid, J. L. Roden, G. I. & Wyllie, J. G. 1958. Studies of the California Current System. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 7-1-56 a 1-1-58. 27-57 pp.
- Sánchez-Velasco, L., J. E. Valdez-Holguín, B. Shirasago, M. A. Cisneros-Mata & A. Zarate. 2001. Changes in the spawning environment of *Sardinops caeruleus* in the Gulf of California during EL NIÑO 1997-1998. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 56. 1-11.
- Smith, P. E. & S. L. Richardson. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys. *FAO Fisheries Technical Paper*. 175. 100.
- Soto-Mardones, L., A. Parés-Sierra, J. García-Cordoba, R. Durazo & S. Hormazabal. 2004. Analysis of the mesoscale structure in the IMECOCAL region (off Baja California) from hydrographic, ADCP and altimetry data. *Deep Sea Research*. Part II, 51, 785-798.
- Soule, J. 1960. The distribution and affinities of the littoral marine bryozoa (Ectoprocta). Symp: The Biogeography of Baja California and adjacent seas. *Systematic Zoology*. 9 (3 and 4): 100-104.
- Strub, P. T., D. Ainley, J. Barth, H. Batchelder, T. Baumgartner, L. Botsford, T. Cowles, J. Eckman, P. Franks, S. Gaines, A. Hollowed, G. Hunt, R. J. Lynn, D. L. Mackas, M. Ohman, B. Peterson, T. Powell, F. B. Schwing & P. E. Smith. 1994. Easter Boundary Current Program. *U. S. Global Ocean Ecosystems Dynamics*. Report no. 11. 1-124 p.

- Sverdrup, H. U & R. H. Fleming. 1941. The waters of the coast southern California, March to July 1937. *Bulletin Scripps Institution Oceanography*. 4 (10). 261–378.
- Sverdrup, H. U., M. W. Johnson & R. H. Fleming, 1942. *The Oceans, their physics, chemistry, and general biology*. Prentice-hall, New York, 1087.
- Urias-Leyva H. 2007. *Regionalización del Golfo de California basada en el análisis de asociaciones de larvas de peces*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Occidente. Guasave, Sinaloa, México. 73.
- Valentine, J. 1966. Numerical analysis of marine molluscan ranges on the extratropical northeastern Pacific shelf. *Limnology and Oceanography*. 11: 198- 211.
- Venrick, E., S. J. Bograd, D. Checkley, S. Cummings, R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, J. Hunter, A. Huyer, K. D. Hyrenbach, B. Lavaniegos, A. Mantyla, F. B. Schwing, R. L. Smith, W. J. Sydeman & P. A. Wheeler. 2003. The state of the California Current, 2002–2003: Tropical and subarctic influences vie for dominance. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*. 44: 28–60.
- Ward, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize objective function. *Journal of the American Statistical Association*. 58: 236-244.
- Whittaker, R. H. 1975. *Communities and ecosystems*. Second Edition. Mamillan Publishing. ISBN 0-02-427390-2. 35.
- Wyrcki, K. 1965. *Summary of the physical oceanography of the Eastern Pacific Ocean*. Institute of Marine Resources, University of California, San Diego, Ref. 65-10. 78.
- Wyrcki, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *Océanography Marine Biology Annual Review*, 4, 33-68.
- Zaitzev, O., O. Sánchez-Montante, C. J. Robinson. 2007. Características del ambiente hidrofísico de la plataforma continental y zona oceánica adyacente al sistema lagunar Bahía Magdalena-Almejas. 29-43. En: Funes-Rodríguez, R., J. Gómez-Gutiérrez, R. Palomares-García (Eds). *Estudios ecológicos en Bahía Magdalena*, IPN-CICIMAR, La Paz, Baja California Sur, México. 311.

Anexos.

Anexo 1: Lista de *taxa* de las larvas de peces y su respectiva abundancia durante los cruceros de abril y octubre de 2002-2003. Para cada *taxa* se presenta el tipo de hábitat: B) Batipelágico, M) Mesopelágico, BP) Bentopelágico, D) Demersal, RA) Asociado a arrecife rocoso, CP) Pelágico Costero, EP) Epipelágico, EM) Epipelágico-Mesoplágico, MB) Mesopelágico-Batipelágico; y afinidad faunística: Sa) Subártico, Tm) Templado, Sa-Tm) Subártico-Templado, Trans) Transicional, Sbtr) Subtropical, Tr) Tropical y Sbtr-tr) Subtropical-tropical, y ADPO) Amplia Distribución en el Pacífico Oriental.

<i>Taxa</i>	Hábitat	Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
Muraenidae						
<i>Gymnothorax mordax</i> (Ayres 1859)	RA	Tr-Sbtr				3
Ophichthidae						
<i>Ophichthus</i> sp. 1	D	Tr-Sbtr				10
<i>Ophichthus zophochir</i> Jordan & Gilbert, 1882	D	Tr-Sbtr				4
Nettastomatidae						
<i>Facciolella gilbertii</i> (Garman, 1899)	BP	Sbtr	3	4		3
Clupeidae						
<i>Etrumeus teres</i> (DeKay, 1842)	CP	ADPO				7
<i>Sardinops sagax</i> (Jenyns, 1842)	CP	Sa-Tm	707		798	42
Engraulidae						
<i>Engraulis mordax</i> Girard, 1854	CP	Tm	829		319	135
Bathylagidae						
<i>Bathylagoides wesethi</i> Bolin, 1938	B	Tm	689	262	53	705
<i>Leuroglossus</i> sp. 1	B	Sa-Tm	25			
<i>Leuroglossus stilbius</i> Gilbert, 1890	B	ADPO	596		20	16
<i>Lipolagus ochotensis</i> (Schmidt, 1938)	B	Tm	342		32	5
Microstomatidae						
<i>Microstoma</i> sp. 1	B	ADPO		4		
<i>Nansenia candida</i> Cohen, 1958	B	Tm	14			3
<i>Nansenia crassa</i> Lavenberg, 1965	BP	Tm	17			4
Gonostomatidae						
<i>Cyclothone acclinidens</i> Garman, 1899	B	Tr-Sbtr	13	118		198
<i>Cyclothone signata</i> Garman, 1899	B	Tr-Sbtr	724	433	61	663
<i>Cyclothone</i> sp. 1	B	Tr-sbtr				4
<i>Diplophos taenia</i> Günther, 1873	B	Tr-Sbtr		11		

Anexo 1: Continuación...

<i>Taxa</i>	Hábitat	Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
Sternoptychidae						
Sternoptychidae sp. 1	B	Tr-sbtr				3
<i>Sternoptyx obscura</i>	B	Tr				6
<i>Sternoptyx</i> sp. 1	B	Tr-Sbtr				5
Phosichthyidae						
<i>Ichthyococcus irregularis</i> Rechnitzer & Böhlke, 1958	B	ADPO	22	22	5	33
<i>Vinciguerria lucetia</i> (Garman, 1899)	B	Tr	1996	8864	243	12860
Stomiidae						
<i>Aristostomias scintillans</i> (Gilbert, 1915)	B	Sa-Tm	9			
<i>Astronesthes</i> sp. 2	B	ADPO				3
<i>Idiacanthus antrostomus</i> Gilbert, 1890	B	ADPO		31		29
<i>Stomias atriventer</i> Garman, 1899	B	Tr-Sbtr	145	56		105
Aulopidae						
<i>Aulopus bajacali</i> Parin & Kotlyar, 1984	D	Tr				4
Scopelarchidae						
<i>Rosenblattichthys volucris</i> (Rofen, 1966)	B	Tr-Sbtr	6	11		50
<i>Scopelarchoides nicholsi</i> Parr, 1929	B	Tr		4		
<i>Scopelarchus guentheri</i> Alcock, 1896	B	Tr-Sbtr	23	41		75
Notosudidae						
<i>Scopelosaurus harryi</i> (Mead, 1953)	B	Sa-Tm		4	3	
Synodontidae						
<i>Synodus lucioiceps</i> (Ayres, 1855)	D	Tm		1039		3344
Paralepididae						
<i>Arctozenus risso</i> (Bonaparte, 1840)	B	ADPO	5			
<i>Lestidiops jayakari</i> (Parr 1931)	B	Tr-Sbtr	4			
<i>Lestidiops ringens</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	B	Sa	26	74	7	169
<i>Stemonosudis macrura</i> (Ege, 1933)	B	Tr-Sbtr				6
Myctophidae						
<i>Bolinichthys longipes</i> (Brauer, 1906)	B	Tr-Sbtr		3		
<i>Ceratoscopelus townsendi</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	B	ADPO	42	139	6	113
<i>Diaphus pacificus</i> Parr, 1931	M	Tr		42	4	7

Anexo 1: Continuación...

<i>Taxa</i>	Hábitat	Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
<i>Diaphus theta</i> Eigenmann & Eigenmann, 1890	B	Sa-Tm	13		3	99
<i>Diogenichthys atlanticus</i> (Tåning, 1928)	M	ADPO	109	384	6	447
<i>Diogenichthys laternatus</i> (Garman, 1899)	M	Tr	1143	1888	174	4065
<i>Gonichthys tenuiculus</i> (Garman, 1899)	B	Tr-Sbtr	74	51		49
<i>Hygophum atratum</i> (Garman, 1899)	B	Tr	61	14		47
<i>Lampadena urophaos</i> Paxton, 1963	M	Tr-Sbtr		24		83
<i>Lampanyctus parvicauda</i> Parr, 1931	B	Tr		4		14
<i>Lampanyctus steinbecki</i> Bolin, 1939	B	Tr-Sbtr	4			
<i>Loweina rara</i> (Lütken, 1892)	B	Tr-Sbtr		4	3	32
<i>Loweina</i> sp. 1	B	Tr-Sbtr	5			
<i>Loweina terminata</i> Becker, 1964	B	Sbtr				4
Myctophidae spp.	B	ND	39			
<i>Myctophum nitidulum</i> Garman, 1899	B	Tr-Sbtr	26	44		58
<i>Nannobranchium bristori</i> Zahuranec, 2000	B	Sbtr	6			
<i>Nannobranchium hawaiiensis</i> Zahuranec, 2000	B	Sbtr		7		13
<i>Nannobranchium idostigma</i> (Parr, 1931)	B	Tr-Sbtr		88		57
<i>Nannobranchium regale</i> (Gilbert, 1892)	B	Sa-Tm	9	12	18	53
<i>Nannobranchium ritteri</i> (Gilbert, 1915)	B	Sa-Tm	811	122	28	76
<i>Nannobranchium</i> sp. 1	MB	Trans	4			
<i>Nannobranchium</i> spp.	B	Trans			12	12
<i>Notolychnus valdiviae</i> (Brauer, 1904)	B	Tr-Sbtr	7	4		
<i>Notoscopelus resplendens</i> (Richardson, 1845)	B	Tr-Sbtr		7		79
<i>Parvilux ingens</i> Hubbs & Wisner, 1964	B	Sa-Tm	9			
<i>Protomyctophum crockeri</i> (Bolin, 1939)	M	Tm	158	72	12	75
<i>Stenobranchius leucopsarus</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1890)	B	Sa-Tm	820		79	7
<i>Symbolophorus californiensis</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	M	Tm	687	279	33	172
<i>Symbolophorus</i> sp. 1	B	Sbtr			4	
<i>Tarletonbeania crenularis</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	B	Sa-Tm	5			4
<i>Triphoturus mexicanus</i> (Gilbert, 1890)	M	Sbtr	1799	4551	213	2650

Anexo 1: Continuación...

<i>Taxa</i>	Hábitat	Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
Macrouridae						
<i>Nezumia</i> sp. 1	BP	ND				4
Moridae						
<i>Physiculus rastrelliger</i> Gilbert, 1890	D	Tr-Sbtr		8		
Merlucciidae						
<i>Merluccius productus</i> (Ayres, 1855)	MB	Sa-Tm	134		39	
Ophidiidae						
<i>Chilara taylori</i> (Girard, 1858)	D	Sa-Tm		16	3	54
<i>Lepophidium negropinna</i> Hildebrand & Barton, 1949	D	Tr-Sbtr		4		16
Ophidiidae sp. 1	D	ND		3		
<i>Ophidion scrippsae</i> (Hubbs, 1916)	D	Sbtr		29		8
<i>Ophidion</i> sp. 1	D	ND				3
<i>Ophidion</i> sp. 2	D	ND				3
Bythitidae						
<i>Brosmophycis marginata</i> (Ayres, 1854)	D	Tm				3
Bythitidae sp. 1	BP	ND	5			
Bythitidae sp. 2	BP	ND	54			
<i>Cataetyx rubrirostris</i> Gilbert, 1890	M	Sbtr	5			
Antennariidae						
<i>Antennarius avalonis</i> Jordan & Starks, 1907	D	Sbtr				8
Melanocetidae						
<i>Melanocetus johnsoni</i> Günther, 1864	B	Tr-Sbtr				3
Oneirodidae						
<i>Oneirodes bulbosus</i> Chapman, 1939 ¿?	B	Sa				11
<i>Oneirodes</i> sp. 1	B	ND		18		
Ceratiidae						
<i>Cryptopsaras couesii</i> Gill 1883	B	Tr-Sbtr				3
Gigantactinidae						
<i>Gigantactis</i> sp. 1	M	Tr-Sbtr		14		
Linophrynidae						
<i>Borophryne apogon</i> Regan, 1925	B	Tr				3
Gobiesocidae						
<i>Gobiesox eugrammus</i> Briggs, 1955	D	Sbtr		4		10

Anexo 1: Continuación...

<i>Taxa</i>	Hábitat	Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
Scomberesocidae						
<i>Cololabis saira</i> (Brevoort, 1856)	EP	ADPO	60			
Lophotidae						
<i>Lophotus lacepede</i> Giorna, 1809	EP	Sbtr		7		7
Trachipteridae						
<i>Desmodema lorum</i> Rosenblatt & Butler, 1977	EP	Sbtr	10	17		
Melamphaidae						
<i>Melamphaes lugubris</i> Gilbert, 1891	B	Sa-Tm	167	110	4	103
<i>Melamphaes</i> sp. 1	B	Sa-Tm			3	11
<i>Melamphaes</i> sp. 3	B	Sa-Tm	5			
<i>Poromitra crassiceps</i> (Günther, 1878)	B	ADPO	15			6
<i>Scopeloberyx robustus</i> (Günther, 1887)	B	ADPO		3		
<i>Scopelogadus bispinosus</i> (Gilbert, 1915)	B	ADPO		7		13
Centriscidae						
<i>Macroramphosus gracilis</i> (Lowe, 1839)	EP	Sbtr		7		
Sebastidae						
<i>Sebastes levis</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	D	Tm	5			
<i>Sebastes macdonaldi</i> (Eigenmann & Beeson, 1893)	D	Sbtr	9			
<i>Sebastes paucispinis</i> Ayres, 1854	D	Sa-Tm	4			
<i>Sebastes</i> sp. 1	D	Sa-Tm	165		15	
<i>Sebastes</i> sp. 2	D	Sa-Tm	438	4	67	3
<i>Sebastes</i> sp. 3	D	Sa-Tm	85	4	62	20
<i>Sebastes</i> sp. 4	D	Sa-Tm	25		12	
<i>Sebastes</i> sp. 5	D	Sa-Tm			6	
<i>Sebastes</i> sp. 6	D	Sa-Tm	26			
<i>Sebastes</i> sp. 7	D	Sa-Tm	4			6
<i>Sebastes</i> sp. 9	RA	Sa-Tm	132			
Scorpaenidae						
<i>Scorpaena guttata</i> Girard, 1854	D	Tm				58
Scorpaenidae spp.	D	ND	11			
<i>Scorpaenodes xyris</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	RA	ADPO		10		13

Anexo 1: Continuación...

<i>Taxa</i>	Hábitat	Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
Triglidae						
<i>Prionotus ruscarius</i> Gilbert & Starks, 1904	D	Tr-Sbtr				14
<i>Prionotus stephanophrys</i> Lockington, 1881	D	Sbtr		63		481
Hexagrammidae						
<i>Zaniolepis latipinnis</i> Girard, 1858	D	Sbtr	6			
Liparidae						
<i>Liparis mucosus</i> Ayres, 1855	D	Sbtr				3
Serranidae						
<i>Pronotogrammus multifasciatus</i> Gill, 1863	D	Sbtr		10		35
Apogonidae						
<i>Apogon atricaudus</i> Jordan & McGregor, 1898	RA	Sbtr				
Carangidae						
<i>Naucrates ductor</i> (Linnaeus, 1758)	RA	Tr				4
<i>Oligoplites saurus inornatus</i> Gill, 1863	D	Sbtr	6			
<i>Seriola lalandi</i> Valenciennes, 1833	BP	Tr-Sbtr	8			12
<i>Trachurus symmetricus</i> (Ayres, 1855)	EP	Sbtr	48		29	
Coryphaenidae						
<i>Coryphaena equiselis</i> Linnaeus, 1758	EP	Tr-Sbtr				3
<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758	EP	Tr-Sbtr	4			
Bramidae						
<i>Brama dussumieri</i> Cuvier 1831	EM	Tr		3		3
<i>Brama japonica</i> Hilgendorf, 1878	EP	Sbtr		13		
Caristiidae						
<i>Paracaristius maderensis</i> (Maul, 1949)	B	Sbtr		5		4
Lutjanidae						
<i>Lutjanus</i> sp. 1	RA	Sbtr		6		3
Haemulidae						
Haemulidae sp. 2	RA	Tr-sbtr				7
Sciaenidae						
Sciaenidae sp-6	D	Sbtr				10
Mullidae						
<i>Mulloidichthys dentatus</i> (Gill, 1862)	RA	Tr-Sbtr				

Anexo 1: Continuación...

<i>Taxa</i>	Hábitat	Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
Kyphosidae						
<i>Hermosilla azurea</i> Jenkins & Evermann, 1889	BP	Sbtr				3
Ephippidae						
Ephippidae sp. 2	EP	Tr-Sbtr				3
Pomacentridae						
<i>Chromis punctipinnis</i> (Cooper, 1863)	RA	Sbtr	7	20		56
Pomacentridae sp. 1	D	Sbtr				3
Labridae						
<i>Halichoeres semicinctus</i> (Ayes, 1859)	RA	Sbtr		4		4
<i>Semicossyphus pulcher</i> (Ayes, 1854)	RA	Sbtr				9
<i>Oxyjulis californica</i> (Günther, 1861)	RA	Sbtr	53		3	9
Stichaeidae						
<i>Plectobranchnus evides</i> Gilbert, 1890	D	Tm	7			
Chiasmodontidae						
<i>Chiasmodon niger</i> Johnson, 1864	B	Tr-Sbtr	68	92	20	102
Blenniidae						
<i>Hypsoblennius gentilis</i> (Girard, 1854)	D	Sbtr		7		
<i>Hypsoblennius gilberti</i> (Jordan, 1882)	D	Sbtr				25
<i>Hypsypops rubicundus</i> (Girard, 1854)	RA	Sbtr				3
Callionymidae						
<i>Synchiropus atrilabiatus</i> (Garman, 1899)	D	Tr				3
Eleotridae						
<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)	D	Sbtr	7			
Gobiidae						
<i>Lythrypnus dalli</i> (Gilbert, 1890)	D	Tr		11		34
<i>Lythrypnus zebra</i> (Gilbert, 1890)	D	Sbtr		8		10
<i>Rhinogobiops nicholsii</i> (Bean, 1882)	D	ADPO	62		5	36
<i>Typhlogobius californiensis</i> Steindachner, 1879	D	Sbtr		7		
Gempylidae						
<i>Gempylus serpens</i> Cuvier, 1829	B	Tr-Sbtr				7

Anexo 1: Continuación...

<i>Taxa</i>	Hábitat	Afinidad	Abril de 2002	Octubre de 2002	Abril de 2003	Octubre de 2003
Scombridae						
<i>Acanthocybium solandri</i> (Cuvier, 1832)	EP	Tr				3
<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	CP	ADPO	174		10	
Trichiuridae						
<i>Lepidopus fitchi</i> Rosenblatt & Wilson, 1987	BP	Sbtr	7	2		78
<i>Trichiurus nitens</i> Garman 1899	BP	Sbtr				758
Nomeidae						
<i>Cubiceps baxteri</i> McCulloch, 1923	BP	Sbtr				3
<i>Cubiceps pauciradiatus</i> Günther, 1872	BP	Tr-sbtr				7
<i>Cubiceps</i> sp. 1	B	Tr-sbtr				3
<i>Psenes pellucidus</i> Lütken, 1880	B	Tr-sbtr				18
Tetragonuridae						
<i>Tetragonurus atlanticus</i> Lowe, 1839	EP	Sbtr			2	
<i>Tetragonurus cuvieri</i> Risso, 1810	EP	Sbtr		29		18
Stromateidae						
<i>Peprilus snyderi</i> Gilbert & Starks, 1904	BP	Tr				3
Paralichthyidae						
<i>Citharichthys sordidus</i> (Girard, 1854)	D	Sa-tm	89	48	13	41
<i>Citharichthys stigmaeus</i> Jordan & Gilbert 1882	D	Sa-tm	92	15	6	167
<i>Hippoglossina stomata</i> Eigenmann & Eigenmann, 1890	D	Sbtr				7
Pleuronectidae						
<i>Pleuronichthys decurrens</i> Jordan & Gilbert 1881	D	Tm	5			
Cynoglossidae						
<i>Symphurus atricaudus</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	D	Sbtr		8		81
Otras						
Larvas destruidas (ND)			164	19	14	
Número de larvas por crucero			14189	19349	2450	29155
Número de taxa por crucero			77	71	41	115
Error estándar de la abundancia promedio por estación			28	32	4	46

Anexo 2: Nombre científico y abreviación de las especies que formaron los grupos en el presente estudio, durante los cruceros de abril de 2002 a octubre de de 2003.

Especie	Abreviación	Especie	Abreviación
<i>Bathylagoides wesethi</i>	Batwes	<i>Lestidiops ringens</i>	Lesrin
<i>Ceratoscopelus townsendi</i>	Certow	<i>Leuroglossus stilbius</i>	Leusti
<i>Chiasmodon niger</i>	Chinig	<i>Lipolagus ochotensis</i>	Lipoch
<i>Chilara taylori</i>	Chitay	<i>Loweina rara</i>	Lowrar
<i>Citharichthys sordidus</i>	Citsor	<i>Melamphaes lugubris</i>	Mellug
<i>Citharichthys stigmaeus</i>	Citsti	<i>Merluccius productus</i>	Merpro
<i>Cyclothone acclinidens</i>	Cycacc	<i>Nannobranchium idostigma</i>	Nanido
<i>Cyclothone signata</i>	Cycsig	<i>Nannobranchium regale</i>	Nanreg
<i>Diaphus pacificus</i>	Diapac	<i>Nannobranchium ritteri</i>	Nanrit
<i>Diaphus theta</i>	Diathe	<i>Notoscopelus resplendens</i>	Notres
<i>Diogenichthys atlanticus</i>	Dioatl	<i>Oxijulis californica</i>	Oxical
<i>Diogenichthys laternatus</i>	Diolat	<i>Prionotus stephanophrys</i>	Priste
<i>Engraulis mordax</i>	Engmor	<i>Pronotogrammus multifasciatus</i>	Promul
<i>Gonichthys tenuiculus</i>	Gonten	<i>Protomyctophum crockeri</i>	Proco
<i>Hygophum atratum</i>	Hygatr	<i>Sardinops sagax</i>	Sarsag
<i>Lampadena urophaos</i>	Lamuro	<i>Scopelarchus guentheri</i>	Scogue
<i>Lampanyctus parvicauda</i>	Lampar	<i>Sebastes</i> sp.1	Sebsp1
<i>Lepidopus fitchi</i>	Lepfit	<i>Sebastes</i> sp.2	Sebsp2
<i>Sebastes</i> sp.3	Sebsp3	<i>Synodus lucioceps</i>	Synluc
<i>Stenobranchius leucopsarus</i>	Steleu	<i>Trachurus symmetricus</i>	Trasym
<i>Stomias atriventer</i>	Stoatr	<i>Trichiurus nitens</i>	Trinit
<i>Symbolophorus californiensis</i>	Symcal	<i>Triphoturus mexicanus</i>	Trimex
<i>Symphurus atricaudus</i>	Symatr	<i>Vinciguerria lucetia</i>	Vinluc