

# FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

# INFORMES TECNICOS FIP

FIP - IT / 99 - 01

**INFORME** 

MONITOREO DE LAS CONDICIONES

FINAL BIO-OCEANOGRAFICAS EN LA I Y II

REGIONES

UNIDAD

: INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,

EJECUTORA DIRECCION ZONAL I Y II REGIONES



# INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA FIP Nº 99-01

# Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUER

# REQUIRENTE:

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP Presidente del Consejo: DANIEL ALBARRAN RUIZ-CLAVIJO

# **EJECUTOR:**

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP Director Ejecutivo (S): SERGIO AVILES GOYCOOLEA



# JEFE DE PROYECTO:

MAURICIO BRAUN ALEGRÍA

#### **AUTORES:**

MAURICIO BRAUN A. HERNÁN REYES R. JORGE OSSES R. JORGE CASTILLO P. VIVIAN VALENZUELA C.

# **COLABORADORES:**

VÍCTOR CATASTI B. HERNÁN MILES U. MARCOS ESPEJO V.



#### RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, corresponde al informe final del proyecto FIP N°99-01 "Monitoreo de las Condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones" y presenta los resultados de las condiciones oceanográficas físico-químicas, la distribución geográfica y abundancia de huevos y larvas de los recursos anchoveta, sardina, jurel y caballa y su variabilidad estacional y la distribución de los recursos detectados por medio de técnicas hidroacústicas en la I y II regiones, registradas durante los cruceros estacionales de monitoreo MOBIO 9905, MOBIO 9909, MOBIO 9912 y MOBIO 0002, realizados en otoño, invierno, primavera de 1999 y verano del 2000, respectivamente. Además entrega las series de tiempo mensual generadas producto de la ocupación de las estaciones costeras de vigilancia localizadas frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica para el período mayo 1997 - abril de 2000.

Los cruceros estacionales de monitoreo se realizaron a bordo del B/I "Carlos Porter" y abarcaron la zona comprendida entre los 23°40'S (Bahía Moreno - II Región) y los 18°25'S (Arica - I Región), desde una milla hasta una distancia máxima de 100 mn de la costa, prospectándose el área con un total de 5 transectas perpendiculares a la costa y equidistantes entre sí cada 80 millas náuticas.

En mayo de 1999 en el marco del Segundo Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, cuya coordinación general estuvo bajo la responsabilidad de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), se realizó una transecta adicional equidistante 40 mn al sur de Antofagasta, la cual se localizó frente a Punta Tres Picos (24°20′S). Además, las transectas ubicadas al oeste de Punta Copaca y Punta Lobos se proyectaron hasta las 200 mn con estaciones programadas a 130, 160 y 200 mn de la costa.



Las estaciones bio-oceanográficas se localizaron a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 millas de la costa. En ellas se obtuvieron registros de temperatura y salinidad hasta una profundidad de 500 m y contenido de oxígeno disuelto y clorofila hasta una profundidad máxima de 300 m, penetración de la luz y pescas planctónicas mediante arrastres verticales desde una profundidad máxima de 100 metros a superficie con una red modelo WP-2, de 297 micras de abertura de malla, complementada con medidores de flujo TSK calibrados, totalizándose 207 estaciones planctónicas.

Durante los cuatro cruceros realizados en la zona de estudio se observó que los vientos registrados tuvieron un predominio en dirección del SSE y SE (70% de los registros entre 120° y 160°), lo que es distinto a las condiciones normales para la zona y lo observado en los últimos cuatro años, que indican un predominio de vientos de S y SW. Así mismo, los vientos medidos estuvieron bajos, en comparación a los registros de los últimos 5 años con un 94% de registros bajo los 5 m/s. A pesar de ello, se registraron intensas surgencias costeras en los cruceros de mayo y febrero, las que provocaron fuertes anomalías de temperatura y salinidad. Las surgencias observadas deben ser producto de vientos más intensos previos a los muestreos.

Las menores temperaturas y salinidades superficiales se registraron en el mes de septiembre, con 16°C y 34.8 ups en el área océanica frente a Antofagasta, mientras que las mayores corresponden al crucero de febrero del 2000 con valores que alcanzaron hasta los 25°C y 35.4 ups entre Arica y Pisagua. El sector costero con menor variación anual corresponde al área entre Pisagua y Punta Lobos, el que prácticamente no cambió sus valores durante los cuatro cruceros y que estuvieron entre >15° y 17°C y 34,7 a 34,8 ups.

En la capa superficial de los primeros 100 m se observó en el sector oceánico una importante estratificación térmica en casi todas las transectas que termina en la



isoterma de 15°. La mayor estratificación térmica de diciembre y febrero es producto de la presencia de aguas con mayor temperatura en superficie. En este mismo sentido, el mes de septiembre mostró los menores gradientes subsuperficiales y una capa de mezcla que alcanzó hasta los 50 metros en el sector oceánico en las tres primeras transectas.

En los cuatro muestreos realizados en la zona de estudio se observó un predominio de las anomalías negativas, tanto en salinidad como temperatura, las que presentaron algunos valores mayores a -2°C y 0,2 ups en la zona oceánica y de -3°C y -0,3 ups en la zona costera. Las anomalías de carácter negativo también se registraron en la columna de agua a los 400 metros. Las menores anomalías térmicas superficiales se detectaron durante el mes de diciembre, con valores principalmente positivos pero < 1°C, sin embargo, las anomalías de salinidad fueron > 0,1 ups, principalmente en la mitad norte de la zona de estudio.

Los valores de anomalía para la isóbata de isoterma de 15°C mostró que la zona de estudio presentó durante los cuatro cruceros, valores entre –10 y +10 m con respecto a los promedios de largo plazo. El mes que presentó los valores más cercanos a lo normal corresponden a diciembre, que en general tuvo anomalías positivas entre 0 y +10 m, es decir, de normal a isoterma más profunda en 10 m.

El calentamiento superficial ocurrido entre los meses de septiembre y diciembre se debe a una entrada de aguas cálidas a la zona de orígen subtropical.

La circulación superficial también presentó patrones distintos a lo observado en situaciones normales, predominando los flujos perpendiculares a la costa. Mayo de 1999 y febrero de 2000 son los meses con predominio de este tipo de flujos. Se destaca entrada de agua de orígen AST desde el Oeste y salida de ASAA mezclada con AST desde la costa, producto de la surgencia costera, aportando un significativo



núcleo de agua menos salina y más fría, que alcanza al menos las 70 mn. Durante el mes de septiembre se presentó un predominio en toda la zona de una circulación hacia el norte.

La información recopilada durante el desarrollo del proyecto permite indicar que hasta el mes de febrero de 2000 continuaba un evento frío, iniciado en la zona norte de Chile entre marzo y mayo de 1999 y denominado "LA NIÑA". Este evento presentó las menores anomalías de temperatura en el mes de septiembre de 1999, incluso con un predominio de anomalías positivas, sin embargo las anomalías de salinidad fueron negativas (valores menores a lo normal) y mayores a 0,2 ups en la mitad norte de la zona de estudio.

El mes de diciembre presentó también bajas anomalías térmicas y de salinidad, que incluso tienden a la normalidad, lo que pudo llevar a pensar en un termino de la fase fría. Sin embargo, en febrero siguiente, las anomalías tanto de temperatura como de salinidad aumentaron en sentido negativo, indicando una prolongación de este evento durante los próximos meses.

La zona estuvo bajo un régimen normal en términos de agregación de cloa y el enfriamiento del sistema ha permitido no solamente una recuperación del ecosistema en términos de la biomasa de fitoplancton, sino que además un mayor nivel de asociación entre las variables físicas y las biológicas.

Las mayores agregaciones de cloa se situaron en las cercanías de la zona costera y localizadas en zonas de frentes térmicos. Esta situación permite que se mantengan parches de alimentación disponibles en zonas de circulación local restringida, quedando disponible para los consumidores primarios. Al mismo tiempo, las bajas concentraciones de pigmentos degradados y la alta concentración de oxígeno disuelto, indican que en el área, los procesos de producción biológica a nivel





primario fueron intensos y sobrepasaron la capacidad de utilización de ésta por los pastoreadores.

Las asociaciones funcionales observadas entre la cloa, la temperatura y la salinidad, indican que la biomasa fitoplanctónica se asoció en forma más significativa con la temperatura que con la salinidad. Esta asociación es relevante cuando se observa la intrusión de masas de agua de alta temperatura y salinidad hacia la zona costera, provocando una disminución significativa en la concentración de biomasa fitoplanctónica, demostrando el sincronismo entre la llegada de masas de agua más cálidas y la alteración significativa de la estructura biológica del ecosistema.

Las estaciones de monitoreo indican que el sistema estuvo bajo un régimen eutrófico, especialmente en Arica, Iquique y Mejillones, durante todo el periodo considerado. Presentando la variabilidad estacional esperada en Arica e Iquique y un nivel continuo y alto de cloa en Mejillones, el que solamente tendió a disminuir hacia el verano de 2000.

La zona de estudio estuvo dominada por la presencia mayoritaria de huevos y larvas de anchoveta, especie que presentó los niveles más importantes en términos de la intensidad y extensión del desove tanto en la fase de huevos y de larvas. Los huevos de esta especie mostraron un notorio incremento en sus niveles de abundancia y frecuencia de estaciones positivas desde otoño de 1999 al verano del 2000. El período estival es una importante época reproductiva para las especies en estudio, lo que queda de manifiesto por la importante actividad de desove demostrada durante el último período estacional por anchoveta, jurel y caballa, corroborando así su carácter de desove estival.

Geográficamente, los huevos y larvas de anchoveta exhibieron la mayor cobertura tanto latitudinal y longitudinal, extendiéndose hasta las 100 mn. Sin embargo, los





huevos adoptaron un carácter más costero en la postura, presentando una estabilidad y persistencia en el tiempo en la zona de Arica durante las cuatro prospecciones. En primavera de 1999 y verano de 2000 el desove se presentó bastante delimitado hacia el sur, en la zona comprendida entre Punta Lobos (21°00's) a Punta Copaca (22°20'S) y frente a Antofagasta. Las larvas en tanto, aparecen con una mayor colonización del área, lo que demuestra que en la mayor parte de las estaciones en que ellas se encuentran, los huevos están en su fase de eclosión.

A su vez los huevos de sardina demostraron sus mayores niveles en el período de primavera de 1999, los que posteriormente fueron reemplazados por las larvas en verano, donde fue observada una densidad importante para esta fase. Los niveles de densidad de las larvas se mostraron en aumento desde el otoño de 1999 al verano del 2000.

Los huevos de esta especie se presentaron en Arica, Pisagua y sur de Mejillones durante el otoño de 1999; en Antofagasta en el invierno de 1999; en Arica y Pisagua en primavera de 1999 y en Arica y Antofagasta en verano de 2000. Detectándose estos principalmente en la zona costera. Las larvas de esta especie tuvieron una mayor presencia en las estaciones y se extendieron hasta las 100 mn en otoño y primavera de 1999.

Con respecto a jurel, tanto los huevos como las larvas muestran una distribución mayoritariamente oceánica, focos aislados con huevos se presentaron a 1 mn en invierno de 1999 frente a Pisagua y Punta Copaca; en primavera de 1999 al sur de Punta Lobos y en verano de 2000 en Antofagasta. Ninguna de las dos fases fue observada en otoño de 1999.



Para la fase de huevos de caballa se reconoció un registro positivo a 70 mn de Punta Junín. En invierno de 1999 se detectó un foco a 100 mn de Punta Copaca y norte de Bahía Moreno. En primavera de 1999 se observó uno a 100 mn de Punta Lobos y a 1 mn al sur de esta localidad. En verano se detectaron ocho registros con huevos, a 40 y 100 mn al oeste de Arica, 40 y 70 mn de Punta Lobos y en las estaciones costeras de Bahía Moreno.

Las larvas de caballa se detectaron solamente en tres estaciones, ocupando una rango latitudinal entre Punta Lobos y Arica, extendiéndose longitudinalmente entre las 40, 70 y 100 mn de Punta Lobos, Punta Junín y Arica, respectivamente.

De acuerdo a la variabilidad temporal, en la localidad de Arica las máximas abundancias de huevos de anchoveta se registraron en diciembre de 1997; marzo de 1998; octubre de 1999 y enero de 2000.

Las larvas exhibieron sus máximos en agosto de 1997, agosto de 1998, enero de 1999 y febrero del 2000.

En Iquique los huevos se mostraron más constantes durante junio de 1997 a febrero de 1998, los registros más importantes se observaron en noviembre y diciembre de 1997.

En Mejillones se presenta un registro continuo en ambos estadíos desde mayo de 1997 a marzo de 1998 y reaparecen desde julio a octubre de 1998. Registrándose las mayores densidades en julio de 1997, febrero de 1998, diciembre de 1999 y abril de 2000.

Para los huevos y larvas de sardina, su presencia se detecta desde julio de 1997 a febrero de 1998 en Iquique, con niveles bajos de abundancia. En Mejillones se





observaron también muy bajos niveles de abundancia y frecuencia de estaciones para los dos estadíos de esta especie.

En Arica el ictioplancton de sardina se hizo más frecuente a partir del segundo trimestre de 1998, destacándose el mes de julio como el más importante. Respecto a las larvas, estas presentaron la mayor densidad en diciembre de 1999. El período de desove de acuerdo a lo anterior se habría concentrado en la zona de Iquique durante 1997, en Arica en 1998 y en ciertos meses de 1999.

La escasa presencia de huevos y larvas de jurel en las estaciones de muestreo mensual en las tres zonas, indican que la especie presenta un desove de tipo oceánico.

Con respecto a caballa, los huevos fueron más frecuentes que las larvas. En las tres zonas los huevos y larvas fueron observados con mayor continuidad entre julio de 1997 y febrero de 1998, observándose también huevos y larvas de caballa en diciembre de 1998 en Arica e Iquique, respectivamente y sólo en marzo de 1999.

Respecto a la abundancia y distribución temporal de la biomasa zooplanctónica, para Arica ésta se presenta con tendencia a valores bajos entre el período de mayo de 1997 a julio de 1998, los que tienden al aumento en agosto de 1998. En 1999 los valores comienzan a aumentar entre febrero y mayo, para decaer bruscamente en junio, hasta nuevamente incrementarse en octubre, llegando al máximo en diciembre de 1999.

En Iquique la biomasa tiende a incrementarse a través del tiempo, encontrándose tres picks importantes, a fines de 1997; uno entre abril y junio y finalmente otro a partir de septiembre de 1998 en adelante. La biomasa zooplanctónica para los primeros meses de 2000 ha sido superior a la observada en 1998 y 1999.



En Mejillones los registros más significativos se observaron en septiembre de 1998 y 1999 y febrero - marzo de 2000.

Los valores más significativos en la biomasa zooplanctónica fueron detectados en primavera de 1999, alcanzando un máximo de 6.622 ml/1000 m³, registrándose durante este período las densidades más importantes en la zona nerítica asociados a focos de surgencia. El promedio menos significativo en la biomasa se produjo durante el otoño de 1999.

Los mapas de distribución de anchoveta de los cuatro cruceros considerados sugieren un aumento de las concentraciones del recurso hacia los períodos estivales y un incremento de las densidades en las áreas costeras en la primavera y verano y una distribución más oceánica en el invierno y otoño, presentando los mayores índices de cobertura de las tres especies principales detectadas, variando desde 1,8 a 8,37% con un paulatino y persistente aumento del índice desde el otoño (MOBIO 9905) en que se obtuvo el menor valor (1,8%) hacia el verano de 2000 (MOBIO 0002) con 8,37 %. Los Indices de densidad (ID) de la anchoveta variaron entre 966,91 y 3.800,96 t/mn², obteniéndose el menor valor en el invierno de 1999 (MOBIO 9909) y el mayor en la primavera (MOBIO 9912).

En el sentido vertical, la anchoveta se localizó desde la superficie hasta los 32 m de profundidad, presentándose las mayores concentraciones en los primeros 20 m, asociado principalmente a las isotermas de 15° y 16°C (65% de los registros) en la primavera y entre 17° y 19°C en el verano y en salinidades preferentemente de 34,6 ups (MOBIO 9912) y 34,5 (44%) - 34,7 (23%) en verano.

El jurel presentó una escasa presencia durante el período analizado, estando virtualmente ausente en el otoño y tendiendo a aumentar su presencia en el verano, con índices de cobertura entre 0,88 y 0,77 para el invierno y primavera,



aumentando a 4,46% en el verano de 2000 e ID entre 254,33 y 683,44 t/mn², correspondiendo el menor de ellos a la primavera de 1999 y el mayor al invierno. La sardina española se detectó solamente en el otoño con un IC de 0,07% y en el verano con 0,32%.

La sardina española tuvo una escasa presencia en la zona de estudio durante el periodo analizado, detectándose en otoño sólo un registro a la cuadra de Arica y en el verano de 2000 en forma esporádica en sólo tres sectores. Los Indices de Densidad de sardina fueron 384,0 y 2.257,5 t/mn² en otoño de 1999 y verano de 2000, correspondiendo éste último valor a un índice de Cobertura de sólo 0,32%, señalando un alto grado de agregación del recurso. Batimétricamente la sardina se distribuyó en los primeros 10 m de profundidad, asociada a temperaturas comprendidas entre 17° y 22°C y salinidades que fluctuaron entre 34,5 y 34,7 ups.

En la categoría de otras especies se han incluido especies como pez linterna (*Vinciguerria lucetia*) y langostino colorado (*Pleuroncodes sp.*) que se han detectado en las prospecciones acústicas. En otoño de 1999, se registraron pequeñas concentraciones de pez linterna hacia el sector oceánico, desde Tocopilla al sur. En invierno de 1999 se observó la presencia del langostino colorado en gran parte de la zona de estudio.



# II. INDICE GENERAL

		Págin		
l.	RESUMEN EJECUTIVO1			
II.	INDICE GENERAL11			
III.	PEF	RSONAL PARTICIPANTE13		
IV.	IND	ICE DE TABLAS Y FIGURAS15		
V.	OBJETIVOS			
	1. 2. 3.	Objetivo general25Objetivos específicos25Objetivo adicional26		
VI.	ANT	ECEDENTES		
VII.	MET	TODOLOGIA DE TRABAJO		
	1. 2. 3.	Zona de estudio       33         Cruceros       33         Metodología por objetivo       34		
VIII.	RES	SULTADOS Y DISCUSIÓN53		
	1. 2.	Condiciones oceanográficas		
	3. 4. 5.	de Chile, entre mayo de 1999 y febrero de 2000		
	6.	costeras de monitoreo		





IX.	CONCLUSIONES				
X.	BASE DE DATOS				
	1. 2. 3. 4.	Datos oceanográficos y meteorológicos Clorofila-a y penetración de la luz Registros de huevos y larvas de peces Registros acústicos	153 154		
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS15				
TAB	LAS	5			
FIGI	JRA	S			

#### III. PERSONAL PARTICIPANTE

### Oceanografía Física

Hernán Reyes R.

Oceanógrafo

José Raúl Cañón C.

Oceanógrafo - CORPESCA

José Blanco G.

Oceanógrafo

#### Oceanografía Biológica

#### Ictioplancton

Mauricio Braun A.

Jefe de Proyecto

Vivian Valenzuela C.

Biólogo Marino

Hernán Miles U.

Técnico

# Fitoplancton - Clorofila a, Penetración de la luz

Jorge Osses R.

Profesor de Química

Guillermo Pizarro

Técnico Pesquero - CORPESCA

#### Acústica

Jorge Castillo P.

Ingeniero Pesquero

Marcos Espejo V.

Ingeniero Electrónico

#### INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



# IV. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

#### **TABLAS**

- Tabla 1. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 9905, Otoño 1999.
- Tabla 2. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 9909, Invierno 1999.
- Tabla 3. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 9912, Primavera 1999.
- Tabla 4. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO 0002, Verano 2000.
- Tabla 5. Categorías por densidad.
- Tabla 6. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros trimestrales MOBIO 1999/2000.
- Tabla 7. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros trimestrales MOBIO 1999/2000.
- Tabla 8. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Engraulis ringens*, Cruceros Trimestrales 1999/2000.
- Tabla 9. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Sardinops sagax*, Cruceros Trimestrales 1999/2000.
- Tabla 10. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Trachurus symmetricus murphyi*, Cruceros Trimestrales 1999/2000.



#### INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

- Tabla 11. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Scomber japonicus*, Cruceros Trimestrales 1999/2000.
  Tabla 12. Indice de abundancia larval Sardina Invierno 1983 -1999.
  Tabla 13. Indice de abundancia larval Anchoveta Invierno 1984 -1999.
  Tabla 14. Indices de Cobertura (%) por especie, cruceros e histórico.
  Tabla 15. Indices de Densidad (t/mn²) por especie, cruceros e histórico.
- Tabla 16. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero.



#### **FIGURAS**

- Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros trimestrales 1999/2000.
- Figura 2. Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones biooceanográficas. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 3. Temperatura superficial del mar (°C). Cruceros Trimestrales 1999 2000.
- Figura 4. Anomalía de temperatura (°C) superficial del mar. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 5. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 6. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 7. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 8. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 9. Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 10. Profundidad (m) de la isoterma de 15°C. Cruceros Trimestrales 1999 2000.
- Figura 11. Anomalía de la profundidad (m) de la isoterma de 15°C. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 12. Anomalía de temperatura (°C) vertical en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.



- Figura 13. Salinidad superficial (ups). Cruceros Trimestrales 1999 -2000.
- Figura 14. Anomalía de salinidad superficial (ups). Cruceros Trimestrales 1999 2000.
- Figura 15. Distribución vertical de salinidad (ups) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 16. Distribución vertical de salinidad (ups) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 17. Distribución vertical de salinidad (ups) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 18. Distribución vertical de salinidad (ups) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 19. Distribución vertical de salinidad (ups) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 20. Anomalía de salinidad (ups) vertical en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 21. Densidad (sigma-t) (kg/m³) superficial. Cruceros Trimestrales 1999 2000.
- Figura 22. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m³) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 23. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m³) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 24. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m³) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 25. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m³) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.



- Figura 26. Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m³) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 27. Concentración de Oxígeno disuelto (ml/l) superficial. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 28. Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 29. Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 30. Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 31. Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 32. Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 33. Diagramas t-s de todas las estaciones por crucero. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 34. Diagramas t-s de las transectas frente a Antofagasta, Tocopilla y Pta. Lobos. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 35. Diagramas t-s de las transectas frente a Pisagua y Arica. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 36. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 37. Distribución espacial semanal de la TSM en la zona norte de Chile. Enero-abril 1999 (NOAA).



- Figura 38. Distribución espacial semanal de la TSM en la zona norte de Chile. Mayo-agosto 1999 (NOAA).
- Figura 39. Distribución espacial semanal de la TSM en la zona norte de Chile. Septiembre-diciembre 1999 (NOAA).
- Figura 40. Distribución espacial mensual de la TSM en la zona norte de Chile. Año 1999 (NOAA).
- Figura 41. Distribución superficial de la clorofila a (μg/L). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 42. Distribución superficial de los feopigmentos (μg/L). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 43. Distribución espacial de la clorofila a integrada (mg/m²). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 44. Distribución espacial de los feopigmentos integrados (mg/m²). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 45. Distribución vertical de la clorofila a (μg/L) en la transecta 1 (Lat.23°40′S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 46. Distribución vertical de los feopigmentos (μg/L) en la transecta 1 (Lat.23°40′S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 47. Distribución vertical de la clorofila a (μg/L) en la transecta 2 (Lat.22°20'S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 48. Distribución vertical de los feopigmentos (μg/L) en la transecta 2 (Lat.22°20′S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 49. Distribución vertical de la clorofila a (μg/L) en la transecta 3 (Lat.21°00'S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.



- Figura 50. Distribución vertical de los feopigmentos (μg/L) en la transecta 3 (Lat.21°00′S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 51. Distribución vertical de la clorofila a (μg/L) en la transecta 4 (Lat.19°40'S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 52. Distribución vertical de los feopigmentos (μg/L) en la transecta 4 (Lat.19°40'S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 53. Distribución vertical de la clorofila a (μg/L) en la transecta 5 (Lat.18°25΄S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 54. Distribución vertical de los feopigmentos (μg/L) en la transecta 5 (Lat.18°25′S). Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 55. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos (μg/L) en la transecta 0 (Lat.24°20′S). Crucero MOBIO 9905.
- Figura 56. Diagramas estacionales de las asociaciones funcionales entre la clorofila a superficial y la profundidad del disco de Secchi, años 1999 y 2000. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 57. Diagramas de asociación funcional entre la clorofila a superficial (μg/L) y la temperatura y salinidad. Cruceros Trimestrales 1999 –2000.
- Figura 58. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Cruceros trimestrales 1999/2000.(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.
- Figura 59. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta. Cruceros trimestrales 1999/2000.(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.
- Figura 60. Distribución y abundancia de huevos de sardina. Cruceros trimestrales 1999/2000.(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.



- Figura 61. Distribución y abundancia de larvas de sardina. Cruceros trimestrales 1999/2000.(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.
- Figura 62. Distribución y abundancia de huevos de jurel. Cruceros trimestrales 1999/2000.(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.
- Figura 63. Distribución y abundancia de larvas de jurel. Cruceros trimestrales 1999/2000.(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.
- Figura 64. Distribución y abundancia de huevos de caballa. Cruceros trimestrales 1999/2000.(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.
- Figura 65. Distribución y abundancia de larvas de caballa. Cruceros trimestrales 1999/2000.(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.
- Figura 66. Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta para el período invierno de 1995 a verano del 2000.
- Figura 67. Comparación entre el índice de abundabcia larval y la biomasa total estimada por método acústico y biomasa parental (V+) cuantificafa por APV para el stock de sardina en la zona norte de Chile, (1980-1999).
- Figura 68. Estimación del índice de abundancia larval para (A) sardina y (B) anchoveta en invierno de los años 1983/1999.
- Figura 69. Estimación de la abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona norte de Chile, en invierno de 1964-1999.
- Figura 70. Densidad promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta Arica en otoño de los años 1984/1999.



- Figura 71. Densidad promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta Arica en otoño de los años 1984/1999.
- Figura 72. Densidad promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta Arica en invierno de los años 1981/1999.
- Figura 73. Densidad promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta Arica en invierno de los años 1981/1999.
- Figura 74. Densidad promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta Arica en primavera de los años 1983/1999.
- Figura 75. Densidad promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta Arica en primavera de los años 1983/1999.
- Figura 76. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta Arica en verano de los años 1982/2000.
- Figura 77. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta Arica en verano de los años 1982/2000.
- Figura 78. Distribución espacial de anchoveta. Cruceros MOBIO 9905, 9909, 9912 y 0002.
- Figura 79. Distribución espacial de jurel. Cruceros MOBIO 9905, 9909, 9912 y 0002.
- Figura 80. Distribución espacial de sardina. Cruceros MOBIO 9905, 9909, 9912 y 0002.
- Figura 81. Distribución temporal de temperatura en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 2000.
- Figura 82. Distribución temporal de salinidad en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 2000.



- Figura 83. Distribución temporal de oxígeno en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 2000.
- Figura 84. Distribución temporal de la clorofila a (ug/L) en las estaciones de monitoreo Arica, Iquique y Mejillones.
- Figura 85. Distribución temporal de la clorofila a y los feopigmentos integrados (mg/m2), en las estaciones de monitoreo, entre mayo de 1997 y mayo del 2000.
- Figura 86. Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de anchoveta en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 Mayo 2000.
- Figura 87. Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de sardina en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 Mayo 2000.
- Figura 88. Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de jurel en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 Mayo 2000.
- Figura 89. Distribución y abundancia temporal de (a) huevos y (b) larvas de caballa en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 Mayo 2000.
- Figura 90. Distribución y abundancia temporal de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 Mayo 2000.
- Figura 91. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica. Cruceros trimestrales 1999-2000. (ml de zooplancton/1000m<sup>--</sup>3 de agua filtrada) (a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.



#### V. OBJETIVOS

#### 1. Objetivo general

El objetivo general del estudio es monitorear las condiciones bio - oceanográficas de la zona norte de Chile, entre Arica y Antofagasta y hasta 100 mn de la costa, con una frecuencia de muestreo estacional.

#### 2. Objetivos específicos

- 2.1 Describir y analizar el patrón estacional de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y penetración de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 m.
- 2.2 Describir y analizar la distribución de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio.
- 2.3 Determinar la distribución y abundancia relativa estacional de los recursos pelágicos: anchoveta, sardina, jurel y caballa mediante índices de densidad y cobertura geográfica.
- 2.4 Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual con observaciones realizadas en, a lo menos, 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio, donde se registrarán a lo menos las variables señaladas en los puntos 2.1 y 2.2.



# 3. Objetivo adicional

En forma complementaria y como sobre oferta técnica se incluyó el siguiente objetivo adicional.

3.1 Estimar en forma estacional y mensual la abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica.



#### VI. ANTECEDENTES

El sector pesquero se ha convertido en una de las áreas productivas importantes de la economía del país, es así, como durante el período enero-noviembre de 1998, las exportaciones nacionales correspondientes al sector pesquero, generaron 1.523,2 millones de dólares, cifra inferior en un 11,2% a la obtenida en igual fecha del año anterior.

El desarrollo histórico que presentaron las capturas en la zona norte de Chile exhibieron entre 1973 y 1989 un crecimiento sostenido del orden de 900%. Sin embargo, con posterioridad a dicho período se ha registrado una disminución, observándose una tendencia a la estabilización de los niveles de desembarque.

La pesquería pelágica de la zona norte, durante los últimos tres años ha cimentado su actividad fundamentalmente en las capturas de anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), recursos que en 1998 contribuyeron con un 71% y 10,2% de los desembarques respectivamente, sustentando un complejo industrial productor de harinas y aceite de pescado, situado en las regiones I y II.

Entre 1977 y 1991, la sardina española predominó en los desembarques de la flota cerquera industrial, y a partir de 1985 sus capturas comenzaron a disminuir anualmente hasta llegar a las 31.187 t en 1995, 22.478 t en 1996, 6.500 t en 1997, 9.600 t en 1998, alcanzando en 1999 a 225.923 t y a la fecha (semana N°22, 29 mayo al 04 de junio de 2000) el desembarque acumulado para esta especie registra un volumen total de 27.348 t, cifra 86% menor respecto a igual período de 1999.

En términos generales, el stock de sardina española colapsó y desde esos años no se advierten cambios importantes de biomasa y en la actualidad sus capturas están



constituidas por ejemplares bajo la talla de primera madurez sexual, lo cual implica que el stock se está reproduciendo, pero la fortaleza de sus reclutamientos aún es débil, lo que no ha permitido recuperar sus antiguos niveles de biomasa.

Con respecto a la anchoveta, sus capturas se incrementaron de manera notable después del fenómeno El Niño 1982-83, destacándose los años 1986, 1989 y el período 1992-1995 en que se capturaron en promedio dos millones de toneladas anuales. Cabe señalar que las capturas en los años 1987, 1990 y 1998 tuvieron una baja sustancial como resultado de perturbaciones ambientales, eventos de El Niño. Para la zona Arica - Antofagasta su captura durante 1996 alcanzó las 815.719 t, 1.341.900 t en 1997, 141.242 t en 1998 y 824.351 t en 1999 y a la fecha (semana N°22, 29 mayo al 04 de junio de 2000) el desembarque acumulado para esta especie registra un volumen total de 501.249 t, cifra 15% mayor respecto a igual período de 1999.

La variabilidad de la abundancia en estas especies es conocida y presenta un claro componente estacional, asociado a la fase del pulso de reclutamiento y a los patrones de explotación; una anual, dependiente principalmente de la amplitud del pulso del reclutamiento y de la sobrevivencia larval subsecuente; e interanual, asociada a cambios climáticos que afectan los procesos ya señalados, teniendo especial relevancia entre los factores climáticos el fenómeno de El Niño.

El monitoreo de esta pesquería data desde el año 1963, habiendo generado la segunda base de datos más completa del mundo en pesquerías pelágicas. Desde 1963 a 1972 existe una cobertura trimestral ininterrumpida de secciones bio-oceanográficas para la zona Arica - Antofagasta, que en algunos años alcanza frecuencia mensual. Con posterioridad, en 1980 y dada la importancia adquirida por la pesquería pelágica de la zona norte y ante la necesidad de conocer los niveles de biomasa que la sustentaban, las autoridades pesqueras impulsaron el



establecimiento de un programa regular de evaluación directa por métodos acústicos, con frecuencia estacional. Cabe señalar, que a partir de 1982 y en forma paralela a los esfuerzos del sector estatal, las principales empresas pesqueras privadas de la zona, encargaron al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) la ejecución de investigaciones que permitieran conocer la distribución y abundancia estacional de las especies sujetas a explotación.

En atención a los resultados obtenidos, los cruceros de prospección acústica efectuados desde 1985 y financiados por el sector privado, incluyeron estudios oceanográficos y de distribución y abundancia de huevos y larvas de peces, con el fin de determinar las relaciones entre las condiciones del ambiente y el potencial de los recursos en estudio.

Hasta la fecha se han efectuado numerosos cruceros estacionales entre la costa y las 100 mn (ocasionalmente hasta las 200 mn) en el litoral entre la I y la II región, para vigilar las condiciones oceanográficas y la distribución y abundancia relativa de las formas adultas y juveniles de sardina española, anchoveta y jurel, siendo esta base de datos, por sus especiales características, una de las pocas que puede ser utilizada para detectar un cambio climático global sobre las pesquerías, separando los efectos naturales de los antrópicos.

En base a los resultados de dichas investigaciones, ha sido posible establecer la estacionalidad de la biomasa de los principales recursos pelágicos sometidos a explotación y su relación, en algunos casos, con las características físicas, químicas y biológicas del ambiente, las que afectan directamente a la distribución y abundancia de los huevos y larvas de peces.



Especialmente relevante en la distribución espacial de los recursos, son aquellas características dinámicas de la columna de agua que permiten su estabilización y la posterior agregación de alimento, evento que es especialmente crítico para las larvas de los pequeños pelágicos tales como la anchoveta.

Desde una perspectiva de interacción entre los recursos y su medio ambiente, cabe señalar que con posterioridad a un año frío, como lo fue 1996, en el segundo trimestre de 1997 se presentó una perturbación ambiental-climática y oceanográfica de consideración en el océano Pacífico occidental. Esta perturbación se manifestó en Perú y Ecuador desde fines de abril de 1997, a través de anomalías positivas de la temperatura superficial del mar. En la zona norte de Chile, sus primeras manifestaciones se observaron entre mayo y junio a través de fuertes cambios en el comportamiento migratorio de la anchoveta, incrementándose significativamente sus desembarques. confirmándose nuevamente que este recurso es muy sensible a perturbaciones ambientales como lo es el fenómeno de El Niño. Durante julio de 1998, se detectaron nuevamente cambios oceanográficos en el Pacífico ecuatorial, siendo éstos de carácter frío, manifestándose en nuestras costas en noviembre de 1998. Las anomalías a nivel global fueron de tal magnitud que esta nueva perturbación fue conocida internacionalmente con el nombre de fenómeno de La Niña, pronosticándose que estas condiciones permanecerían hasta el verano y probablemente otoño de 1999, lo que implicaba que de ser exitoso el último reclutamiento de la anchoveta, esta mostraría sus primeros signos de recuperación hacia fines de julio de 1999.

Debido a la importancia de este tipo de investigaciones para aumentar la comprensión de la influencia de los factores oceanográficos en la distribución y abundancia de los recursos, el Consejo del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura ha decidido mantener el monitoreo de los pequeños peces pelágicos costeros y de su medio ambiente, dentro del programa de investigación para el año 1999, a objeto de mantener un sistema regular, oportuno y periódico de observación de las condiciones





de la pesquería y de su ambiente bio-oceanográfico, incorporando estaciones costeras de vigilancia mensual que permitan aumentar la frecuencia de observación, complementando de manera eficiente la base de datos disponible.



### Zona de estudio

El área de estudio abarcó la zona comprendida entre los 23°40′S (Antofagasta - II Región) y los 18°25′S (Arica - I Región), realizándose estacionalmente un total de 5 transectas perpendiculares a la línea de costa y equidistantes entre sí por 80 mn, las que se ubicaron frente a Bahía Moreno (23°40′S), Punta Copaca (22°20′S), Punta Lobos (21°00′S), Punta Junín (19°40′S) y Arica (18°25′S) desde la costa hasta una distancia máxima de 100 millas náuticas.

### 2. Cruceros

Durante el período comprendido entre mayo de 1999 y febrero de 2000, el Instituto de Fomento Pesquero, IFOP, realizó a bordo del B/I "Carlos Porter" los cruceros de monitoreo: MOBIO 9905 (22 de mayo - 02 de junio), MOBIO 9909 (16 - 25 de septiembre), MOBIO 9912 (30 de noviembre - 10 de diciembre) y MOBIO 0002 (22 de febrero - 04 de marzo), correspondientes a otoño, invierno y primavera de 1999 y verano de 2000 respectivamente, realizándose además tres estaciones costeras de vigilancia localizadas a 2 mn frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, las cuales permitieron aumentar la frecuencia de observación (Fig. 1, Tablas 1, 2, 3 y 4).

En mayo de 1999, en el marco del Segundo Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, cuya coordinación general estuvo bajo la responsabilidad de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), se realizó una transecta adicional equidistante 40 mn al sur de Antofagasta, la cual se localizó frente a Punta Tres Picos (24°20′S). Además, las transectas ubicadas al oeste de Punta Copaca y Punta Lobos se proyectaron hasta las 200 mn con estaciones programadas a 130, 160 y 200 mn de la costa.



# 3. Metodología por objetivo

## 3.1 Objetivo 2.1

Describir y analizar el patrón estacional de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y penetración de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 m.

# 3.1.1 Colecta de muestras y registro de datos

En cada uno de los cruceros estacionales se efectuaron estaciones oceanográficas distribuídas en 5 transectas perpendiculares a la costa separadas cada 80 mn. Las estaciones se localizaron en las transectas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 millas de la costa.

En otoño de 1999, crucero **MOBIO 9905**, se realizó un total de 58 estaciones biooceanográficas, adicionando una transecta 40 mn al sur de Antofagasta y prolongando las transectas 2 y 3 hasta las 200 mn (**Fig. 1, Tablas 1, 2, 3 y 4**).

Para cada una de las estaciones de la grilla de muestreo se obtuvieron registros contínuos de temperatura (°C), salinidad y profundidad (dbar) hasta un máximo de 500 dbar, mediante el uso de un CTD marca SEA BIRD 19. Las muestras discretas se obtuvieron mediante el uso de un muestreador automático tipo roseta, marca GENERAL OCEANICS, equipado con 12 botellas Niskin de 1,7 L y termómetros de inversión.

Para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto y para verificar los valores de temperatura y salinidad del CTD, se realizaron lances con roseta, a profundidades estándares de 0, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 metros como



máximo. El procesamiento de las muestras de oxígeno se realizó a bordo utilizando el método de Winkler modificado por **Carpenter (1965)**. Los registros de temperatura se obtuvieron con termómetros de inversión. Los análisis de salinidad se efectuaron posteriormente con un salinómetro de inducción, marca **T.S.K.** modelo **DIGI-AUTO**.

## 3.1.2 Medición de la clorofila-a y la penetración de la luz

Las muestras para análisis de clorofila a fueron obtenidas de las profundidades estándar mencionadas en 3.1.1, agregando el nivel de 5 m. Las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de acetato de celulosa (Millipore, HA, 0,45  $\mu$ m, 47 mm de diámetro), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL. Las muestras se almacenaron a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl<sub>2</sub> para su posterior análisis.

La extracción de la muestra para análisis de clorofila a se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90 % v/v, por un período no inferior a las 12 horas y a ca. 0 °C. La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad, con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación, descrita en **Parsons** et al. (1984), utilizando para tales efectos un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-a marca Sigma Chemicals.

La penetración de la luz se midió con un disco de Secchi de 30 cm de diámetro. El disco fué bajado con un cable medido previamente a intervalos de 1 m. El disco se arrió hasta que éste fuera apenas perceptible, por el costado sombreado del barco, registrándose la profundidad, luego se continuó bajando hasta desaparer completamente. Entonces, se izó lentamente hasta que fuera nuevamente visible, consignándose este segundo registro. La lectura final del disco se obtuvo al promediar ambas lecturas.



# 3.1.3 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

El análisis de una imagen promedio mensual de TSM obtenida mediante satélite, permitió estimar la variabilidad anual y la intensidad de procesos tales como surgencia y frentes costeros, complementando de esta manera la información obtenida de las estaciones costeras de monitoreo y de los cuatro cruceros bio-oceanográficos.

Se utilizaron imágenes obtenidas por un satélite NOAA mediante un sensor AVHLR (Advanced Very High Resolution Radiometer), las cuales fueron recepcionadas por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Las imágenes se georeferenciaron y se transformaron a formato SURFER. Posteriormente, las cartas de TSM fueron incorporadas al SIG IDRISI, donde a través del modulo RESAMPLE se obtuvieron las imágenes finales.

Considerando el alto porcentaje de días con una cobertura mayor de un 50% de nubes en la zona de estudio, se utilizaron imágenes compuestas, elaboradas con todas las pasadas del satélite. A cada imagen se le eliminaron las nubes y se promedio la información de la semana, posteriormente se interpoló para cubrir las áreas sin información, obteniéndose de este modo una imagen semanal sin nubosidad. En esta nueva imagen se mantienen las estructuras oceanográficas que tengan una permanencia de varios días, quedando fuera todos los procesos de corta duración que no tengan incidencia alguna respecto de la distribución de los recursos.

A objeto de estimar la variabilidad anual se generó una imagen promedio mensual de TSM, utilizando como base las imágenes semanales, con las cuales se puede definir la intensidad de los procesos.



### 3.1.4 Procesamiento de la información

Durante la realización de los cruceros de monitoreo y después de la ejecución de cada una de las 197 estaciones, se revisaron los perfiles de temperatura y salinidad a objeto de validar la informacion del CTD, de la misma manera y luego de haber efectuado los análisis de oxígeno se revisaron los perfiles verticales de esta variable. Para ello se tuvieron presentes los perfiles típicos de estas variables para el área y época, las características oceanográficas generales del sector y el estado del mar.

Los datos de temperatura y salinidad obtenidos con el CTD fueron contrastados con los datos de temperatura y salinidad obtenidos de los muestreos discretos, con ésto se verificó el funcionamiento correcto de los sensores electrónicos, llegándose a la conclusión que no existían diferencias significativas, por lo que no fue necesario hacer correcciones a la información continua entregada por el CTD.

Con los datos así obtenidos, se calculó la densidad, como **sigma-t** y la anomalía geopotencial a profundidades estándar para CTD (NODC,1991). Para el cálculo de densidad se utilizó la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 dada por Millero and Poisson (1981) y UNESCO (1981a y 1981b).

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo las recomendaciones de **UNESCO** (1981c); por conveniencia se anotan omitiendo el factor 10<sup>-3</sup>.

Para la determinación de la anomalía de temperatura y salinidad superficial y vertical (se incluye sólo la transecta 3 como representativa de la zona) se utilizan los promedios mensuales determinados para la zona de estudio por **Blanco (1996)**.

Con los datos ya procesados se confeccionaron cartas superficiales de distribución de las variables temperatura, anomalía de temperatura, salinidad, anomalía de salinidad,



oxígeno disuelto, densidad (sigma-t) y anomalía geopotencial de distintos niveles de profundidad. Así mismo, se confeccionaron gráficos de distribución vertical para todas las transectas hasta una profundidad de 400 m y diagramas **t-s** para todas las transectas.

La información de clorofila-a fue codificada y digitada georeferenciada por profundidad, confeccionándose cartas de distribución batimétrica para todas las transectas. Los resultados se expresan en µg/L. Para la adecuada representación de la estructura biológica de toda la columna de agua, se calculó la clorofila-a integrada, utilizando el método trapezoidal, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2pn} (N_1 + N_2)(p_2 - p_1) + \dots + (N_n - 1 + N_n)(p_n - p_n - 1)$$

donde:

P = Promedio de los valores considerados de superficie a la máxima profundidad.

N = Concentración de clorofila-a a la profundidad z (μg/L).

p = Profundidad de la muestra respectiva (m).

Este cálculo permitió representar la clorofila-a en unidades de área (mg/m²) y descarta la posibilidad de no representar adecuadamente los máximos sub-superficiales de biomasa fitoplanctónica, que se producen especialmente en período estival.

Con respecto a la información meteorológica, en cada una de las estaciones oceanográficas se registraron los siguientes datos de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas, utilizándose las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).



## 3.2 Objetivo 2.2

Describir y analizar la distribución de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio.

# 3.2.1 Calibración de flujómetros TSK

Los medidores de flujo utilizados durante los cruceros de monitoreo fueron calibrados a 2 mn al oeste de Mejillones de acuerdo a la metodología propuesta por **Smith y Richardson (1979)** y metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile.

Los datos del número de revoluciones por segundo y metros por segundo registrados para cada lance fueron analizados mediante una regresión lineal simple y cuyas ecuaciones de calibración fueron iguales a:

Crucero MOBIO 9905	TSK 5336	V = 0,17036	* N	+ 0,18673
Crucero MOBIO 9909	TSK 4771	V = 0,13893	* N	+ 0,21727
Crucero MOBIO 9912	TSK 5336	V = 0,15410	* N	- 0,04999
Crucero MOBIO 0002	TSK 5336	V = 0,16020	* N	+ 0,03841

### 3.2.2 Colecta de las muestras

Durante la realización de los cruceros de monitoreo se efectuaron 197 estaciones zooplanctónicas mediante el uso de una red modelo WP-2 (UNESCO, 1968), complementada con un medidor de flujo marca T.S.K., el que permitió cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance.



El muestreo cuantitativo de zooplancton orientado a determinar la abundancia de los huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, se realizó mediante arrastres verticales desde profundidades máximas de 100 m hasta la superficie, con velocidades de calado e izado de la red iguales a 0,8 m/s y a 0,6 m/s, respectivamente.

La profundidad real de muestreo fue corregida mediante la medición del ángulo del cable a máxima profundidad, a través de un clinómetro manual. Durante los cruceros realizados en 1999, el ángulo fluctuó entre 1 y 32° en otoño, entre 0 y 25° en invierno, en primavera fluctuó entre 0 y 35° y entre 1 y 40° en verano de 2000.

Durante la ejecución de cada lance planctónico se registró en planillas especialmente diseñadas los siguientes datos de carácter básico: código de crucero, número de estación, duración del lance, posición geográfica, tipo de red y de pesca, número de revoluciones del flujómetro, lecturas del clinómetro, cable arriado e información ambiental de carácter complementario.

### 3.2.3 Tratamiento de las muestras a bordo

Las muestras zooplanctónicas fueron fijadas en una solución de formalina al 5% en agua de mar neutralizada con disodio tetraborato (bórax). El proceso de fijación se realizó tan pronto como éstas fueron extraídas del colector para evitar de esta manera un posible deterioro de los ejemplares capturados.



### 3.2.4 Procedimiento en laboratorio

# 3.2.4.1 Separación e identificación de huevos y larvas de peces

El procesamiento de las muestras en laboratorio contempló cuatro etapas:

- Extraer de cada una de las muestras, la totalidad de los estadios tempranos de peces (huevos y larvas),
- Identificación taxonómica de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa,
- Cuantificación de huevos y larvas de las especies objetivo, y finalmente,
- Enumeración y agrupación del resto del ictioplancton, bajo la denominación de "otras especies".

Para el procesamiento de las muestras, se emplearon microscópicos estereoscópicos marca Nikon y Zeiss con aumento de 8 a 40 veces examinando la totalidad de la muestra.

La determinación taxonómica de las especies objetivo de este estudio, se realizó mediante la ayuda de descripciones de desarrollo embrionario publicadas por diversos investigadores utilizando de preferencia las de: Fischer, (1958); Einarsson y Rojas, (1963); Greenwodd *et al.*, (1966); Moser y Ahlstrom, (1970); Santander y Castillo, (1971); Santander y Castillo, (1972); Balbontín y Garretón, (1977); Pérez, (1978); Aron, (1980); Balbontín y Pérez, (1980); Boltovskoy,(1981); Fahay, (1983); Orellana y Balbontín, (1983); Santander *et al.*, (1984); Sinclair y Tremblay, (1984); Sinclair *et al.*, (1985); Matarese *et al.*, (1989) y Olivar y Fortuño, (1991).



# 3.2.5 Estandarización de la estimación de la abundancia del ictioplancton

Con el propósito de hacer comparable el número de huevos y larvas obtenido de los muestreos cuantitativos, se estandarizó toda la colección a una base común, en términos de número de huevos y larvas existentes en una unidad de área estándar de 10 m².

La estimación del número de huevos y larvas bajo una unidad de área de mar se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$C = 10 * \frac{d}{w} * c$$

donde:

C = número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m<sup>2</sup>)

d = profundidad máxima del lance (m).

 $w = \text{volumen de agua filtrado (m}^3).$ 

c = número de huevos o larvas en la muestra.

El valor "d" se obtiene de los datos del lance por medio de la ecuación:

$$d = L_0 * \cos \theta$$

donde:

Lo = Cantidad de cable arriado (m).

 $\cos \theta$  = coseno del ángulo registrado antes del virado de la red.

El volumen de agua filtrado "W" se calculó por la ecuación:

$$W = Q * t$$



donde:

Q = volumen de agua filtrado por unidad de tiempo (m³/seg).

t = tiempo empleado en el arrastre (seg).

El valor de " Q " se calcula de la ecuación:

$$Q = V * A$$

donde:

V = velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg.

A =área de la boca de la red ( $m^2$ ).

La velocidad se obtiene a partir de un ajuste de la curva de calibración del medidor de flujo:

$$V = a * N + b$$

donde:

N = número de revoluciones por segundo.

ayb = constantes

Basado en los valores cuantitativos de los análisis y con el objeto de contar con antecedentes comparativos entre las fases de desarrollo de las especies ictio-planctónicas, se determinaron algunos parámetros tales como el poblacional, densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas y los comunitarios, constancia y dominancia numérica.



Para la confección de mapas de distribución y abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas anchoveta, sardina, jurel y caballa se utilizó la escala geométrica de **Frontier (1966)** modificada y un software **ad hoc**, SURFER6.

Para efectos de establecer una comparación interanual se emplearon series históricas estandarizadas del ictioplancton de las especies objetivo para el período 1990 -1999, obtenidas durante las estaciones de otoño, invierno, primavera y verano para la zona Antofagasta - Arica, desde la costa hasta una distancia máxima de 100 mn hacia el oeste.

#### 3.2.6 Estimación del índice de abundancia larval

Para el cálculo del índice de abundancia larval de las especies objetivo, se utilizó la metodología estándar propuesta por **Smith y Richardson (1979)**. Este índice entrega información respecto de la intensidad y extensión del desove y puede ser usado para apreciar los cambios en la biomasa en desove. La confiabilidad del índice de abundancia larval para tal uso, comparada con otras dos estimaciones independientes de la biomasa de sardina para la zona norte del país, está ejemplificada en **Braun et al., 1999.** 

### 3.2.6.1 Varianza del índice de abundancia larval

#### Estimadores

Si asimilamos el diseño de un crucero cualquiera a un muestreo aleatorio simple, entonces la varianza de L se puede calcular mediante la fórmula:

$$var(L) = A^2 var(c)$$



donde la varianza de la captura promedio por lance es:

$$\operatorname{var}(c) = \begin{pmatrix} A - N \\ A \end{pmatrix} S^2$$

La varianza de la muestra se calculó a través de toda la muestra, incluyendo estaciones positivas y negativas, mediante:

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N} (c_i - c)^2$$

donde,

$$c = \sum_{i=1}^{N} c_i$$

La razón de hacerlo a través de toda la muestra, es porque no se conoce exactamente el número total de áreas de 10m² presentes en el área de estudio con estaciones positivas.

Es interesante observar que el promedio sobre todas las estaciones resulta de multiplicar la proporción de estaciones positivas por el promedio sobre las mismas estaciones, es decir:

$$c = P \cdot c^+ = \left(\frac{N^+}{N}\right) \left(\frac{\sum_{i=1}^{N^+} c_i}{N^+}\right)$$



luego, el índice larval se puede expresar como:

$$L = A \cdot c$$

Intervalos de confianza al 95% se pueden obtener mediante:

$$L \pm 1.96$$
 var( $L$ )

En ocasiones también es importante conocer la varianza de InL, esta se obtuvo mediante

$$var(\ln L) = \ln(CV^2(L) + 1)$$

El estimador de varianza propuesto corresponde a la varianza de un estimador del total para una subpoblación y aparece descrito en las páginas 35-37 del libro Sampling Techniques (Cochran, 1977).

Los resultados de aplicar el procedimiento descrito a los datos de los cruceros de ictioplancton que ha realizado IFOP durante los cruceros de invierno para el período 1983-1999 se entrega en tablas y figuras.



## 3.3 Objetivo 2.3

Determinar la distribución y abundancia relativa estacional de los recursos pelágicos: anchoveta, sardina, jurel y caballa mediante índices de densidad y cobertura geográfica.

### 3.3.1 Calibración del sistema acústico

## 3.3.1.1 Calibración electroacústica

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de ecointegración SIMRAD EK 500 consiste en un proceso iterativo, en que se mide las señales de la intensidad de blanco (TS) y ecointegración (Sa) provenientes de un blanco de referencia conocido, ubicado en el centro del haz acústico, los que deben converger hacia el valor teórico del blanco de referencia (Foote *et al.*, 1987).

Para este fin se utilizaron blancos estándares de cobre diseñados para las frecuencias de 38 y 120 KHz, según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Acústica del ICES y por el fabricante (Foote *et al.*, op,cit). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de ± 0,5 dB, siendo aceptable con ± 1 dB.

Los controles de los equipos durante la calibración deben ser iguales que los utilizados durante la prospección, por lo tanto, ante eventuales cambios en estos controles es necesario realizar las mediciones con las diferentes alternativas ó repetir la medición.

Las mediciones correspondientes se realizaron al inicio de cada crucero. Para lo cual el buque se fondeó con dos anclas por la proa y una por la popa (barbas de gato). Con el objeto de minimizar el movimiento de la esfera en el proceso de calibración, ésta se ubicó en el haz acústico mediante tres líneas de nailon monofilamento.



utilizándose carretes de cañas de pescar para variar y controlar la ubicación del blanco en el haz.

El procedimiento de medición del TS consiste en medir las ganancias del transductor, ajustándose según:

$$G_{i} = G_{o} + \frac{TSm - TSb}{2}$$

donde:

G<sub>1</sub> = nueva ganancia del transductor

G<sub>0</sub> = ganancia antigua

TSm = intensidad de blanco medida (dB)

TSb = intensidad de blanco teórico (dB)

Para ajustar los parámetros de las lecturas del ecointegrador (Sa) se aplicó el siguiente procedimiento:

$$G_i = G_0 + \frac{10 \log \frac{Sa_{mi}}{Sa_{mi}}}{2}$$

siendo:

$$Sa_{00} = \frac{4\pi r_{000 \text{ hs}}^2 (1852)^2}{VV r^2}$$

donde:

s<sub>bs</sub> = sección dispersante de la esfera (dB).

r = profundidad de la esfera (m).

 $r_0$  = profundidad de referencia (1 m).

 $\Psi$  = ángulo equivalente del haz acústico (dB).

Sa<sub>m</sub> = salida teórica del ecointegrador.

Sa<sub>(m)</sub> = salida medida del ecointegrador.



# 3.3.2 Identificación de especies

La identificación de especies fue realizada mediante la aplicación del método acústico (Guzmán *et al.*, 1983). Durante el crucero MOBIO 9805 se utilizó la información de los tipos de agregación recolectados mediante pescas de arrastre a media agua.

El método acústico considera el análisis de la forma geométrica de los cardúmenes y su relación con la señal acústica, según la siguiente formulación:

$$S_v = \frac{C1V^2}{LxD}$$

donde:

S<sub>v</sub> = coeficiente volumétrico de dispersión de la agregación ó cardúmen.

C1 = constante de calibración electrónica del equipo. En el caso del EK 500 está incluida en la salida calibrada del ecointegrador.

L = longitud de la agregación (m)

D = altura media de la señal remitida por la agregación (m).

## 3.3.3 Distribución de los recursos

La información acústica por Intervalo Básico de Muestreo (I.B.M.) acústico de 0,5 mn, separada por especie, es presentada en mapas de distribución espacial, utilizando una escala de densidad ( $t/mn^2$ ), determinada por la siguiente expresión  $75*2^{(n-1)}$ , donde n representa el nivel de la categoría, siendo  $0 < n \le 4$  (Tabla 5).

Los mapas de distribución espacial se confeccionaron realizando una interpolación según el método de la distancia inversa al cuadrado entre las I.B.M's y transectas



cercanas, trazando líneas de isodensidad según las categorías señaladas anteriormente.

## 3.3.4 Indices de cobertura y densidad

El índice de cobertura indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie, señalando el grado de agregación presentado por la especie en el momento de la prospección. Su cálculo se realizó según:

$$IC = \frac{k}{z} x 100$$

La abundancia relativa de los recursos se determinó con el índice de densidad (I.D.), que indica el grado de concentración de los recursos en aquellas observaciones acústicas que detectaron la presencia de estos. El procedimiento de cálculo es:

$$ID = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \frac{Sa_{ij} C_{e}}{k}$$

donde:

k = número de observaciones acústicas con presencia de recurso

Z = número total de observaciones acústicas en el crucero.

Sa; = lecturas acústicas en la i-ésima I.B.M de la j-ésima transecta.

 $C_e$  = factor de ecointegración, obtenido en base a un  $TS_{kg}$  de -32,5 dB/kg (t/mn²/Sa).

IC = índice de cobertura (%)

ID = índice de densidad en t/mn².



## 3.4 Objetivo 2.4

Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual con observaciones realizadas en, a lo menos, 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio, donde se registrarán a lo menos las variables señaladas en los puntos 3.1 y 3.2.

Las estaciones costeras de monitoreo ubicadas a 2 mn al oeste de los puertos de Mejillones, Iquique y Arica, fueron realizadas desde abril de 1999 a abril de 2000, a bordo de embarcaciones pesqueras. En ellas se obtuvo muestras discretas para los análisis de salinidad, oxígeno disuelto, clorofila a y registros de temperatura en superficie y a las profundidades estándares de 10, 25 y 50 m, utilizando botellas Niskin de 1,7 l equipadas con termómetros de inversión. Las muestras de oxígeno fueron fijadas a bordo y el análisis se realizó en laboratorio en tierra después de 18 horas de tomada la muestra.

Los datos de temperatura, penetración de la luz y el resultado del análisis de las muestras de salinidad y oxígeno, fueron graficados como serie de tiempo con profundidad.

La muestra para el análisis de clorofila a fue obtenida con un sistema de filtrado con jeringa y portafiltro (Swinnex) de 25 mm de diámetro. La determinación del volumen final de filtrado se realizó con una probeta plástica. Las muestras se almacenaron en cajas de Aislapol con Gel-Pack, tratando de mantener la temperatura lo más baja posible. Una vez en puerto se depositaron en un congelador de -20°C y posteriormente se trasladaron al laboratorio.

Las estaciones costeras mensuales fueron procesadas de acuerdo a la misma rutina descrita para las estaciones de los cruceros estacionales.

ø.

Se realizaron además lances planctónicos en arrastres verticales con red WP-2. El procesamiento de las muestras colectadas y su respectivo análisis se realizó siguiendo la rutina descrita para el objetivo 2.2

## 3.5 Objetivo 2.5

Estimar en forma estacional y mensual la abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica.

Con posterioridad a la extracción del ictioplancton en general y a objeto de evitar posibles daños a los huevos y larvas que pudieran dificultar su identificación y posterior clasificación, se determinó la biomasa a través de la medición de los biovolúmenes, empleándose para tales efectos el método de desplazamiento de volumen húmedo descrito por Yashnov (1959) modificado por Robertson (1970).

El volumen se determinó dos veces para cada una de las muestras y el resultado corresponde al promedio de ambas determinaciones. Se excluyeron solamente de las mediciones aquellos organismos cuyo volumen excedía los 5 ml.

La abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica se calculó mediante la ecuación:

$$Y = 1.000(\frac{X}{w})$$

donde:

 $Y = \text{ml de zooplancton por } 1.000 \text{ m}^3$ 

X = ml de zooplancton

W = volumen de agua filtrada por la red (m³)



# VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Objetivo Específico Nº 2.1

Describir y analizar el patrón estacional de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y penetración de la luz, en la zona de estudio, en la estructura vertical de 0 a 200 m.

## 1. Condiciones oceanográficas

### 1.1 Vientos

La información bibliográfica de las características del viento en la zona de estudio indica que las direcciones predominantes durante todo el año corresponden al S y SW, presentando una variabilidad estacional en la intensidad, con máximos en invierno (agosto) y mínima en verano (marzo) en el sector oceánico (Bjernes, 1966, Fuenzalida,1971; Hellerman y Rosententein, 1983; Bakun y Parrish, 1982; Bakun y Nelson, 1991), mientras que para el sector costero los vientos favorables a la surgencia se registran durante todo el año con una mayor intensidad en noviembre-enero y menor en mayo-julio (Fuenzalida, 1989; Montecinos, 1991). Los vientos favorables a la surgencia aumentaron notoriamente durante los eventos cálidos en los inviernos de 1983, 1993 y 1997, siendo incluso mayores a los encontrados en los veranos respectivos (Fuenzalida, op cit; Braun et al., 1995 y 1998).

Si bien los datos de viento registrados durante las estaciones oceanográficas en cada crucero (Fig. 2) no presentan un cuadro sinóptico para la zona y no son, necesariamente representativos de los vientos que la afectan en cada período estacional, éstos proporcionan una referencia del comportamiento de esta variable,



la que sin lugar a dudas ayuda a entender e interpretar de mejor forma la información oceanográfica recopilada.

En general se puede indicar que los vientos registrados muestran una notoria variación en su intensidad pero una baja variación en su dirección. En el caso de la dirección, todos los cruceros muestran un predominio de vientos del segundo cuadrante, principalmente SSE y SE (70% de los registros entre 120° y 160°), presentando los otros cuadrantes un muy bajo porcentaje de registros. Estos datos son distintos a la información bibliográfica para esta variable, la que señala un predominio de la dirección S y SW todo el año.

Las intensidades registradas durante el período pueden indicarse como bajas, ya que un alto porcentaje de ellas no alcanzó los 5 m/s (94 % de los registros), valor mínimo requerido para producir mezcla turbulenta en la capa superficial (Simpson y Dickey, 1981).

Por otro lado, las comparaciones de intensidades no concuerdan con lo descrito en la bibliografía, ya que los vientos encontrados en el sector oceánico son de intensidad mayor en diciembre y febrero y menores en septiembre, contrario a lo señalado anteriormente. En el sector costero las intensidades del viento se ajustarían en mayor medida a los patrones descritos, ya que diciembre registró valores de viento costero mayores a los otros meses. Una comparación de las magnitudes de viento en los últimos 5 años indican que éstas son notoriamente menores a los registrados entre 1996 a febrero de 1999 (Braun *et al.*, 1997, 1998, 1999a y 1999b) tanto en los valores máximos como en los promedios para cada crucero, siendo en muchos casos la mitad de la intensidad.

En el mes de mayo, se registraron vientos moderados con una intensidad máxima de 6 m/s y un promedio de 1,6 m/s. Las mayores intensidades relativas se



registraron en la mitad sur del área de estudio. De Iquique al norte, existen bajas intensidades o viento calmo en la mayoría de las estaciones (Fig. 2a).

Septiembre presentó los menores registros de todo el período de estudio, con un promedio de sólo 1,2 m/s y una intensidad máxima de 3 m/s. Entre Tocopilla y Pisagua se observaron bajos valores de intensidad del viento, siendo éste un sector característico de surgencia y no obstante que presentan una dirección favorable a la surgencia costera, el efecto de estas intensidades de viento es bajo. Se destaca que en el límite sur de la zona los registros tienen intensidad cero a diferencia del crucero anterior, MOBIO 9905, en que presentaron un máximo relativo (Fig. 2b).

Diciembre (Fig. 2c) presentó un viento de intensidad mayor a los registrados en los meses anteriores, los que alcanzaron los 8 m/s de intensidad máxima, sin embargo su promedio sólo llega a 2,6 m/s, representativo de la variabilidad en este mes, siendo el segundo más alto del período. Se observó en este mes, una mayor intensidad de los vientos en la mitad norte de la zona de estudio. De Pisagua al sur las intensidades siguen siendo bajas en la franja costera de las 10 primeras millas, siendo su dirección favorable a los procesos de surgencia.

Finalmente, en el verano de 2000, la intensidad del viento (Fig. 2d) registró un valor máximo de sólo 4 m/s pero con el mayor promedio del período, 3 m/s, y una menor variación del viento en toda la zona. Este valor fue significativamente bajo para este período en comparación con los años anteriores.

# 1.2 Temperatura

Durante el período de estudio la temperatura superficial del mar observada en los cuatro cruceros mostraron una marcada variación térmica estacional. El rango anual de temperatura para la zona fluctuó entre los 16° y 25°C (Fig. 3).



Las menores temperaturas se registraron en la franja costera (primeras 20 mn) en los cuatro cruceros, con valores entre 16° y 21°C. El crucero de septiembre (Fig. 3b) presentó las menores temperaturas superficiales costeras de los cuatro muestreos, las que no superaron los 18°C, mientras que las mayores, correspondieron al crucero de febrero del 2000 (Fig. 3d) con valores que alcanzaron hasta los 21°C entre Arica y Pisagua. El sector costero con menor variación anual, corresponde al de Pisagua - Punta Lobos, el que prácticamente no cambió sus valores (>15° - 17°C) durante los cruceros.

Las temperaturas encontradas en la costa son producto de los procesos de surgencia, generalmente intensos y típicos de la zona. Una comparación interestacional de la intensidad de la surgencia no es fácilmente observable con el gráfico superficial, debido a que los gradientes térmicos responden a los valores que se encuentran en el sector oceánico cercano a la costa, como también a las temperaturas del agua que participan en la surgencia. Siendo necesario analizar los gráficos verticales de temperatura. Sin embargo, se puede afirmar que para cada período estos procesos fueron más intensos en el sector costero entre Pisagua a Punta Lobos. Para los cruceros estacionales y de acuerdo a los vientos medidos de intensidades muy bajas, la surgencia observada es producto de eventos anteriores a los períodos de muestreo.

En el sector oceánico, definido como el sector desde las 20 mn hacia el oeste, se observó una variación térmica de hasta 7 °C entre los cuatro cruceros con temperaturas extremas de 19° y 25°C. El crucero de septiembre presentó también, al igual que en el sector costero, los menores valores de temperatura oceánica, lo que originó que los gradientes superficiales entre ambos sectores prácticamente no existan. En este sentido, los cruceros de diciembre y febrero (Figs. 3c y d) se presentaron con los mayores frentes térmicos costeros, producto de las bajas temperaturas en ese sector y las altas temperaturas oceánicas. Las



mayores temperaturas oceánicas en el período anual se registraron en febrero de 2000, entre Arica e Iquique y por sobre las 70 mn, con valores superiores a 25°C.

El rápido calentamiento superficial ocurrido entre los meses de septiembre y diciembre se debe a una entrada de aguas cálidas a la zona, el que se deduce al observar el avance de las isotermas de 18° y 22°C. Además, se observó el avance de aguas más frías hacia el norte, el que se aprecia por el levantamiento hacia el norte de algunas isotermas.

En términos generales, para la zona se observa un predominio de anomalías de temperatura negativas para los cruceros de mayo, diciembre y febrero, y anomalías positivas en septiembre. Los valores extremos de anomalía se registraron en la costa en febrero del 2000 con -4°C y valores positivos de 2°C en la zona costera de Antofagasta en el crucero del mes de mayo.

Los gráficos de anomalía de temperatura superficial (Fig. 4) muestran un predominio de anomalías bajas (entre -1° y 1°C) en los cuatro períodos, principalmente en los cruceros de septiembre y diciembre. En el mes de septiembre esta situación se presentó en forma importante para toda la zona de estudio, en su mayor parte con anomalías positivas las que pueden estar determinadas por una menor intensidad de surgencia y mezcla superficial producto de bajas intensidades del viento. En diciembre estas bajas anomalías también fueron predominantemente de tipo negativo pero con presencia de sectores costeros de anomalía > 1°.

En general, las anomalías encontradas en la costa no permiten ser concluyentes en la determinación del grado de normalidad térmica estacional o incluso mensual para este sector, al contrario de lo que ocurre para las anomalías oceánicas. Las anomalías costeras mayores a 1°C (absoluto) pueden sugerir sin embargo, una situación de anormalidad, la que debe estudiarse en base a la situación térmica de



las áreas adyacentes y subsuperficiales. Esto se debe a que el sector costero de esta zona está sometido a procesos de surgencia de intensidad y duración variable que pueden cambiar los valores de temperatura costera rápidamente, modificando entonces los valores de anomalía. Por ejemplo, ante la situación de una zona superficial y subsuperficial considerada como normal, estas anomalías son útiles para indicar el desarrollo de un proceso de surgencia puntual de mayor o menor intensidad al promedio.

Durante los meses de mayo de 1999 y febrero de 2000 se aprecian anomalías negativas importantes (> 1°C) entre Pisagua e Iquique que alcanzan a las 100 mn, cubriendo una mayor área en el mes de mayo de 1999, pero mayor en intensidad en febrero de 2000. En este sentido, se destacan durante febrero las anomalías de hasta -4°C entre Pisagua y Tocopilla en las primeras 40 mn, las que podrían estar asociadas a una intensa surgencia costera en ese lugar, junto a una situación general fría para el sector en ese período (anomalías oceánicas adyacentes también negativas). La porción de agua oceánica con temperaturas de 23°C que se ubicó frente a Iquique, puede ser un remanente de aguas provenientes de un intenso proceso de surgencia anterior que se desplazó hacia el sector oceánico.

Los gráficos de temperatura en la columna de agua (Figs. 5 a 9), a través del levantamiento de las isotermas de la capa superficial del sector costero hasta los 50 m de profundidad, confirman el desarrollo de procesos de surgencia de distinta intensidad en algunas transectas de los períodos de muestreo. Estos procesos de afloramiento se observan más intensos en la transecta 3 ubicada a la altura de Punta Lobos, lo que es indicado por una mayor verticalidad de las isotermas involucradas y ascenso desde mayor profundidad. Esto último, es coincidente con las menores temperaturas superficiales encontradas en ese lugar. Destaca también para mayo, una importante surgencia detectada en la transecta 2, 4 y 5, sin embargo en los meses de diciembre y febrero no se observó o es muy débil. El caso



contrario, se observa en la transecta 1 frente a Antofagasta, que en los meses de mayo y septiembre no hubo surgencia mientras que en diciembre se presentó pero en forma débil.

En la capa superficial de los primeros 100 m se observó en el sector oceánico una importante estratificación térmica en casi todas las transectas que terminan en la isoterma de 15° definida como base de la termoclina. La mayor estratificación térmica de diciembre y febrero es producto de la presencia de aguas con mayor temperatura en superficie. En este mismo sentido, el mes de septiembre mostró los menores gradientes subsuperficiales, y una capa de mezcla que alcanzó hasta los 50 m en el sector oceánico en las tres primeras transectas.

En la capa profunda, bajo los 100 m, la ubicación de las isotermas presentó variaciones tanto en sentido temporal como espacial.

Para la capa más profunda, bajo los 100 m, las menores variaciones en la profundidad de las isotermas ocurrieron en el mes de febrero y en menor grado en diciembre. En estos meses las isotermas presentaron una mayor similitud en su ubicación principalmente en las transecta 1 a 4. Esto último significa una distribución de la temperatura más homogénea tanto de norte a sur como de este a oeste. En este mismo análisis las transectas de mayo de 1999 presentaron las mayores variaciones tanto latitudinal como longitudinal, indicando una variación térmica mayor en estos sentidos para una profundidad determinada. A modo de ejemplo, se observó que en las transectas de mayo hay variaciones en ambos sentidos entre 100 y 200 m en la ubicación de la isoterma de 11°C, mientras que para esta misma isoterma en febrero la variación norte-sur y este-oeste es de un máximo de 100 m.

En general para los cuatro cruceros la temperatura subsuperficial bajo los 100 m presentó un aumento gradual de sur a norte, lo que ubicó por lo tanto las isotermas



de un mismo valor más profundas en la transecta 5 (extremo norte de la zona de estudio). En un análisis entre cruceros, las mayores temperaturas subsuperficiales se encontraron en el crucero de mayo mientras, que las menores se encontraron en el mes de septiembre. Tal como se comentó anteriormente, se destaca la similitud en la ubicación de las isotermas subsuperficiales de las transectas 1 a 4 en los meses de diciembre y febrero, lo que indica similitud en temperatura entre estos dos meses.

La isoterma de 15° C, considerada como base de la termoclina (Fig. 10), presentó una profundidad entre 10 y 80 m en el área de estudio, aumentando desde la costa hacia el océano. La franja costera presentó profundidades entre 10 y 30 m para el límite inferior de la termoclina, siendo esta mayor en los meses de septiembre y diciembre, con un comportamiento de estas isóbatas muy parecido en ambos meses.

En el sector oceánico se observan menores profundidades de la base de la termoclina en el mes de mayo, lo que es mostrado por un desplazamiento de la isóbata de 50 m hacia el oeste, dejando un foco de mayores profundidades entre Punta Lobos y Mejillones.

Los valores de anomalía para la isóbata de la isoterma de 15°C (Fig. 11) muestra en general que la zona de estudio presentó durante los cuatro cruceros anomalías entre –10 y +10 m con respecto a los promedios de largo plazo de Blanco (1996).

En este sentido, el mes que presentó los valores más cercanos a lo normal corresponden al mes de diciembre, que en general tuvo anomalías positivas entre 0 y +10 m. Este mes sólo muestra valores de anomalía mayores a +10 en dos pequeños núcleos, uno frente a Pisagua y otro frente a Tocopilla, ambos centrados en las 50 mn de la costa y otros dos ubicados en el borde oceánico de los extremos



norte y sur. Anomalías negativas mayores a 10 m se encuentran pegadas a la costa en Iquique y Arica.

En términos absolutos durante el mes de diciembre de 1999 las anomalías positivas de la isóbata de 15°C ocuparon una extensa área oceánica de la zona de estudio, mientras que en el sector costero predominaron las anomalías negativas. En los meses restantes predominaron las anomalías negativas, con la presencia de algunos focos de anomalía positiva de +10 y hasta +20 en el sector oceánico.

La distribución de anomalías negativas del mes de mayo, es coincidente con la distribución de anomalías negativas de la isóbata de 15°C, lo que indica la presencia de una capa superficial de agua más fría a lo normal, en una extensa área de la zona de estudio.

De la figura de anomalía térmica en la vertical, correspondiente a la transecta 3 (Fig. 12), se observa durante los cuatro cruceros un predominio general de anomalías negativas pero de valor bajo (< 1°C) en la mayor parte de los primeros 400 metros.

Bajo los 200 m de profundidad en el sector oceánico se aprecia en el mes de mayo un amplio núcleo de valores positivos (>1°C), pero en septiembre este núcleo descendió su anomalía a valores <1°C, en diciembre pasó a tener anomalía negativa >1° y finalmente, en febrero desapareció, presentando la columna de agua anomalías negativas <1°C desde los 50 m hacia abajo.

La capa superficial de los primeros 50 m presentó en mayo (Fig. 12a) un núcleo de anomalía térmica vertical de –2°C y un núcleo de anomalía positiva con valores > +1 centrado en las 40 mn y a 40 m de profundidad, siendo el posible orígen de ésto una mezcla de la capa superficial de los primeros 40 m que eleva la temperatura de esta capa por sobre el promedio normal.



Como en septiembre (Fig. 12b) se presentaron a nivel superficial anomalías térmicas menores a 1°C en gran parte de la zona de estudio y anomalías mayores a 20 metros tanto positivas como negativas en el nivel de la isóbata de 15°C, junto a anomalías térmicas con valores >1° en la capa de los 100 m superficiales, se desprende de ésto que no obstante el nivel superficial está cercano a la normalidad térmica, la temperatura subsuperficial de aquella capa tiene valores bajos y sobre los promedios de largo plazo.

Finalmente, el mes de febrero (Fig. 12d) muestra una situación de temperatura superficial y con respecto a la profundidad de la isoterma de 15°C similar a la encontrada el mes de diciembre. Sin embargo, esta situación en la vertical es distinta ya que han desaparecido las anomalías negativas profundas, se ha incrementado la anomalía negativa superficial pegada la costa y el pequeño foco cálido encontrado en los 40 m en diciembre a aumentado su valor alcanzando los +3°C.

#### 1.3 Salinidad

El rango de salinidad superficial para el período completo de muestreo es de >34,6 a >35,4 ups (Fig. 13). En general, los cruceros registran las menores salinidades en el sector costero, mientras que los mayores valores se encuentran en el área oceánica, que en algunos sectores, en forma de focos salinos, alcanzan los valores máximos del periodo de estudio.

Se observa una gran variación en la distribución superficial de las isohalinas a lo largo de los cuatro cruceros realizados. A este respecto, hay una notoria asociación entre la distribución superficial de temperatura, isotermas de 19, 18, 21 y 23°C y salinidad, isohalina de 35 ups, entre los cruceros de mayo a febrero,



respectivamente. Esta asociación de isolíneas muestra y confirma claramente la presencia de agua cálida y salina de origen subtropical, en la zona de estudio.

Los meses con mayores salinidades corresponden a mayo de 1999 (Fig. 13a) y febrero de 2000 (Fig. 13d) producto de la mayor presencia de aguas salinas de origen subtropical que ocupa prácticamente todo el sector oceánico de la zona de estudio. En la mitad norte de la zona y durante estos meses se presentaron las máximas salinidades, las que en forma de focos salinos alcanzaron valores >35,4 ups. En la costa, estos meses presentaron salinidades de hasta 34,8 con un mínimo salino de <34,7 de Iquique a Punta Lobos producto de la surgencia costera.

Las salinidades más bajas se registraron en septiembre de 1999 (Fig. 13b), donde la menor presencia de aguas de origen subtropical fue evidente y que dá como resultado valores menores a 35 ups en toda el área bajo los 20°S de latitud.

Con respecto a las anomalías de salinidad (Fig. 14) superficial se observa que existe un predominio de las anomalías negativas en todos los cruceros, alcanzando valores mayores a 0,1 ups en el extremo norte, excepto en el mes de diciembre, en que la salinidad superficial mostró tendencia a la normalidad a diferencia de los otros meses.

En este sentido, el mes de septiembre (Fig. 13b) presentó prácticamente en toda la zona de estudio anomalías negativas y gran parte de esta área es de anomalía >0,1 ups (absoluto). Al comparar en este mes las anomalías de temperatura con las de salinidad superficial, se observa que no existe una coincidencia tanto en la tendencia negativa como en la distribución de las isohalinas mencionadas. Esto significa que si bien la temperatura mostró valores cercanos a lo considerado normal, la salinidad estuvo por debajo de los valores típicos para el mes.



Por el contrario, los meses de mayo, diciembre y febrero (Fig. 13 y 14 a, c y d) mostraron que el tipo de anomalía de temperatura y salinidad, la magnitud de ésta (generalmente se observan cambios de 1°C por cada 0,1ups) y la posición, son coincidentes para ambas variables. La concordancia antes señalada para mayo y febrero, junto a los valores involucrados en las mayores anomalías negativas de ambas variables, indican también que el foco más frío y menos salino que alcanza hasta las 100 mn de la costa, se debe a procesos de surgencia que ocurrieron entre Pisagua y Punta Lobos, de los cuales se ha desprendido una porción de agua fría y de baja salinidad que se ha desplazado hacia el sector oceánico. Estos intensos procesos de surgencia serían anteriores a la surgencia observada durante el crucero, lo que es sugerido por la posición paralela a la costa de las isotermas y que aislan el foco de menor temperatura, indicando con esto un proceso de normalización intermedio que ocurre más rápido para la temperatura que para la salinidad.

En relación a las anomalías positivas, en mayo (Fig. 14a) se encuentran los valores más altos y que superan los 0,2ups en 2 núcleos costeros de Tocopilla al sur y en el límite oeste de la zona frente a Punta Lobos. Este último foco salino está siendo frenado por la presencia de agua menos salina y más fría, producto de la surgencia costera. En el núcleo salino del sector oceánico se cumple la concordancia de tipo de anomalía en temperatura y salinidad, sin embargo la anomalía salina encontrada es más intensa que la térmica.

La salinidad vertical muestra en general un amplio rango de valores que va de <34,3 a > 35,4 ups (Figs. 15 a 19). Como se observa en estas figuras, existe una importante variación salina tanto temporal como espacial dentro de los 400 m de profundidad.



En general, se observó que los valores aumentan de sur a norte para los cuatro cruceros. En sentido este-oeste no existe una tendencia general para la capa completa sino más bien por estratos. En este análisis el estrato superficial hasta los 25 m, muestra la tendencia de menores valores en la costa y que aumentan hacia el sector oceánico. En el estrato desde los 25 m hasta los 100 m de profundidad se encuentran mayores valores en las primeras 5 a 10 mn de la costa, para luego presentar un valor similar hasta el sector oceánico. Desde los 100 hasta los 400 m (para este caso) hay una situación variable, pero en general se puede decir que la salinidad disminuye de este a oeste, es decir, lo inverso a la situación superficial, y que es producto de la presencia de núcleos salinos costeros, que no siempre cubren toda la capa indicada.

En un análisis por crucero, el mes de mayo (Fig. 15 a 19 a) presentó salinidades > 35 ups que alcanzan los primeros 30 m de profundidad, que como era de esperar dada la distribución de la salinidad superficial y la ubicación de las transectas, se observan en forma importante en las transectas 2 y 5. A un nivel más profundo se ubica una capa de mínima salinidad que alcanza valores <34,4 ups. Al seguir la isohalina de 34,6 se observa que esta capa de mínimo subsuperficial es débil en la transecta 5 y en la transecta 1 alcanza un espesor de más de 80 m en el borde oeste y de 50 m pegado a la costa. El máximo subsuperficial alcanza valores mayores a 34,8 ups en las 5 transectas. Se destaca sin embargo, que de norte a sur la capa de agua de salinidad > 34,7 ups se adelgaza y que el núcleo salino de más de 34,8 ups se contrae hacia el sur (transecta 3), se separa en dos en la transecta 2 y el núcleo oceánico desaparece en la transecta 1.

Septiembre (Fig. 15 a 19b), con las menores salinidades superficiales presentó en la vertical una capa salina con valores > 35,0 ups hasta un nivel de 70 m en la transecta 5 y hasta 20 m en la transecta 4, mientras que en las transectas 1 a 3 esta capa no está presente. El mínimo subsuperficial se presentó en la transecta 1 en



forma de un pequeño núcleo oceánico en los 120 m, con un valor menor a 34,4 ups. El seguimiento de la isohalina de 34,6 ups señala que los valores menores sólo se presentaron de la transecta 4 al sur, aumentando su espesor en esa dirección. A diferencia de lo ocurrido en mayo, en septiembre los valores < 34,6 ups no alcanzaron el sector costero en las transectas 1 a 3, quedando incluso en esta última transecta más allá de las 50 mn de la costa. En este mes el máximo subsuperficial también superó los 34,8 ups en forma de núcleo, el que tuvo un espesor menor al encontrado en mayo y se caracterizó por ascender hasta la superficie en el sector costero en las transecta 4 y 5, siendo este el único mes de muestreo en que se presentó esta situación. La constricción del núcleo salino >34,8 ups observado en el mes anterior ocurrió más al norte, siendo observable ya en la transecta 4, dividiéndose en dos al sur de la transecta 3 y quedando finalmente como un pequeño núcleo ubicado entre la costa y las 10 mn. En este mes los valores de salinidad >34,7 ups están formando una capa más delgada que el mes anterior pero que, sin embargo, alcanza las 100 mn en la transecta 1.

El mes de diciembre (Fig. 15 a 19 c) presentó una capa salina de valor > 35,0 ups presente de la transecta 3 al norte y que alcanzó una profundidad máxima de 60 m en la transecta 5, mientras que en la transectas 3 y 4 tiene 40 m de grosor desde las 15 mn hacia el sector oceánico. El mínimo subsuperficial es <34,7 ups en las transectas 3 a 5 y de <34,4 ups en la transecta 1 y 2. Al estudiar el comportamiento de la isohalina de 34,6 ups se aprecia que existe una capa importante de valores <34,6 ups, entre 30 a 80 m de grosor en las dos primeras transectas pero que no se presenta en las 3 transectas de la mitad norte. Esto último significa un brusco cambio de salinidad en tan sólo 80 mn y por lo tanto no hay mínimo salino subsuperficial en la transecta 5. Otra situación importante es la que ocurre con el máximo subsuperficial de valores > 34,8 ups que como en los meses anteriores se presentó como núcleo pero ahora con un menor grosor, ocurriendo su separación



en dos, apreciable en la transecta 2, luego de un brusco adelgazamiento en la transecta 3 y 4, para luego desaparecer en la transecta 1.

Ya se mencionó que las máximas salinidades superficiales se registraron durante febrero con valores sobre 35,4 ups en la mitad oceánica norte de la zona de estudio. Este valor se registró sólo en las transectas 4 y 5 hasta profundidades de 8 y 30 m, respectivamente (Fig. 15 a 19 d). Los valores superiores a 35,0 ups siguiendo el análisis anterior, presentaron una capa de 60 m de espesor en la transecta 4 y 5, la que se adelgaza hasta los 20 m en la transecta 2, para desaparecer en la transecta 1. El mínimo subsuperficial es <34,4 ups y sólo se observa en las transectas 1 y 2 como pequeños núcleos. La capa de valores < 34,6 ups se presenta sólo en las transectas 1 a 3.

El análisis de las anomalías de salinidad en la transecta 3 (Fig. 20) muestra un predominio de anomalías negativas en casi toda la capa de los 400 m, las que coinciden con las anomalías negativas de temperatura para cada mes. Los primeros 100 m de profundidad en todos los cruceros presentan núcleos con valores de anomalía negativa >0,1 siendo el mes de mayo el que alcanza las máximas de hasta -0,4 ups y que, además, coincide en posición con las anomalías de -2°C encontradas ese mes. Esta situación es indicativa de una menor presencia de AST en la capa superficial de los primeros 30 m y una mayor presencia de ASAA en la capa de 25 a 100 metros.

Anomalías positivas se encontraron en forma de pequeños núcleos, siendo la más importante en tamaño la encontrada en el mes de mayo bajo los 250 m del sector oceánico y que coincide con la anomalía de temperatura >0° y > +1°C. Para este caso, las anomalías pueden deberse a un debilitamiento o incremento de la presencia de AESS para las anomalías positivas y negativas, respectivamente.



#### 1.4 Densidad

La densidad tanto superficial como vertical (Fig. 21 a 26) está determinada por la temperatura del agua y no por la salinidad. Esto último es más evidente en la distribución vertical de densidad, ya que las isopicnas tienen una ubicación y comportamiento similar a las isotermas.

Mayo (Fig. 21a) presentó en densidad gradientes superficiales débiles, con un máximo de 0,6 kg/m³ entre el sector oceánico y la costa. Los valores más altos de sigma-t se presentaron en la costa, mientras que la mitad norte del sector oceánico tuvo los valores más bajos de densidad del mes.

En la vertical (Fig. 22 a 26 a) se observan picnoclinas entre los 20 y 90 m, siendo más intensas hacia el norte de la zona de estudio con 0,26 kg/m³/10 m. Las isopicnas muestran claramente los procesos de surgencia en el sector costero de las transectas 2 y 3.

Septiembre (Fig. 21b) muestra el más bajo gradiente de densidad superficial, con sólo una variación norte - sur de 0,3 kg/m³. En el sector costero frente a Pta. Lobos se ubicaron los mayores gradientes relativos de la zona, 0,3 kg/m³/20 mn, el que está determinado por el gradiente térmico de 2°C en ese sector.

En la columna de agua de este mes (Fig. 22 a 26 b) se observa un claro descenso de los gradientes de densidad encontrados en mayo, en especial en la transecta 1 del límite sur. La isopicna se hace más superficial y más intensa hacia el norte y hacia la costa.

Diciembre (Fig. 21c), producto de las altas temperaturas en el sector oceánico y las menores en el sector costero, presentó una mayor variación general en esta variable



respecto a los meses de mayo y septiembre. De igual forma los gradientes costeros son más importantes durante este mes y como ya se mencionó, están asociados a las variaciones térmicas entre la costa y el sector oceánico.

La densidad (Fig. 22 a 26 c) en la vertical muestra una intensificación de la picnoclinas en todas las transectas, en especial en la transecta 1 (sur), la que ocurre tanto en la intensidad del gradiente como en la profundización de su límite inferior, superando en todas las transectas los 80 m de profundidad.

Finalmente, febrero (Fig. 21d) registró los mayores gradientes costeros en densidad de los cuatro meses en estudio. La variación de sigma-t es de 0,8 kg/m³ en un sentido norte - sur y en la costa presenta un gradiente de 0,6 kg/m³/20 mn entre Pisagua y frente a Punta Lobos. En este mes se asocian notoriamente las isopicnas a las isotermas y muestran cómo el núcleo más frío y menos salino que producto de la surgencia costera, ha alcanzado las 70 mn de la costa.

Como era de esperar y dada la distribución vertical de temperaturas, en este mes se encuentran los mayores gradientes verticales de densidad en los primeros 100 metros (Fig. 22 a 26 d). Los gradientes promedios de las picnoclinas son de 0,16 kg/m³/10m en los 100 primeros metros, sin embargo en los primeros 50 metros se encuentran gradientes de hasta 0,4 kg/m³/10m. Bajo los 100 metros de profundidad tiene una distribución similar a la encontrada en diciembre.

# 1.5 Oxígeno

La tendencia anual de la distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la zona (Fig. 27) indica en general que los valores menores a 5 ml/L se situaron en las cercanías de la zona costera. En mayo de 1999 (Fig. 27 a) y febrero del 2000 (Fig. 27d) los valores menores a 5 ml/L, se asociaron con





anomalías térmicas negativas en la zona costera en el rango 1 a 2º C. Esta situación se observó especialmente en Punta Lobos y Pisagua, lugares en los que habitualmente se localizan procesos de afloramiento costero.

Durante septiembre (Fig. 27b) y diciembre (Fig. 27c) la distribución de OD no presentó variaciones de importancia, manteniéndose en el rango 5 a 6 ml/L para toda la zona monitoreada. Una desviación de importancia en este patrón se localizó en el mes de septiembre, en el que se midió valores de OD de 7 ml/L en las transectas 1 y 5, coincidentes con valores significativamente altos (i.e. > 4 µg/L) de biomasa fitoplanctónica, por lo que estos valores de OD estarían asociados a procesos intensos de producción primaria en el área.

Los fuertes gradientes térmicos medidos en diciembre de 1999 y febrero del 2000, especialmente en las transectas 3, 4 y 5, permitió que los productos residuales de la actividad fotosintética se acumularan y aumentara localmente la OD la que llegó hasta los 6,5 ml/L. Estos valores de OD y clorofila a, están asociados al mismo tiempo a las zonas de mayor intensidad de las anomalías de temperatura.

La distribución vertical de la OD en la transecta 1 (Lat. 23° 40'S) (Fig. 28) presentó gradientes de importancia en la zona costera en los meses de septiembre y diciembre de 1999 y febrero de 2000, debido al afloramiento de las isolíneas típicas de masas de agua subóxicas, es decir, aquellas isolíneas de tensiones menores a 4 ml/L, con una fuerte estratificación a 1 mn de la costa. Por el contrario, en mayo de 1999 este gradiente se profundizó bajo los 50 m, denotando una disminución en la dinámica costera típica de centros de surgencia.

En septiembre de 1999, valores mayores de 6 y hasta 7 ml/L, dominaron la columna hasta ca. 25 m, como producto de las altas concentraciones de cloa y longitudinalmente hasta las 40 mn, esta situación está asociada en forma semejante



a la distribución de los valores más altos de concentración de clorofila a

cuantificados en la zona.

Mas allá de las 40 mn el gradiente disminuyó en intensidad, profundizándose significativamente, superando los 100 m en diciembre, pero manteniéndose en promedio entre los 50 y 100 m. Bajo los 100 m la columna estuvo dominada por masas de agua hipóxicas las que llegaron a ser cercanas a 0,5 ml/L. En general, las masas de agua subóxicas se localizaron entre los 50 y 75 m y las hipóxicas bajos los 100 m, con profundizaciones de esta distribución debido al aumento en la capa de mezcla, especialmente a 100 mn de distancia de la costa.

La distribución vertical de la OD en la transecta 2 (Fig. 29), indica que la zona de altas tensiones de OD, es decir, aquellas mayores de 5 ml/L, se distribuyeron desde la superficie hasta los 50 m de profundidad, tendiendo a ser más someras entre la costa y las 10 mn. En la zona costera el afloramiento de masas de agua subóxicas se presentó durante todo el año de 1999, tornándose más profundas durante febrero de 2000, mes en el que se formó un fuerte gradiente que dominó la zona hasta las 10 millas náuticas.

Mas allá de las 10 mn las masas de agua hipóxicas dominaron la columna desde ca. 100m hasta los 500 metros.

La distribución vertical de la OD en la transecta 3 (Fig. 30), indica el afloramiento activo de masa de agua subóxicas en la zona costera, surgiendo la isolínea de 4 ml/L, en todos los meses monitoreados.

El gradiente longitudinal de OD se tornó más somero que las transectas anteriores, situándose entre los 50 a 75 m, producto de la disminución en la profundidad de aguas del mínimo de OD, las que llegaron a ser inferiores a los 100 m.



La distribución vertical de la OD en la transecta 4 (Lat. 19° 40' S) (Fig. 31), presentó la misma situación que la descrita para la transecta 3, con una mayor cercanía hacia la superficie de la isolínea de 4 ml/L y tendiendo a formar una capa mayor de 6 ml/L entre la superficie y los 10 m, especialmente en el mes de diciembre y febrero, esta situación está asociada a la presencia de gradientes intensos de temperatura, con la presencia consiguiente de frentes costeros que permitieron la agregación de la biomasa fitoplanctónica. Todo lo anterior permitió que la tensión de la OD aumentara hasta valores superiores a los 6 ml/L y que ésta se mantuviera durante todo el período de monitoreo.

La distribución vertical de la OD en la transecta 5 (Lat. 18° 55' S) (Fig. 32), indica que en la zona oceánica la situación es la misma que para las transectas 3 y 4. En la zona costera la situación es levemente distinta, con inflexiones significativas de las isolíneas de la OD a 10 mn especialmente en los meses de mayo y septiembre, esta situación fue provocada por la presencia de un frente costero alejado de la costa (ca. 10 mn) que permitió la formación de una parcela de agua de circulación restringida, con el consiguiente efecto sobre la acumulación de la biomasa fitoplanctónica y el aumento en la concentración de la OD. Al mismo tiempo, la intensidad en la presencia de masas de agua subóxicas a casi 10 m de profundidad, mantuvo un sistema altamente estratificado.

### 1.6 Masas de agua

Los diagramas t-s (Fig. 33 a 35) de las transectas permiten identificar cuatro masas de agua en la zona de estudio. Estas son: Agua Subtropical (AST), Subantártica (ASAA), Ecuatorial Subsuperficial (AESS) e Intermedia Antártica (AIAA) (Robles et al., 1974; Silva y Konow 1975; Silva y Sievers, 1981). En un aspecto general para estas masas de agua se puede indicar lo siguiente:



La AST se presentó en forma más intensa de sur a norte (Figs. 34 y 35) y el crucero de febrero de 2000 es el período de mayor intensidad (Fig. 33d) con valores aproximados a 25°C y salinidad de 35,5 ups. En el sector costero la presencia de AST es menor principalmente en las áreas en que presentaron procesos de surgencia (costa de Tocopilla, Punta Lobos y Pisagua). Sus valores típicos y mínimos para la zona de estudio son 35,0 ups en salinidad y 19°C en temperatura. Esta masa de agua ocupa los primeros 30 a 40 metros en la mayoría de la mitad norte de la zona para los periodos diciembre y febrero, y es en la transecta 5 donde alcanza una profundidad de hasta 70 metros (Fig. 9 c y d).

El agua que participa en los procesos de afloramiento costero es de tipo AESS y ASAA o ambas. Cuando no existe surgencia el tipo de agua presente en la costa corresponde a AST modificada con ASAA, lo que se deduce de valores típicos en la costa de 34,5 a 34,8 ups en salinidad y temperaturas sobre los 17°C, es decir valores promedio de ASAA y AST.

La ASAA se encuentra presente en toda la zona de estudio, sin embargo la mayor presencia de ésta se encuentra siempre en las transectas del límite sur (Antofagasta, Tocopilla; **Fig.34**) y en un sentido longitudinal se presenta más intensa en las estaciones oceánicas como una capa subsuperficial que se ubica bajo la AST y de un grosor de 30 a 50 m. En la costa esta masa de agua es más superficial e incluso participa levemente junto a la AESS de algunos procesos de surgencia como se observa en las transectas 1 y 2 (Antofagasta, Tocopilla; **Fig.34**) en todos los meses muestreados (valores < 34,6 ups). La ASAA registró los valores más bajos de salinidad (34,3 ups) en la transecta 1 del mes de febrero. Su temperatura típica es de 13° a 15°C y su salinidad es de 34,3 a 34,6 ups. Se puede indicar que también para febrero se observó una menor presencia de ASAA a lo largo de toda la transecta 5.



La AESS como se mencionó participa en los procesos de surgencia costera presentes en la zona de estudio. Esto último es fácilmente observable en las 5 transectas del mes de septiembre donde hay una escasa participacion de ASAA en las estaciones costeras dejando lugar a una importante presencia de AESS en los niveles superficiales de este sector. El núcleo de esta masa de agua se presentó con valores mayores a 34,8 ups en salinidad y de 12° a 13°C durante los cuatro cruceros y de las figuras de distribución vertical se observa que esta centrado en los 150 a 200 m de profundidad con un espesor variable de acuerdo a la época y latitud (Figs. 5 a 9 y 15 a 19) . En este sentido se encuentra que en la transecta 5 el núcleo (> 34,8 ups) de la AESS tiene un espesor de más de 300 m en febrero de 2000, mientras que en diciembre no se presentó. El núcleo salino de AESS presenta la particularidad de dividirse en dos al sur de la transecta 3 y en la transecta 1 sólo se observa uno de ellos, no quedando claro si se han unido nuevamente, o el núcleo oceánico ha desaparecido o se ha desplazado por sobre las 100 mn de la costa.

La AlAA se manifiesta en la zona sólo con su límite superior y mezclado con AESS. Este límite superior tiene un rango de temperaturas de 6,5° a 8,6°C. En salinidad la variación es menor a 0,1 ups, con valores cercanos a 34,5 ups en todos los puntos muestreados en esa profundidad. Para el caso de la temperatura se observa una tendencia a tener mayores valores hacia la costa y hacia el norte. Las temperaturas extremas encontradas en el nivel de 500 m (no mostrado en los gráficos sólo en los diagramas ts) fueron registrados en el mes de mayo en la transecta 5, con 8,6°C y 6,7°C en la transecta 1, ambos valores en la estación más oceánica de la respectiva transecta.

#### 1.7 Circulación

La circulación general descrita para la zona corresponde a flujos paralelos a la costa. Esto es un flujo hacia el sur que penetra entre dos flujos en dirección norte. El flujo hacia el sur transporta AST, mientras los dos flujos hacia el norte corresponden a las rama costera y oceánica de la corriente de Humboldt que transporta la ASAA.



A los 200 metros de profundidad el flujo es hacia el sur, conocido como corriente de Gunther que transporta AESS (Gunther,1936). Este esquema de circulación se mantiene durante todo el año, modificándose estacionalmente la intensidad de cada una de ellas, donde la circulación hacia el sur es más intensa en verano y menor en invierno y por el contrario la circulación hacia el norte es más intensa en invierno que en verano.

De la figura de anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db (Fig. 36) se aprecia que la circulación para el mes de mayo (Fig. 36a) esta dominada en la parte central de la zona de estudio por un giro ciclónico, frente a Tocopilla y por dos giros anticiclónicos, en los extremos norte y sur frente a Pisagua y Antofagasta, respectivamente. La circulación hacia el sur descrita para la zona no se encuentra en forma marcada durante este mes observándose principalmente flujos perpendiculares a la costa. Un flujo hacia la costa entre Arica y Pisagua y otros entre Tocopilla y Mejillones son responsables de las altas temperaturas y salinidades encontradas en el sector oceánico y, por lo tanto, corresponde al flujo que está ingresando agua AST. Los flujos perpendiculares hacia el oeste, entre Pisagua y Punta Lobos, son producto de la surgencia costera. El fuerte flujo hacia el oeste y la diferencia termohalina de las aguas transportadas pueden estar frenando el ingreso de la AST a la zona, desviando las aguas y provocando entonces los remolinos encontrados frente a Punta Lobos. La presencia de los giros descritos justifica ademas las anomalías en la profundidad de la isoterma de 15°C. En este sentido los giros anticiclónicos producen una elevación del nivel del mar originando entonces un descenso de las isotermas, lo que se observa en el gráfico de anomalía de la isóbata de 15°C con valores 0 a >+10 m. Por otro lado un giro ciclónico produce una depresión del nivel del mar y por lo tanto un ascenso de las isotermas, por esto la situación de anomalía negativa de hasta > 20 encontradas en los lugares ocupados por estos giros.

Septiembre (Fig. 36b) presentó un cuadro totalmente distinto a lo encontrado al mes anterior pero más cercano a lo normal en cuanto a los flujos paralelos a la costa hacia el norte, sin embargo no se observa el flujo hacia el sur. Durante este mes predominó en toda la zona un flujo hacia el norte y sólo entre Iquique y Punta Lobos se manifestó una pequeña circulación hacia el oeste, indicando algún proceso de surgencia débil. No están presentes los giros descritos para mayo. La circulación anterior indica que la ASAA esta avanzando en forma importante hacia el norte y se esta mezclando fuertemente con AST, indicado por los diagramas ts del periodo y por las anomalías negativas superficiales de salinidad. Las dos focos de anomalías de isoterma de 15°C encontradas en el borde del sector oceánico, como también en el sector costero frente a Tocopilla, son producto de los giros anticiclónicos descritos para este mes.

En el mes de diciembre (Fig. 36c) se observó un flujo costero hacia el norte mientras que en el sector oceánico se presentaron algunos flujos perpendiculares hacia fuera de la costa y algunos flujos paralelos hacia el norte. Esta es una situación distinta tanto a lo encontrado en mayo y septiembre y al patrón de circulación normal descrito para la zona, pues la presencia de giros en el área oceánica rompen el esquema normal. La circulación producto de surgencia sólo se observa entre Arica e Iquique. Los giros anticiclónicos se ubican a las 40 mn de Pisagua y Punta Lobos y en los extremos norte y sur a las 100 mn. Todos ellos coinciden con las anomalías positivas de la isóbata de 15°C.

Finalmente, febrero (Fig. 36d) presenta un esquema de circulación con predominio de flujos hacia el norte hasta las 60 mn de la costa y una intensificación de los flujos paralelos hacia el oeste entre Pisagua y Punta Lobos correspondiente a la surgencia y que es observable hasta las 70 mn. La entrada de agua AST hacia la zona ocurre frente a Arica, Iquique y Mejillones. Nuevamente la presencia de una intensa surgencia que a través de un flujo hacia el oeste transporta agua menos salina y

más fría aparentemente opera como un freno para la AST que entra desde el oeste, provocando los giros en el lugar. El giro ciclónico se ubica en la costa de Pisagua a lquique originando la anomalía negativa de la isóbata de 15°C encontrada en el lugar. Los giros anticiclónicos coinciden con la isoterma de 23°C mostrando el límite de la AST que está entrando en forma fuerte, dado sus valores de temperatura y salinidad, a la zona durante ese mes.

### 1.8 Temperatura superficial del mar – imágenes satélitales

### 1.8.1 Distribución espacial y semanal de la TSM satélital

En las **figuras 37, 38 y 39** se presentan las distribuciones semanales de la TSM satelital en la zona norte de Chile para el año 1999.

En la primera semana de enero las temperaturas superficiales fluctúan entre 14 y 22°C, destacándose focos de aguas más frías en sectores cercanos a la costa y que podrían asociarse a eventos de surgencia, en especial al sur de la latitud 22°S. En la semana posterior hay una notable intrusión de aguas frías a 100 mn frente a Mejillones con TSM de incluso 14°C, por otra parte se mantiene la masa de agua cálida al norte de Iquique. En la tercera semana se inicia un retroceso de las aguas frías (frente a Mejillones), las cuales desaparecen completamente en la última semana de enero.

Durante las dos primeras semanas de febrero comienza un sistemático calentamiento en la zona analizada, con temperaturas que superan los 21-22°C y que se hacen mayoritarias en la zona de estudio, asimismo, se aprecia que en las dos últimas semanas del mes, dichas masas de agua abarcan casi toda el área de estudio alcanzando la costa en las proximidades de Mejillones (Fig. 37).



El mes de marzo, en las dos primeras semanas, continúa y se fortalece el proceso de entrada de aguas cálidas observándose temperaturas sobre los 23°C. En la tercera semana se mantienen las altas TSM, no obstante que su cobertura geográfica comienza a descender lo que es notorio en la cuarta semana del mes. En abril prosigue el enfriamiento de las aguas superficiales y se aprecian filamentos de aguas frías que se empiezan a formar en sectores costeros, especialmente al sur de Iquique (Fig. 37).

Mayo fue afectado por una gran nubosidad, por lo que en la primera semana no se obtuvieron cartas satélites de TSM, sin embargo en las semanas subsiguientes se puede apreciar una drástica disminución de las temperaturas superficiales, las que no sobrepasan los 19°C (Fig. 38).

En junio continúa el descenso de las TSM, especialmente en el sector sur de la zona de estudio, las temperaturas oscilan entre los 12°C y no superan los 18°C. Durante julio y agosto continúa el drástico enfriamiento de las aguas, a su vez las aguas frías se desplazan hacia el oeste, lo que es evidente después del 15 de julio (Fig. 38).

En las dos primeras semanas de septiembre, las temperaturas frías se encuentran reducidas al sur de la latitud 22°S y en general, en la zona de estudio las TSM no exceden los 15 -16°C; no obstante lo anterior, en las dos semanas posteriores las temperaturas comienzan lentamente a ascender y se puede notar la total desaparición de las aguas de 12-13°C (Fig. 39).

Durante octubre se registra un lento pero sostenido aumento en las TSM y las aguas se localizan en el rango de 12 a 18°C con un claro dominio de temperaturas de 15 -16°C. Posteriormente, en los meses de noviembre y diciembre no se



obtuvieron cartas satélites de temperatura superficial del mar debido a la alta cobertura de nubes en la zona de estudio.

### 1.8.2 Distribución espacial y mensual de la TSM satelital

La distribución espacial, en la zona de estudio, de las TSM promedio mensuales se observa en las **figura 40**.

En enero se aprecia que predominan aguas superficiales con temperaturas altas, es así como al norte de la zona de estudio las TSM sobrepasaron los 21-22°C. Durante febrero se advierte un notable ascenso en las temperaturas superficiales que se evidencia en una gran intrusión de las aguas de 20-21°C en dirección este, de la misma manera se observa una leve entrada de aguas de 21-22°C. En marzo continúa el ingreso de aguas que superan los 21°C, especialmente al nor-oeste del puerto de Iquique, cabe destacar que un gran porcentaje de la zona de estudio posee TSM que superan los 19-20°C.

En los meses de abril y mayo comienza un paulatino enfriamiento de las temperaturas, las cuales disminuyen de manera significativa con respecto a los meses anteriores, especialmente en el sector sur de la zona de estudio, señalándose que las TSM rara vez superan los 20°C.

Durante junio prosigue el gran descenso de las temperaturas y las TSM no exceden los 17°C, lo anterior se distingue principalmente al sur de la latitud 22°C. En el período julio-agosto, las TSM alcanzan sus mínimos valores y se situaron en el rango desde 11°C hasta 15,5°C destacándose que en agosto las temperaturas superiores a 15°C se encuentran concentradas en un pequeño sector frente a Arica.



En el mes siguiente se da inicio a un leve aumento de las TSM y se observa la incipiente penetración de aguas de 15-16°C y a su vez el repliegue de las aguas con temperaturas inferiores a 12°C. En octubre se advierte de manera más nítida el calentamiento de las TSM al apreciarse la gran cobertura geográfica que alcanzan las aguas de 15°C y la retirada de las aguas menores a los 13°C.

### 1.9 Comentario general

Desde mayo de 1997 a marzo de 1999 se presentó un intenso evento EL NIÑO en la zona norte de Chile, que tuvo su máxima intensidad durante enero-febrero de 1998 con anomalías de temperatura superficial del mar que alcanzaron a +6°C y de 0,9 ups en salinidad (Braun, 1998; Castillo *et al.*,1998, Braun *et al.*,1999 a, Braun *et al.*,1999 b). Esta situación fue coincidente con la información de carácter global que indicaba las mayores anomalías históricas registradas en el Pacífico Ecuatorial (Bac 87 a 99).

Luego de la máxima intensidad de EL NIÑO registrada en enero-febrero de 1998, se hizo notable el rápido descenso de las anomalías térmicas y salinas en la zona norte de Chile, lo que indicaba una declinación del evento cálido, haciéndose mínimas las anomalías en agosto de 1998 para finalmente, en diciembre de 1998 presentar valores dentro de los rangos normales para la zona.

Contrario a la situación fría que se esperaba a continuación del término del período cálido, los meses de enero a marzo de 1999 presentaron nuevamente valores levemente cálidos en el sector oceánico y fríos en la costa. Los pronósticos en base a información global de ese momento indicaban el comienzo del evento frío LA NIÑA en el Pacífico Ecuatorial (BAC, 1999)



Desde febrero de 1999 a la fecha el evento LA NIÑA se ha mantenido en el Pacífico Ecuatotorial sin interrupción (BAC 102 a 113) lo que ha originado anomalías térmicas negativas tanto en salinidad y temperatura para la zona norte de Chile y que se observan en los datos obtenidos durante la realización de este proyecto. En los cuatro cruceros realizados en la zona de estudio, se observó un predominio de las anomalías negativas tanto en salinidad y temperatura, las que presentaron algunos valores mayores a -2°C y 0,2 ups en la zona oceánica y de -3°C y -0,3 ups en la zona costera. Las anomalías de carácter negativo se registraron en la columna de agua (0/400 m), en base a los promedios históricos obtenidos de datos de cruceros en la zona.

Las menores anomalías térmicas superficiales se registraron durante el mes de diciembre, crucero MOBIO 9912, con valores principalmente positivos pero < 1°C, sin embargo, las anomalías de salinidad fueron > 0,1 ups, principalmente en la mitad norte de la zona de estudio.

Los vientos medidos en la zona de estudio durante el desarrollo de las estaciones estuvieron particularmente bajos en comparación a los registros de los últimos 5 años y predominaron los vientos del SSE y SE, situación distinta a las condiciones normales descritas para la zona y a los registros de los cruceros de años anteriores, donde predominaron vientos más intensos del S y SW. No obstante lo anterior, se registraron intensas surgencias costeras en los cruceros de mayo y febrero, las que provocaron fuertes anomalías de temperatura y salinidad.

La circulación superficial también presentó patrones distintos a lo observado en situaciones normales, predominando los flujos perpendiculares a la costa. Durante el mes de septiembre, crucero MOBIO 9909, se observó un predominio, en toda la zona de estudio, de una circulación hacia el norte.



 Distribución de la biomasa fitoplanctónica en la zona norte de Chile, entre mayo de 1999 y febrero de 2000.

# 2.1 Distribución estacional de la biomasa fitoplanctónica superficial

La distribución superficial de la clororofila a (cloa) y los feopigmentos (feop), así como la clorofila a integrada (cloa integrada) y los feopigmentos integrados (feop integrados), es analizada y discutida en cada crucero realizado durante mayo de 1999 a febrero de 2000.

# 2.1.1 Distribución de la biomasa fitoplanctónica superficial en mayo de 1999

En el crucero realizado en mayo de 1999 la biomasa fitoplanctónica superficial, utilizando como indicador de ésta a la clorofila a (cloa), se distribuyó en forma de núcleos bien definidos en las transectas 3 (Lat. 21°00'S ) y 5 (Lat. 18° 25'S) (Fig. 41), con valores máximos de 3 y 6 μg/L, respectivamente. El área de influencia de estos núcleos no sobrepasó las 10 mn de distancia de la costa, al igual que para el crucero realizado en el periodo de febrero de 1999 (Braun et al., 1999a). En las transectas 0 (Lat. 24° 20'S), 1 (Lat. 23°40'S), 2 (Lat. 22° 20'S) y 4 (Lat. 19° 40'S) se observó la presencia de masas de agua con concentraciones de cloa típicas de sistemas oligotróficos, es decir iguales o inferiores a 0,2 μg/L. Los feopigmentos (feop) o productos de degradación de la cloa (Fig. 42) presentan la misma distribución que la cloa, pero la concentración es muy inferior a los pigmentos fotosintéticamente activos con valores en el rango 0,8 (transecta 5) a 0,4 (transecta 4) μg/L en la zona costera e inferiores a 0,2 μg/L en la zona oceánica. Esta baja concentración de feop respecto de la cloa indica que las poblaciones fitoplanctónicas estuvieron en buenas condiciones fisiológicas durante éste periodo.



La cloa integrada (Fig. 43) presentó una distribución espacial semejante a la cloa superficial con valores máximos de 100 mg/m² en la transecta 5, inferiores a 50 mg/m² en la transecta 4 y en las restantes transectas inferiores a 25 mg/m², tanto en la costa como en la zona oceánica. Los feop integrados (Fig. 44) presentan la misma distribución que la biomasa superficial, esto indica que la columna de agua estuvo bien mezclada y permitió que ésta se distribuyera uniformemente en la columna, al menos dentro de los límites de la capa fótica.

# 2.1.2 Distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica en septiembre de 1999.

La distribución espacial superficial de la biomasa fitoplanctónica en septiembre de 1999 indica que ésta se situó en concentraciones significativas, es decir mayores de 2 µg/L, solamente en las transectas 1 (Lat. 23°40'S) y 5 (Lat. 18°24'S). En la transecta 1 valores de cloa cercanos a 4 µg/L llegaron hasta las 40 mn, situación inusual para el ecosistema del norte de Chile.

En la transecta 5 los valores de concentración de cloa significativos, vale decir mayores de 1  $\mu$ g/L, estuvieron restringidos a las primeras 10 mn de distancia. En la zona costera de las transectas 2, 3 y 4 , la biomasa llegó a valores mayores de 0,5 pero inferiores a 1  $\mu$ g/L, por lo que esta zona estuvo bajo la influencia de masas de agua típicas de sistemas de transición entre oligo (i.e < 0,2  $\mu$ g/L) y mesotrofía (i.e. >0,5 a  $\geq$ 1  $\mu$ g/L). Mas allá de las 20 mn el sistema tiene concentraciones típicas de sistemas oligotróficos.

Los productos de degradación, como feop, se distribuyeron en forma semejante a la cloa con valores en el rango 0,2 a 1 µg/L (Fig. 42), con las mayores agregaciones en la transecta 1. En ésta transecta los valores de feop alcanzan hasta 1µg/L, los más altos de toda la zona, pero siempre en menor concentración que la cloa. El

segundo núcleo de importancia se localizó en la transecta 5, pero a una distancia mayor que en otras estaciones del año, debido a la presencia de un frente costero que se localizó a aproximadamente 10 mn de la costa.

Los pigmentos fotosintéticos integrados (Fig. 43) indican que en el caso de la cloa integrada, ésta se distribuyó en forma semejante a la cloa superficial, con las mayores agregaciones en la transecta 1, formando un núcleo de alta concentración a 20 mn, el que llegó a ser de casi 200 mg/m². Esta distribución espacial, al igual que la de la cloa discreta, es inusual para la zona, más aún si se considera que la semejanza en la distribución espacial de ambas variables significa que la biomasa fitoplanctónica se distribuyó en forma homogénea en prácticamente toda la columna de agua. El patrón de distribución observado hasta la fecha indica que la cloa siempre se ha ubicado en máximos subsuperficiales en la medida que se avanza en sentido longitudinal, por lo tanto la distribución homogénea de la cloa en la zona fótica es otra característica poco común para el área prospectada.

En el resto de la zona costera la cloa integrada no sobrepasó los 25 mg/m², especialmente en las transectas 2 a la 5, esta disminución de los valores integrados en zonas de alta concentración superficial de cloa, significa que la cloa se distribuyó en forma superficial con un rango de influencia batimétrico no superior a los 5 m.

# 2.1.3 Distribución de la biomasa fitoplanctónica en diciembre de 1999

La cloa y los feop superficiales durante diciembre de 1999 (Fig. 41), se presentaron en términos parecidos al patrón histórico que ha sido observado para la zona, es decir, una distribución de los mayores niveles de biomasa cerca de la zona costera, no más allá de las 10 mn, con los valores más altos en las transectas 3, 4 y 5. En la transecta 5 los niveles de cloa estuvieron en el rango 2 a 4 µg/L, en las transectas 3 y 4 los valores de cloa fueron solamente mayores de 1 µg/L y levemente superiores



a 2 μg/L, en todas estas transectas la transición entre un sistema de alta a uno de baja producción es muy abrupta en tramos de menos de 10 mn. De acuerdo a la información obtenida con sistemas de medición de temperatura horizontal con alta resolución espacial, vale decir menor a 250 m entre mediciones, en los cruceros de reclutamiento de anchoveta, los gradientes térmicos que conforman un sistema frontal no tienen más de 3 mn de extensión (Osses, 2000), lo que tiene profundos efectos sobre la agregación de cloa y son los que aparentemente afectaron a la agregación de biomasa en este crucero.

En las transectas 1 y 2 la cloa en la zona costera fue inferior a los 0,5 μg/L con la sola excepción de la estación realizada a una milla náutica de la costa en Arica en donde se midió 2,3 μg/L. Esto indica que, en toda la extensión longitudinal de estas dos transectas, el sistema estuvo bajo un régimen oceánico típico.

En prácticamente toda el área oceánica se encontró valores de cloa en el rango 0,04 a 0,08 μg/L, esta situación ha sido asociada a la presencia de masas de agua de alta salinidad (i.e > 35,5 ups) y temperatura (i.e > 21°C), las que tendrían asociadas composiciones quimiotaxonómicas diferentes a los pigmentos utilizados como indicadores de biomasa fitoplanctónica. Como ha sido descrito para zonas de mar abierto la concentración de feop puede ser sobreestimada, debido a la presencia de clorofila b (Bidigare et al., 1987).

## 2.1.4 Distribución superficial de la clorofila a durante febrero de 2000

La distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica en febrero de 2000 (**Fig. 41**) indicó que el único foco de alta abundancia de biomasa fitoplanctónica se situó al norte de Iquique en la transecta 4 (**Lat.** 19° 40'S) con valores en el rango de 1 a 5 µg/L, entre la costa y las 5 mn. En la transecta 1 (**Lat.** 23°40'S), se localizó un segundo núcleo pero de menor intensidad y que se ubicó a 5 mn. En el resto de las



transectas el sistema estuvo bajo un régimen de bajas concentraciones de cloa, apreciándose una incidencia muy fuerte de masa de agua con valores de cloa típicos de sistemas muy poco productivos.

En las cercanías de la zona costera de las transectas 2 (**Lat.** 22°20'S), 3 (**Lat.** 21°00'S), y 5 (**Lat.** 18°25'S), la cloa estuvo en concentraciones muy bajas, en alrededor de 0,5 μg/L, características de zonas en las que la producción biológica está deprimida, con valores cercanos a 1 μg/L a una milla náutica de la zona costera.

Entre las 10 y 20 mn la zona estuvo bajo un régimen de baja concentración de cloa, con valores cercanos a  $0.5 \, \mu g/L$ , para llegar a valores menores de  $0.2 \, \mu g/L$  más allá de la 70 millas náuticas.

Los pigmentos integrados (Figs. 43 y 44) en el rango de 25 a 50 mg/m², indican que en las pocas zonas en las que se midió valores relativamente altos de cloa,se distribuyeron en forma muy somera (i.e. < 5 m) por lo que en general es posible indicar que en esta época del año la zona esta bajo un régimen típicos de sistemas cálidos y muy salinos, los que afectan deprimiendo significativamente la distribución e intensidad de los florecimientos fitoplanctónicos en la zona.

- 2.2 Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica por transectas, desde mayo de 1999 hasta febrero de 2000.
- 2.2.1 Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica en la transecta 1

Durante el periodo considerado en este proyecto, es decir mayo de 1999 a febrero de 2000 la distribución batimétrica de la cloa en la transecta 1 (Lat. 23° 40'S) (Fig. 45) presentó una variabilidad estacional importante, con valores típicos de sistemas



poco productivos en toda la extensión de la transecta, para experimentar un crecimiento explosivo en septiembre de 1999. En este mes la magnitud y distribución espacial de la cloa no tiene referencia, formando una distribución continua de cloa mayores de 5 μg/L entre la costa y las 40 mn, con una distribución batimétrica que llegó hasta los 50 m con valores de concentración de cloa de 1 a 2 μg/L, absolutamente inusual para la zona norte, en general. Más allá de las 40 mn la cloa tendió a formar un gradiente de valores mesotróficos, vale decir entre 0,2 a 0,5 μg/L.

En diciembre de 1999 los valores más altos de cloa, es decir mayores de 1 y hasta 4 μg/L, se distribuyeron cercanos a la costa con una zona de influencia no mayor de 10 m de profundidad y no más allá de 10 mn de distancia desde la costa. En el resto del área de la transecta los valores de cloa fueron en general menores de 0,2 μg/L.

En febrero de 2000 la cloa estuvo en el rango de 1 a 5 μg/L y mantuvo el mismo patrón de distribución espacial de diciembre, con la tendencia a distribuirse de manera más profunda, llegando hasta los 25 m, y formando un gradiente mesotrófico entre las 20 y 70 mn.

Respecto a los productos de degradación de la cloa o feop (Fig. 46), es posible indicar que éstos se distribuyeron en forma semejante a la cloa, con las mayores magnitudes de concentración en septiembre, con 2 µg/L, en el núcleo de mayor concentración. En el resto de los cruceros no presentó concentraciones mayores de 1 µg/l, siendo en promedio cercana o inferior a 0,2 µg/L.

## 2.2.2 Distribución batimétrica de los biomasa fitoplanctónica en la transecta 2

En la transecta 2 (Lat. 22° 20'S) la concentración de cloa (Fig. 47) no presentó agregaciones significativas, con la sola excepción de diciembre en que se presentó



un núcleo de distribución restringida a las 5 mn y que llegó hasta los 10 m de profundidad y de concentración cercana a 2 μg/L. Para el resto del año esta transecta tuvo una característica marcadamente oligotrófica, incluso en primavera. Los feop (Fig. 48) no presentaron ninguna distribución significativa, con la sola presencia de valores cercanos a 0,5 μg/L en diciembre, asociada al máximo de cloa. Además, se midieron valores inferiores a 0,1 μg/L en mayo de 1999 y febrero de 2000.

Las transectas 2 y 3, se extendieron hasta las 200 mn, pero para efectos de graficación no se consideró el tramo 100 a 200 mn, debido a que los gráficos de distribución superficial y batimétrica perdían resolución espacial en los centros de mayor producción biológica y no entregan mayores antecedentes a la estructura biológica general del ecosistema.

# 2.2.3 Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica en la transecta 3

En la transecta 3 (**Lat.** 21° 00'S) las mayores agregaciones de cloa (**Fig. 49**) se encontraron en el crucero realizado en mayo y diciembre, con valores mayores de 5 µg/L en el centro de los núcleos de alta concentración, en ambos casos el área de influencia longitudinal y batimétrica no superó las 5 y 20 m. Más allá de las 10 mn y 20 m de profundidad no se detectó concentraciones de importancia. Es especialmente importante mencionar que en septiembre, periodo de máximas surgencias, no se midió valores significativos de cloa, ni se midió valores mesotróficos de cloa en toda la transecta. Los feop (**Fig. 50**) durante mayo, septiembre y diciembre presentan distribuciones batimétricas homogéneas entre la superficie y los 75 m con valores significativos de feop, es decir mayores de 1 µg/L, que llegaron hasta los 75 metros de profundidad. Aún cuando no se tiene evidencias de la existencia de otros pigmentos que pueden alterar los valores de feop en el sistema tampoco puede ser descartado que en la zona de mínimo de oxígeno se encuentren valores altos de



feop, asociados a procesos de descomposición de pigmentos o presencia de bacterias autotróficas con pigmentos que interfieren la medición de cloa por las metodologías convencionales, esta es una pregunta abierta para el sistema que aún no se ha podido resolver.

Esta transecta se extendió hasta las 200 mn, pero para efectos de graficación no se consideró el tramo 100 a 200 mn, debido a que los gráficos de distribución superficial perdían resolución espacial en los centros de mayor producción biológica y no entregan mayores antecedentes a la estructura biológica general del ecosistema.

### 2.2.4 Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica en la transecta 4

En la transecta 4 (**Lat.** 19° 40'S) no se midió valores significativos de cloa durante los 4 cruceros realizados (**Fig. 51**), manteniéndose en el rango 0,5 a 1 μg/L, en la zona costera, con la mayores agregaciones en las transectas realizadas en septiembre y febrero, pero que no son significativas. si es posible indicar que la zona en las que los valores de cloa son típicos de sistemas mesotróficos rango mayor de 0,2 hasta 0,5 μg/L, se debería al transporte activo de partículas desde la zona costera a la oceánica, proceso que podría ser respaldado por el hecho que en esta zona se detectan en forma periódica filamentos de surgencia y presencia de huevos de pequeños pelágicos en la zona oceánica. Los feop (**Fig. 52**) presentan la misma distribución homogénea en toda la columna en todas las estaciones del año, especialmente en diciembre, en esta estación del año se midió valores mayores de 0,5 μg/L, hasta los 100 m, las razones de esta situación ya fueron dadas en la descripción de la transecta 3.



# 2.2.5 Distribución batimétrica de los biomasa fitoplanctónica en la transecta 5

En la transecta 5 (Lat. 18° 55'S) (Fig. 53), durante todo el año la cloa mantuvo agregaciones de importancia entre la costa y las 10 mn, las que llegaron a ser hasta de 6 μg/L en diciembre de 1999, en esta misma época del año la cloa tendió a distribuirse más hacia la zona oceánica, a juzgar por la presencia de cloa entre 0,2 a 0,5 μg/L hasta las 40 mn. Esta situación también se dio en febrero de 2000, aunque el núcleo de alta cloa no fue superior a los 2 μg/L, pero si se distribuyó longitudinalmente en forma más amplia que en diciembre, llegando hasta las 20 mn. Esta situación estuvo asociada a la presencia de un frente costero mas oceánico que lo habitual (ver anexo oceanografía física) lo que permitió que las mayores agregaciones se encontraran más hacia afuera que lo habitual. Los feop (Fig. 54) no presentaron un patrón característico de distribución espacial, manteniéndose las mayores agregaciones en la zona de los núcleos de alta concentración de cloa. Lo demás podría ser sólo ruido analítico debido a las razones descritas anteriormente.

# 2.2.6 Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica en la transecta 0

En la transecta 0 (**Lat.** 24°20'S) (**Fig. 55**), realizada una sola vez en el año, durante el transcurso del mes de mayo y asociada al programa de monitoreo de la CPPS, no se midió agregaciones significativas de cloa, siendo en general inferiores a 1 μg/L, entre la costa y las 5 mn. En las cercanías de la zona costera, es decir entre 1 y 10 mn, los feop (**Fig. 55**) presentaron concentraciones en el rango mayores de 0,2 μg/L en toda la columna de agua, hacia la zona oceánica fueron inferiores a 0,2 μg/L.



# 2.3 Asociación funcional entre la profundidad del disco de Secchi y la clorofila a superficial.

Durante el desarrollo de este programa de monitoreo ha sido demostrado el alto grado de asociación entre la transparencia de la columna de agua, medida con un disco Secchi y la concentración superficial de pigmentos, especialmente con la cloa (Fig. 56). Se ha intentado asociar esta variable con los valores integrados pero los resultados no han sido satisfactorios, por lo que en este informe se utilizará solamente la información de cloa superficial para describir esta variable.

Durante el periodo considerado las pendientes de las curvas exponenciales entre la profundidad del disco de Secchi y la cloa superficial fueron muy parecidas, con -0,11 en mayo, -0,20 en septiembre, -0,18 en diciembre y -0,16 en febrero. Con un alto grado de funcionalidad entre variables, para mayo (r²= 0,66), septiembre (r²= 0,82), diciembre (r²= 0,79) y febrero del 2000 (r²= 0,73), esto que significa que en términos de magnitudes la razón **cloa/Secchi** es siempre proporcional e independiente del periodo del año y sólo depende de la amplitud del rango de cloa medido. Además la capacidad predictiva del disco Secchi respecto de la probable magnitud concentración de cloa superficial fue de un 81% en mayo, 90% en septiembre, 88% en diciembre y 86% en febrero del 2000. Por lo tanto, el resultado más importante de estas asociaciones entre la cloa y el disco de Secchi es que a falta de mediciones analíticas de cloa, esta pueden ser estimada con más de un 80% de confianza a partir de las mediciones de disco Secchi.

En términos globales la cloa versus Secchi presentaron un grado de funcionalidad significativo y semejante al periodo mayo de 1998 a febrero de 1999 (Braun *et al.*, 1999 a), manteniéndose los valores de la pendiente **cloa/Secchi** aunque se midió un aumento significativo de la concentración de la biomasa fitoplanctónica. Esta situación es opuesta a lo observado en la zona durante el periodo bajo la influencia



de "El Niño" y en el que la cloa no presentó asociaciones significativas con el disco Secchi, debido a que en las masa de agua presentes la concentración de cloa fue muy baja y a que se distribuyó en un rango muy estrecho (Braun *et al.*, 1998).

2.4 Variabilidad estacional de la biomasa fitoplanctónica y su asociación con el ambiente físico entre los cruceros de mayo, septiembre, diciembre de 1999 y febrero de 2000.

En el otoño, correspondiente al mes de mayo (Fig. 57), la temperatura versus la cloa presentó un alto nivel de funcionalidad ( $r^2$ = 0,68, n= 58), donde las concentraciones más altas de biomasa fitoplanctónica, vale decir aquellas superiores a 1  $\mu$ g/L y que llegaron hasta los 7  $\mu$ g/L estuvieron asociadas a temperaturas inferiores de 17 °C. A temperaturas superiores a 17° C la concentración de la cloa bajo a niveles menores de 0,5  $\mu$ g/L de cloa, en la medida que esta variable aumentó de intensidad la cloa bajo a niveles inferiores de 0,1  $\mu$ g/L, los que fueron medidos principalmente en el área oceánica, con temperaturas cercanas a los 21°C. Respecto de la salinidad, ésta no se asoció significativamente con la cloa ( $r^2$ = 0,33, n= 58).

En el crucero de septiembre, **(Fig. 57)**, el aumento de los pulsos de surgencia en la zona costera permitió la presencia superficial de temperaturas más bajas que durante mayo, pero a la vez de alta salinidad, siendo de 15 a 18 °C y 34,7 a 35,1 ups, respectivamente. Asociado a estas masas de agua se midió biomasas de cloa significativamente altas, es decir entre 1 a mayores de 5  $\mu$ g/L, en la zona costera. En este mes y a pesar de las altas concentraciones de cloa, ésta no se asoció significativamente con la temperatura ( $r^2 = 0,197, n = 34$ ), esta falta de funcionalidad entre la temperatura y la cloa, se debió a que la temperatura se distribuyó en un rango más estrecho que para las otras estaciones del año. Respecto de la salinidad, la cloa mantiene la misma falta de asociación funcional ( $r^2 = 0,30, n = 34$ ) como las observadas para los otros cruceros realizados.



En diciembre de 1999 la estructura termohalina del sistema recupera su distribución más amplia, debido a la presencia de masas de agua más cálidas, especialmente en la zona oceánica, pero que mantuvieron el mismo rango de salinidad, medido para mayo y septiembre. Al mismo tiempo, los procesos costeros de surgencia mantuvieron temperaturas bajo los  $18^{\circ}$ C. La distribución de temperatura en un rango más amplio permitió que ésta mostrara un nivel de asociación importante con la cloa ( $r^2 = 0,53$ , n=35) (Fig. 57) y además mejoró sustancialmente respecto de la salinidad ( $r^2 = 0,42$ , n=35).

En febrero de 2000 la temperatura aumenta aún más su rango de distribución en superficie, es decir de **ca**. 14 hasta prácticamente los 26 °C y la salinidad estuvo entre 34,5 a casi 35,5 ups (**Fig. 57**). La temperatura y salinidad mas alta que fue medida estuvo asociada a valores menores de 0,2 y en algunos casos inferiores a 0,1 μg/L, estos últimos valores pueden ser considerados ultraoligotróficos. Al mismo tiempo, a bajas temperaturas se midió altos valores de cloa pero en un menor número de estaciones, en general un 90% de las estaciones presentó valores cercanos o inferiores a 1 μg/L. Esta amplitud en la distribución de la temperatura permitió que ésta se asociara de manera importante con la cloa (r² = 0,65, n= 35) (**Fig. 57**), pero que presentara un nivel de asociación bajo con la salinidad (r²= 0,37, n= 35). Esta situación podría ser explicada por la restricción en la distribución de la cloa respecto de la salinidad, midiéndose solamente un par de valores altos de cloa, entre 4,5 a 7,5 μg/L, a salinidad cercanas a 34,7 ups.

La baja funcionalidad medida entre la cloa y la temperatura en febrero de 2000, significa que el sistema se caracterizó por la presencia de valores de cloa típicos de sistemas poco productivos, pero al mismo tiempo la presencia de masa de aguas más frías en la zona costera indica que los procesos de surgencia también fueron intensos. Por lo tanto y en conjunto la concentración de cloa estaría reflejando que



el sistema más que poco productivo estuvo altamente inestable, con un transporte activo de partículas desde el sector costero al oceánico.

En términos generales y para todo el periodo considerado, la asociación entre la cloa y las variables físicas, señalan que la cloa se mantuvo más alta en aquellas zonas en las que fue posible encontrar gradientes térmicos tales como los medidos en las transectas 1 y 4 , en las que fue posible encontrar gradientes importantes de temperatura, especialmente en diciembre en la que la diferencia de temperatura entre la estación de 1 y 10 mn, fue de 4 °C (**Fig. 3-**), con un gradiente de alrededor de 0,4°C/mn. Respecto de los rangos de temperatura, los mayores valores de cloa se asociaron con valores de temperatura inferiores a 19°C y 34,8 ups . Los valores oligotróficos de cloa se asociaron siempre a temperaturas mayores de 20°C y salinidad de 35 ups, con una transición entre medianamente productivo y oligotrófico en el rango de 19 a 20 °C y 34,8 a 34,9 ups.

Existió el caso contrario, en que un gradiente no estuvo asociado a una alta concentración de cloa, como fue el caso de la transecta 3 durante febrero de 2000. En esta transecta se calculó la mayor anomalía negativa de temperatura, es decir -4 a -3°C (Fig. 3), de toda la zona y para los otros periodos considerados, con una área de influencia que llegó hasta la zona oceánica con -2°C. Esto implicaría que el transporte de materia particulada hacia la zona oceánica fue muy activo, por lo que la producción biológica de la zona costera es distribuida en forma muy dinámica hacia la zona oceánica.



### Objetivo Específico Nº 2.2

Describir y analizar la distribución de abundancia estacional del ictioplancton, incluyendo huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en la zona de estudio.

### 3. Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces

El procesamiento y análisis de las 197 muestras colectadas durante el transcurso de los cruceros estacionales de monitoreo, permitió determinar la presencia de 389.445 huevos y 304.825 larvas, de los cuales 301.964 huevos (77,5%) y 211.781 larvas (69,5%) fueron identificados a nivel específico.

En otoño de 1999, en el crucero MOBIO 9905 no se registra presencia de huevos y larvas de jurel. De la misma manera, durante los cruceros de otoño, invierno y primavera de 1999, inexistente fue la presencia de larvas de caballa (**Tablas 6 y 7**).

## 3.1 Anchoveta, Engraulis ringens

En el curso de los cuatro cruceros estacionales de monitoreo se encontraron 46 estaciones positivas para huevos y 122 para larvas, lo que representó una frecuencia de 23,4% y 61,9% y una dominancia numérica igual a 75,4% y 64,6% para las respectivas fases de desarrollo.

El análisis de las 197 muestras colectadas permitió determinar la presencia de 293.646 huevos y 196.845 larvas, señalando para la especie una importante actividad reproductiva (Tabla 8).



### 3.1.1 Fase Huevos

Durante la exploración de otoño de 1999, un total de 3.207 huevos de anchoveta/10 m² fueron detectados en 5 estaciones, lo que representó una densidad promedio por estaciones positivas de 641 huevos y de 55 con respecto al total de estaciones, con valores que fluctuaron entre 75 y 1.599 huevos/10 m² (Tabla 8). Estos índices señalan una escasa y moderada cobertura geográfica del desove de esta especie, situación que se ha observado para la estación de otoño, en cruceros precedentes realizados en la zona norte.

La distribución espacial de los huevos de anchoveta (Fig. 58a) revela que el desove estuvo presente frente a Punta Tres Picos, Punta Lobos y Arica, con una extensión longitudinal máxima de 10 mn en la latitud 18°23'S. En este contexto, las estaciones con las densidades más importantes se presentaron asociadas a las estaciones de 1 y 10 mn frente a la localidad de Arica, con abundancias comprendidas entre 1.074 y 1.599 huevos/10m².

En invierno de 1999, crucero MOBIO 9909, se reconocieron 11 estaciones positivas a huevos en las cuales se colectaron 78.712 huevos lo que representa una frecuencia porcentual de 22,0% y una dominancia numérica de 79,1% (Tabla 8). Ello involucra un incremento respecto del crucero de otoño de 120% en la frecuencia de estaciones positivas y de 2.762% para la densidad promedio por estaciones totales.

La distribución espacial del desove de acuerdo a lo observado por los huevos (Fig. 58b), señala en términos generales que el desove ocurre en todo el rango latitudinal del área explorada, con dos focos claramente diferenciados ubicados frente a Arica y entre Pisagua y Punta Lobos (21°00′S). Esta última zona, se destaca como la más importante tanto en términos de la extensión del área ocupada como por los niveles



de abundancia que representa, 96,8% respecto al total de huevos de anchoveta colectados durante la prospección. En ambas zonas las estaciones con presencia de huevos adoptaron una distribución preferentemente nerítica, concentrándose el 99,8% de ellos entre la línea de estaciones contigua a la costa y las 20 mn.

La abundancia de huevos de anchoveta reveló valores que fluctuaron entre 30 y 74.376 huevos/10m² con densidades promedio de 1.574 y 7.156 por estaciones totales y positivas, respectivamente. Las estaciones con las densidades más importantes (> 1.000 huevos) se localizaron a 15 mn al sur de Iquique y a 20 mn al oeste de Arica, a excepción de la estación de 1 mn realizada frente a Arica, la cual albergó a más del 94% de los huevos de anchoveta.

Durante la primavera de 1999, la distribución y abundancia relativa de huevos de anchoveta, reveló que en esta oportunidad, el desove adoptó un carácter nerítico, con un foco de desove localizado frente a Arica, el cual se caracteriza por su estabilidad y persistencia en el tiempo. Una segunda zona bien delimitada se extiende desde Punta Copaca (22°20′S) hasta Punta Lobos (21°00′S) con una cobertura longitudinal máxima de 20 mn; y finalmente al oeste de Bahía Moreno (23°40′S) con dos registros positivos. Reconociéndose para este período 13 estaciones positivas para huevos con totales de 46.599, lo que representó una frecuencia porcentual de 31,0% y una dominancia numérica de 63,4%, lo cual refleja una importante actividad reproductiva a lo largo de toda la extensión latitudinal de la zona explorada (Tabla 8).

La abundancia de huevos de anchoveta reveló valores que fluctuaron entre 33 y 19.298 huevos/10m² con densidades promedio de 1.110 y 3.585 por estaciones totales y positivas, respectivamente. En el contexto de este patrón de distribución, es importante señalar que la zona comprendida entre Punta Copaca y Punta Lobos alberga al 76,9% del total de registros positivos, siendo cuantitativamente





importantes las estaciones 17, 18 y 19, localizadas las dos primeras a 1 mn entre la Tocopilla y Punta Lobos y a 10 mn al oeste de Punta Lobos, respectivamente, cuyas densidades (> a 12.000 huevos) en conjunto representaron el 93,5% de los huevos de anchoveta censados durante el crucero (Fig. 58c).

En verano del 2000, se determinó la presencia de huevos de anchoveta en 17 estaciones positivas, lo que representó una frecuencia porcentual de 36,2% y una dominancia numérica de 81,2%, con totales de 165.128 huevos (Tabla 8).

La media por estación positiva alcanzó a 9.713 huevos (DS=26098), cifra 171% y 36% mayor respecto a la calculada para la estación de primavera e invierno de 1999, respectivamente.

La frecuencia de estaciones positivas, que expresa la extensión espacial del desove, durante el período estival, ocupó un área superior a la detectada en prospecciones realizadas en épocas análogas (verano de 1997, 1998 y 1999). Sin embargo, la densidad promedio por estación positiva, utilizada como índice de la intensidad del desove, reveló valores de 9.713 huevos/10 m², señalando una situación característica de una actividad reproductiva en pleno desarrollo.

La distribución espacial del desove de acuerdo a lo indicado por los huevos (Fig. 58d), señala en términos generales que latitudinalmente éste se presentó frente a Arica y entre Punta Lobos (21°00′S) y Bahía Moreno (23°40′S), evidenciándose un incremento de la frecuencia de estaciones positivas desde Punta Lobos hacia el sur, pudiéndose visualizar dos áreas de mayor relevancia cuantitativa.

La primera de ellas y de mayor significancia numérica se ubicó en la estación costera al oeste de Arica, presentando una densidad de 106.532 huevos/10m² (64,5%). Una segunda zona muy bien delimitada se extiende desde Punta Lobos a Punta Copaca y



en ella destacó la estación localizada a 20 mn al oeste de Punta Copaca (22°20'S) y cuya densidad aportó con un 19,3% al total de huevos de anchoveta censados durante la prospección.

La distribución geográfica de los huevos indicó que el desove adoptó un carácter nerítico en la puesta, concentrándose el 100% de ellos en las primeras 20 mn.

#### 3.1.2 Fase Larvas

La abundancia de larvas de anchoveta durante los cruceros estacionales se presentó con una frecuencia de estaciones positivas superior a la registrada para el estadío de huevos, pero con una densidad promedio menor, a excepción del crucero de otoño de 1999.

En otoño de 1999, La distribución geográfica de las larvas, expresada de acuerdo a una categoría de densidades (Fig. 59a), señala en términos generales que el desove ocurre en todo el rango latitudinal del área explorada, con algunos focos de mayor concentración claramente definidos.

El más importante se localiza frente a Punta Lobos, donde destacó la estación de 5 mn con una densidad de 20.155 larvas/10m², lo que representó el 40% del total de las larvas de anchoveta censadas durante la exploración. Además, destacan dos zonas caracterizadas por concentraciones menores, las que fluctuaron entre 52 y 1.248 larvas/10m², localizadas entre la costa y la línea de estaciones de 20 mn frente a los paralelos 18°25′S y 24°20′S.

Respecto de la distribución de las larvas con relación a la distancia de la costa, su presencia en la línea de estaciones de las 100 mn corrobora el proceso de dispersión y transporte que afecta a esta fase ontogénica en el transcurso del desarrollo





embrionario, concentrándose sobre el 97% de las larvas de anchoveta en la franja comprendida entre la costa y las primeras 10 mn (Fig. 59a).

Durante el invierno, crucero MOBIO 9909, se reconocieron 34 estaciones con estadios larvales, en las cuales se colectaron 49.886 larvas, presentando un incremento respecto del crucero de otoño 9,7% en la frecuencia de estaciones positivas y de 104% para la densidad promedio por estaciones totales.

Con respecto a la distribución y abundancia de las fases larvarias, éstas se presentan con una frecuencia superior y densidad promedio inferior respecto a la calculada para los huevos, lo que sugiere un activo proceso reproductivo; ocupando éstas todo el rango latitudinal de la zona de estudio, exhibiendo una cobertura longitudinal máxima frente a Arica y una tendencia al aumento en los niveles de abundancia y frecuencia de estaciones positivas hacia el sur (Fig. 59b).

Las estaciones con las mayores densidades (> 4.400 larvas) se localizaron en la franja costera comprendida entre Punta Copaca y Punta Junín, destacando la estación realizada a 5 mn al oeste de esta última localidad, cuya densidad importa al total de las larvas de anchoveta más del 37%. Respecto a las densidades larvales estas fluctuaron entre 31 y 18.737 larvas/10m2 con densidades promedio de 998 y 1.467 por estaciones totales y positivas, respectivamente.

En el curso de las colectas realizadas en primavera de 1999, crucero MOBIO 9912, se reconocieron 28 registros positivos con un total de 61.046 larvas, lo que representó una frecuencia porcentual de 66,7% y una dominancia numérica de 70,9% en cada caso, reflejando para esta estación del año una importante actividad reproductiva a lo largo de toda la extensión latitudinal de la zona explorada (Tabla 8).



Con respecto a su distribución geográfica, éstas ocuparon toda la extensión latitudinal del área de estudio y longitudinalmente estuvieron presentes hasta una distancia de 100 mn de la costa frente a Punta Junín (19°40′S), concentrándose más del 77% de ellas en las primeras 20 mn (Fig. 59c). Las larvas de esta especie presentaron una frecuencia superior a la calculada para los huevos y una densidad promedio por estaciones totales superior respecto de aquellos, lo que sugiere un proceso de postura en fase terminal.

Las estaciones con las densidades más significativas (estaciones 41 y 42), caracterizadas por el rango de densidades comprendido entre 5.001 y 50.000 especímenes/10m², se ubicaron frente a Arica, contribuyendo con el 77,1% al total de las larvas de anchoveta censadas durante la primavera de 1999.

Durante el verano del 2000, se determinó la presencia de larvas de anchoveta en 29 estaciones positivas con una frecuencia porcentual de 61,7% y una dominancia numérica igual a 57,4% con un total de 57.533 larvas (**Tabla 8**).

Como habitualmente sucede, durante este período, las fases larvarias se presentaron con una cobertura espacial más amplia, ocupando toda la extensión latitudinal del área de estudio y longitudinalmente se encontraron hasta una distancia de 100 mn frente a Punta Lobos, concentrándose más del 95% de ellas en las primeras 20 mn (Fig. 59d).

La media de larvas por estación positiva en verano de 2000 alcanzó a 1.984 larvas (DS=4698), cifra 5,8% menor con respecto a la primavera de 1999 y 35% mayor respecto a la calculada para el invierno de 1999. Las estaciones con las densidades cuantitativamente más relevantes, caracterizadas por el rango de densidades comprendido entre 5.001 y 50.000 se ubicaron a 10 y 20 mn al oeste de Punta



Copaca y a 5 mn frente a la localidad de Arica, contribuyendo en conjunto con el 62,3% al total de larvas de anchoveta censadas durante el verano

# 3.2 Sardina, Sardinops sagax

El análisis de las 197 muestras zooplanctónicas colectadas durante los cruceros de monitoreo permitió determinar la presencia de 4.934 huevos y 14.390 larvas, situación que caracteriza una baja actividad reproductiva en la zona de estudio (Tabla 9).

#### 3.2.1 Fase Huevos

En otoño de 1999, se reconocieron 3 estaciones positivas en las cuales se colectaron 146 huevos, cifra referida a un área de superficie de 10m², lo que señala para dicho estadío una dominancia numérica de 1,1% respecto del total de huevos, situación que caracteriza una actividad reproductiva muy moderada. Las estaciones con presencia de huevos de sardina se localizaron a 1mn frente a Arica, 70 mn al oeste de Punta Junín y a 3 mn al norte de Bahía Moreno, con densidades comprendidas entre 10 y 100 huevos/10m² con un promedio de 49 (Tabla 9, Fig.60 a).

En invierno de 1999, se reconoció 1 estación positiva de huevos localizada a 1 mn frente a Bahía Moreno con un total de 370 ejemplares (Fig. 60b).

Durante la primavera de 1999, las estaciones con registros positivos de huevos de sardina se localizan frente a Pisagua y Arica, siendo esta última por su densidad (3.646 huevos) la más significativa, colectándose un total de 4.285 huevos. Desde Punta Junín al sur de la zona de estudio no hubo registros positivos a huevos (Fig. 60c).



En el verano de 2000 se identificaron 2 estaciones positivas con huevos, con un total de 133 huevos, lo que representó una dominancia numérica de 0,1%, señalando este índice nuevamente su escasa actividad reproductiva para la zona de estudio. Los registros positivos se ubicaron exclusivamente a 1mn al oeste de Arica y Bahía Moreno, con densidades muy bajas que fluctuaron entre 39 y 96 huevos/10m² (Tabla 9, Fig. 60d).

#### 3.2.2 Fase Larvas

En otoño de 1999, crucero MOBIO 9905, se reconocieron 6 estaciones positivas en las cuales se colectaron 706 larvas/10m², con una dominancia numérica igual a 1,4% (Tabla 9). Con respecto a la distribución y abundancia de larvas de sardina, éstas se presentaron con una frecuencia y densidad promedio superior a la calculada para los huevos, lo que sugirió un proceso reproductivo en fase de declinación, ocupando estas el rango latitudinal comprendido entre Punta Copaca y Punta Tres Picos, asociándose su cobertura geográfica a la línea de estaciones de 1 mn. La presencia casi virtual de larvas de sardina para la zona Punta Copaca - Arica se limitó a dos estaciones localizadas a 70 y 100 mn al oeste de Punta Junín en densidades muy bajas las que no superan las 30 larvas. La estación con la mayor densidad larval se localizó frente a Punta Tres Picos con 233 especímenes (Fig. 61 a).

En invierno, crucero MOBIO 9909, se identificaron 5 registros positivos colectándose. 2.174 larvas, lo que representó una dominancia numérica de 3,2% respecto del total de especímenes colectados durante la prospección, distribuyéndose entre Punta Junín y Bahía Moreno no excediendo las 40 mn de extensión longitudinal. Desde Punta Junín al norte del área de estudio no se detectó su presencia (Fig. 61b).

Durante la primavera de 1999, se constató la presencia de tan sólo 3 estaciones positivas, colectándose 2.752 larvas, con una dominancia numérica igual a 3,2%

Con respecto a su distribución, éstas ocuparon el rango latitudinal comprendido entre Punta Lobos y Arica y longitudinalmente se asocian preferentemente a las primeras 10 mn y en forma ocasional están presentes hasta una distancia de 100 mn frente a Pisagua. La estación con la densidad más importante correspondió a la observación de 1 mn realizada frente a Arica con 2.623 larvas/10m² (Fig.61c).

En el verano del 2000, se identificaron 2 estaciones positivas con un total de 8.758 larvas, lo que representó una dominancia numérica igual a 8,7%, asociándose éstas a las estaciones de 1 y 5 mn frente a Bahía Moreno, destacando la estación de 1mn con una densidad de 8.485 larvas (Fig. 61d).

# 3.3 Jurel, Trachurus symmetricus murphyi

Durante la realización de los cruceros estacionales de monitoreo se identificaron 14 estaciones positivas para huevos y 9 para larvas representando una frecuencia de 7,1% y 4,6% para cada una de las fases de desarrollo, respectivas. El procesamiento y análisis de las muestras permitió determinar la presencia de 2.100 huevos y 395 larvas (Tabla 10).

#### 3.3.1 Fase Huevos

En el transcurso del crucero de otoño de 1999 no se registraron estaciones positivas con huevos de jurel.

Durante la ejecución del crucero de invierno, MOBIO 9909, se constató la presencia de 6 estaciones positivas identificándose un total de 714 huevos, lo que representó una frecuencia de 12% y una dominancia numérica de 0,7% (Tabla 10). En términos generales, los huevos de esta especie presentaron una abundancia relativa notoriamente inferior a anchoveta pero superior a sardina, lo que se refleja en las



densidades promedio por estaciones totales, las cuales exhiben porcentajes de cambio iguales a -99,1% y 100% (Tabla 6).

Su distribución se extendió latitudinalmente desde Bahía Moreno hasta Punta Junín (19°40′S) y a excepción de las estaciones costeras realizadas al oeste de Punta Copaca y Punta Junín, longitudinalmente abarcaron la línea de estaciones de las 100 mn entre Bahía Moreno y Punta Copaca. La mayor densidad de huevos de esta especie (> 400) se detectó a 100 mn al norte de la transecta realizada frente a Bahía Moreno, cuya densidad 402 huevos/10m2, representó el 56,3% del total de huevos de jurel. El resto de las estaciones positivas presentaron densidades más bajas comprendidas entre 30 y 157 huevos/10m2 (Fig. 62b).

En el curso de la prospección realizada en primavera de 1999, se encontró 1 estación positiva para huevos con un total de 331, detectándose éste al sur de Punta Lobos (Fig. 62c).

En el verano de 2000 se determinó la presencia de 7 estaciones positivas con un total de 1.055. Los registros positivos para esta fase de desarrollo, se distribuyeron a excepción de la transecta 2 ubicada frente a Punta Copaca, entre Bahía Moreno y Arica, caracterizándose por presentar en términos generales una disposición oceánica, 70 a 100 mn, a excepción de las estaciones 1 y 2 realizadas frente a Bahía Moreno. La estación con la mayor densidad de huevos se ubicó a 1 mn al oeste de Bahía Moreno (549 huevos), representando el 52% de éstos (Fig.62d).

#### 3.3.2 Fase Larvas

Al igual que la fase de huevos, durante el crucero de otoño, MOBIO 9905, no se registraron estaciones positivas para larvas de esta especie.





Durante la ejecución del crucero de invierno, se constató la presencia de 3 registros positivos identificándose un total de 124 larvas, representando una frecuencia de 6% y una dominancia numérica de 0,2% (Tabla 10). Las fases larvarias presentaron abundancias comprendidas entre 31 y 59 larvas/10m², con densidades promedio por estaciones totales y positivas iguales a 2 y 41, respectivamente, distribuyéndose por fuera de las 40 mn entre Bahía Moreno y Punta Lobos donde alcanzaron una cobertura longitudinal máxima (Fig. 63b).

En el curso de la prospección de primavera, se encontraron 4 registros positivos para larvas con un total 145 ejemplares. Los niveles de abundancia de jurel para esta estación del año, respecto de anchoveta y sardina son muy bajos, exhibiendo una dominancia numérica igual a 0,2% (Tabla 10). Las estaciones positivas presentaron bajas abundancias comprendidas entre 35 y 38 larvas/10 m² distribuyéndose por las 70 mn entre Pisagua y Arica y entre las 20 y las 40 mn frente a Bahía Moreno (Fig.63c).

En el verano de 2000, se determinó la presencia de 2 estaciones positivas a larvas, con un total de 126, cifra referida a un área de superficie de 10m² (Tabla 10). Las estaciones se localizaron a 70 mn frente a Punta Junín y Arica con densidades bajas entre 31 y 95 larvas/10m² (Fig.63d). No obstante, que las larvas exhiben bajas abundancias, la media por estación positiva en verano de 2000 alcanzó a 63 larvas (DS = 45), cifra 75% y 54% mayor respecto de la calculada para las estaciones de primavera e invierno de 1999.

## 3.4 Caballa, Scomber japonicus

El análisis de las 179 muestras colectadas durante los cruceros estacionales de monitoreo, permitió determinar la presencia de 1.283 huevos y 151 larvas lo que



representó una frecuencia de 6,6% y 1,5% y una dominancia numérica igual a 0,3% y 0% para cada una de las fases de desarrollo, respectivas (**Tabla 11**).

#### 3.4.1 Fase Huevos

En el crucero de otoño se reconoció una estación positiva para huevos la cual se localizó a 70 mn al oeste de Punta Junín con una densidad igual a 54 huevos/10m² (Fig. 64a).

Para esta especie y para la estación de invierno de 1999, se reconocieron dos registros positivos de huevos, los que se localizaron a 100 mn al oeste de Punta Copaca y al norte de Bahía Moreno con densidades muy bajas iguales a 63 y 34 huevos/10m² (Figs. 64b).

En primavera, crucero MOBIO 9912, las estaciones con presencia de huevos se detectaron a 1mn al sur de Punta Lobos y a 100 mn de esta localidad, con densidades muy bajas comprendidas entre 47 y 33 huevos/10m², respectivamente (Fig. 64c).

En verano de 2000, se determinó la presencia de huevos de caballa en 8 registros positivos, lo que representó una frecuencia porcentual de 17% y una dominancia numérica igual a 0,5%, cuantificándose 1.053 huevos (**Tabla 11**). Los huevos de caballa se localizaron a 40 y 100 mn frente a Arica, a 40 y 70 mn al oeste de Punta Lobos y en las estaciones costeras realizadas frente a Bahía Moreno, con abundancias que fluctuaron entre 25 y 331 huevos/10m². La densidad más relevante se localizó a 100 mn al sur de Arica (**Fig. 64d**).



### 3.4.2 Fase Larvas

Durante la realización de los cruceros de otoño, invierno y primavera de 1999, no se registraron estaciones positivas a larvas de esta especie.

En verano de 2000, crucero MOBIO 0002, se determinó la presencia de larvas de caballa en 3 registros positivos, lo que representó una frecuencia porcentual de 6,4% y una dominancia numérica igual a 0,2% con un total de 151 especímenes (Tabla 11).

Las larvas de caballa ocuparon el rango latitudinal comprendido entre Punta Lobos y Arica, longitudinalmente están presentes a 40 mn al oeste de Punta Lobos, a 70 mn frente a Punta Junín y a 100 mn frente a la localidad de Arica. Sus niveles de abundancia fueron bajos y fluctuaron entre 25 y 95 larvas/10m² (Fig.65d).

## 3.5 Variación temporal de la intensidad de desove de anchoveta

La densidad promedio por estaciones positivas, índice de la intensidad del desove, muestra en febrero de 2000, tendencias distintas para las respectivas fases de desarrollo. Es así como para el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 2000, el estadío de huevos exhibe una tendencia general levemente ascendente, con tres picks de abundancias significativamente importantes, los cuales se han registrado en primavera de 1996, 1997 e invierno de 1998, presentando además importantes disminuciones en la intensidad del desove durante los períodos de verano/otoño de 1997, otoño de 1999, primavera de 1999, otoño/invierno de 1996 y el de menor significancia se registró en verano/otoño de 1998.Con respecto a la primavera de 1999, crucero MOBIO 9912, los huevos de anchoveta mostraron un importante incremento en sus niveles de abundancia, lo que se tradujo en un porcentaje de cambio igual a 171% (Fig. 66 a).



En relación a las fases larvales, éstas muestran una tendencia general ascendente levemente mayor respecto de los huevos, con mínimos de magnitudes muy similares, los que se han registrado durante los períodos de verano/otoño de 1996, 1997 y 1998, observándose máximas abundancias durante los inviernos de 1996, 1997 y 1999, lo cual es coherente con el pico primario de desove que caracteriza el ciclo reproductivo de esta especie, centrándose principalmente entre los meses de julio y septiembre para la zona de estudio. No obstante lo anterior, cabe destacar que la primavera de 1999 se constituyó en el registro más alto de la serie 1995-2000, experimentando las fases larvales una leve disminución en sus niveles de abundancia igual a 9% (Fig. 66 b).

### 3.6 Indice de abundancia larval

En el cálculo del índice de abundancia larval de anchoveta y sardina, se utilizó la metodología estándar propuesta por Smith y Richardson (1979). Este índice entrega información respecto de la intensidad y extensión del desove y puede ser usado para apreciar los cambios de la biomasa en desove. La confiabilidad del índice de abundancia larval para tal uso, comparada con otras estimaciones independientes de la biomasa de sardina para la zona norte del país, está ejemplificada en la figura 67.

No obstante la situación de colapso del stock de sardina, la presencia de huevos y larvas en la zona de estudio señala que la especie presenta actividad reproductiva pero esta es muy baja, razón por la cual sus reclutamientos son aún muy débiles, lo cual no ha permitido restaurar los niveles de biomasa que se registraban entre 1980 y 1990.

Al relacionar el indice de abundancia larval con la biomasa de sardina estimada mediante técnicas hidroacústicas y con los estimados de la biomasa media parental (V+) obtenidos por medio de APV, se obtuvo un buen ajuste entre el índice larval y



APV (r = 0,86) y una correlación menos significativa con hidroacústica (r = 0,47). De este modo, los tres métodos considerados señalaban para el período 80/95 la misma tendencia decreciente para el stock de sardina (Fig. 67).

En la actualidad y para la zona de estudio, el índice de abundancia larval en sardina se mantiene en niveles muy bajos con valores comprendidos entre 0 y 1. En invierno de 1992 y 1999, el índice larval sugería que esta situación podría revertirse, pero con posterioridad a 1992, los valores de éste continúan siendo bajos y muy próximos a cero, para incrementarse nuevamente en invierno de 1999. Esta situación en ambos años, ha sido inducida por las condiciones oceanográficas cálidas registradas en la zona norte, las que fueron favorables para la sobrevivencia y desarrollo de huevos y larvas de esta especie (Tabla 12, Fig. 68 a).

La importante contribución de esta especie en los desembarques pelágicos de la I y II región durante 1999 (225.923 t), obedeció al ingreso de ejemplares a la zona de estudio y no a una recuperación de la biomasa de sardina, manteniéndose el stock de este recurso hasta el día de hoy colapsado.

Con respecto a la anchoveta, esta estimación también ésta referida a los cruceros invernales, debido a que durante esta estación del año, se presenta el pick primario de desove de esta especie.

En la **figura 68b** se observa que los máximos índices se han obtenido en 1985, 1994 y 1989; y los más bajos han estado asociados a la presencia del fenómeno de El Niño registrados durante los años 1987, 1991 y 1998. Durante los inviernos de 1995, 1996 y 1997 el índice se mantuvo prácticamente constante, fluctuando entre 5 y 7 **(Tabla 13)**.



Durante el invierno de 1999, se observó una tendencia general ascendente, situación que fue corroborada a través del seguimiento del parámetro poblacional densidad promedio por estaciones positivas, el cual exhibe desde el verano de 1998 hasta la fecha una tendencia alcista en sus valores, experimentando en el verano del 2000 una disminución de un 9%.

### 3.7 Análisis comparativo de resultados

Para el análisis comparativo de las características asociadas a la abundancia del ictioplancton, la **figura 69** muestra la variación con respecto a la fase de larva, en atención a que el corto tiempo de residencia de los huevos en el plancton pudiera provocar errores de apreciación, los cuales pudieran reflejar inadecuadamente la intensidad y extensión del desove. Por su parte, el mayor tiempo de permanencia de las fases larvales y consecuencialmente su período de vulnerabilidad a las redes de plancton, hace que su número refleje en forma más representativa la tendencia general del desove.

En este marco conceptual, el parámetro poblacional densidad promedio por estaciones totales, refleja adecuadamente los cambios experimentados por la composición específica de la comunidad pelágica de la zona norte del país a nivel de ictioplancton, el cual se ha caracterizado durante el período comprendido entre 1964 y 1973 por un claro predominio de anchoveta en el ecosistema y un cambio de dicha situación con posterioridad a 1973 hasta 1985, por la dominancia de sardina.

La situación observada con posterioridad a 1985 señala que nuevamente nos encontramos frente a un proceso de cambio, con una predominancia de anchoveta respecto a sardina y jurel en términos de la abundancia promedio de larvas, con densidades sin precedentes, las que han sido registradas en invierno de 1985, 1994 y en menor magnitud en 1989. De la misma manera, las disminuciones más importantes



han estado asociadas a perturbaciones ambientales como lo fueron los fenómenos de el Niño 86/87, 91/92 y 97/98.

#### 3.7.1 Desove de otoño

Las figuras 70 y 71 muestran los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, obtenidos en prospecciones precedentes para una misma área geográfica en la época de otoño y estos señalan que durante mayo de 1999 existe un predominio del desove de anchoveta respecto de las otras especies objetivo.

Con respecto a sardina, los valores de densidad promedio como los de frecuencia de estaciones positivas, indican que los niveles de abundancia se encuentran en un nivel muy bajo (Tabla 9). Esta situación, para la época del año se considera normal, ya que el período de mayo a junio se caracteriza por un proceso de recuperación y preparación de las gónadas para el desove primario, que en condiciones normales, se produce alrededor de julio – septiembre.

Los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel analizados a través de los diferentes índices utilizados, acusan ausencia de huevos y larvas, situación que a excepción de los años 1986, 1992 y 1997 para el caso de los huevos y 1986 y 1987 para las fases larvarias, ha sido lo habitual para la serie histórica disponible, la cual comprende desde 1983 a 1999.

Para anchoveta se determinó que la abundancia promedio de huevos y larvas respecto a años precedentes, presentó situaciones diferentes, es así como los huevos experimentaron una disminución con respecto a 1997 y 1998 igual a 79,3% y 87,2%, respectivamente. Por su parte las fases larvales incrementaron su densidad en 357% y 526% respecto a los cruceros realizados en 1997 y 1998.



En relación a la intensidad del desove, se registró una disminución en los niveles de abundancia de huevos y un significativo incremento para las fases larvales, constituyéndose mayo de 1999 en el registro más importante de la serie 1983/1999.

#### 3.7.2 Desove de invierno

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina obtenidos en invierno de 1999, respecto a los reportados en inviernos precedentes, muestra que los niveles de abundancia de esta especie, analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales, señala que en invierno de 1999 se produce un aumento en la cobertura geográfica de huevos y larvas, lo que se traduce en porcentajes de cambio respecto a 1998 iguales a 133% y 514%, respectivamente (Figs. 72 y 73).

En relación a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas, muestran con respecto a 1998 un importante aumento con tasas de cambio iguales a 249% y 418% para huevos y larvas. No obstante estos resultados, el ciclo de desove de sardina se encuentra aún en un nivel muy bajo.

Con respecto a anchoveta, se determina que la abundancia promedio de huevos y larvas respecto a cruceros precedentes, presenta una situación diferente para ambas fases de desarrollo. Es así como el estadío de huevos disminuyó en un 19% su cobertura geográfica respecto al invierno de 1998 y su intensidad en 68%. Por su parte las larvas experimentaron un significativo incremento, tanto en su cobertura geográfica como en su intensidad, lo que se reflejó en porcentajes de cambio iguales a 217% y 166%, respectivamente.

Dada la ausencia de huevos de jurel en invierno de 1998, los bajos niveles de abundancia de esta especie a nivel del ictioplancton son comparados en relación a



1997, acusando tasas de cambio iguales a -80% y -75,7% en la cobertura geográfica e intensidad del desove. En cuanto a las fases larvarias, éstas señalan con respecto al invierno de 1996 incrementos tanto en su cobertura geográfica como en su intensidad, del orden de 100% y 21%.

## 3.7.3 Desove de primavera

En primavera de los años 1983 – 1999, se aprecia nuevamente la predominancia del desove de anchoveta sobre sardina, jurel y caballa, situación que se ve corroborada mediante el exámen del parámetro comunitario dominancia numérica. Se exceptúa de esta situación, los estadíos de desarrollo asociados al crucero de primavera de 1987, donde se observó una predominancia en los niveles de abundancia de sardina (Figs. 74 y 75).

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina, analizada como índice de la extensión del desove, señaló que en la primavera de 1999 se produjo una disminución en la cobertura geográfica de los huevos y un incremento en las fases larvales, lo que se reflejó en tasas de cambio con respecto a la primavera de 1998 iguales a -55,3% y 1000%, en cada caso, ocupando los huevos la cuarta de las mayores áreas registradas para las primaveras de los años 1983/1999. Por su parte, las densidades promedio de larvas de sardina obtenidas en la primavera de 1999, se constituyen en el tercer registro más importante de la serie analizada.

En cuanto a la intensidad del desove, las densidades por estaciones positivas acusan con respecto a 1998, un incremento para ambos estadíos de desarrollo equivalente a 7,4% y 1.289%, siendo de mayor significancia el de las larvas.



Para anchoveta, y de acuerdo a lo indicado por la fase de huevos, se detectó un importante decremento en la densidad promedio por estaciones totales y positivas, exhibiendo porcentajes de cambio respecto a 1998 iguales a 79,7% en su cobertura geográfica y 73,5% en su intensidad.

La cobertura geográfica e intensidad del desove exhibida por la fase de larvas en primavera de 1999, señala que respecto a la primavera precedente, se produce un fuerte incremento del orden de 344% y 212%, respectivamente.

La comparación de resultados obtenidos para jurel respecto de años anteriores, reveló presencia de huevos y larvas durante el crucero MOBIO 9912, con abundancias muy bajas y similares a las reportadas en primavera de los años 1985 y 1996. Con respecto a las larvas, 1999 se constituye en el cuarto de los registros más bajos de la serie analizada.

Para el recurso caballa, se dispone de una serie menor, 1996 - 1999, exhibiendo ambos estadios abundancias muy bajas respecto a anchoveta, sardina e incluso jurel.

#### 3.7.4 Desove de verano

Con respecto al desove de verano, las **figuras 76 y 77** exhiben las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de las especies objetivo del presente estudio, realizadas en prospecciones precedentes para la estación de verano en el transcurso de los años 1982-2000. El análisis de esta serie reveló que durante el verano de 2000, persiste el predominio de anchoveta respecto de sardina, jurel y caballa, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del verano de 1990.





Al contrastar los resultados obtenidos en verano de 2000 con los reportados en cruceros anteriores, se determina que los niveles de abundancia del ictioplancton de anchoveta analizados en base a la densidad promedio por estaciones totales, señala que en esta oportunidad se produce un significativo incremento en la cobertura geográfica de huevos y larvas, reflejándose en tasas de cambio respecto a 1999 iguales a 149% y 180% para ambos estadios, constituyéndose el verano del 2000 en el registro más importante en cuanto a cobertura geográfica de la serie 1982-2000 tanto para huevos como para las fases larvales.

Para la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas señalan con respecto al verano de 1999 un importante incremento siendo éste de mayor relevancia en las larvas, exhibiendo tasas de cambio iguales a 40,6% y 197% para dichos estadios.

La extensión del desove para sardina, señala que se produce un decremento en la cobertura geográfica de los huevos y un importante incremento en el área de cobertura de las fases larvarias, que se refleja en porcentajes de cambio en relación a 1999 iguales a 84,2% y 464%. En cuanto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas indican con referencia a 1999, una situación distinta para huevos y larvas, exhibiendo los huevos una disminución en su intensidad del orden de -58%, mientras que las larvas experimentan un importante aumento igual a 4.235%.

La comparación de resultados obtenidos para jurel respecto de años anteriores, revela una disminución cercana al 56% en la cobertura geográfica de los huevos y del orden de 90% para las larvas. De acuerdo a la intensidad del desove, ambos estadíos mostraron una disminución igual a 51,1% y 74%, respectivamente.



La serie para caballa se extiende desde 1991 al año 2000, y con relación a 1999, ambos estadíos experimentan una disminución en su cobertura geográfica igual a 58% para los huevos y del orden de 70% para las larvas. Por otro lado, la intensidad del desove, también experimentó en comparación al verano precedente, disminuciones para los respectivos estadios de desarrollo iguales a 53% y 36%.

### Objetivo Específico Nº 2.3

Determinar la distribución y abundancia relativa estacional de los recursos pelágicos: anchoveta, sardina, jurel y caballa mediante índices de densidad y cobertura geográfica.

### 4. Distribución espacial de los recursos

### 4.1 Anchoveta

Los mapas de distribución de anchoveta de los cuatro cruceros considerados (otoño, invierno, primavera y verano) sugieren un aumento de las concentraciones del recurso hacia los periodos estivales y un incremento de las densidades en las áreas costeras en la primavera y verano y una distribución más oceánica en el invierno y otoño (Fig. 78), esta situación coincide con los resultados registrados durante el año 96-97 (Braun et al., 1998)

En el sentido vertical, la anchoveta se localizó desde la superficie hasta los 32 m de profundidad (Fig. 78), presentándose las mayores concentraciones en los primeros 20 metros. Asociada principalmente a las isotermas de 15 y 16°C (65% de los registros) en la primavera (MOBIO 9912) y entre 17 y 19°C en el verano (MOBIO 0002) y en salinidades preferentemente de 34,6 ups (MOBIO 9912) y 34,5 (44%) - 34,7 (23%) en verano (MOBIO 0002).



En particular durante el otoño de 1999 (MOBIO 9905) la anchoveta fue detectada en 33 (1,2%) de los 2.692 intervalos básicos de muestreo realizados, con una distribución espacial escasa con su límite occidental que llegó hasta las 100 mn. Las concentraciones de anchoveta de mediana densidad se localizaron dentro de las primeras 7 millas náuticas del sector comprendido entre Iquique (20°10'S) y el norte de caleta Chipana (21°00'S); y otro, en las primeras 15 millas náuticas frente a Arica. En general, la presencia de anchoveta estuvo caracterizada por cardúmenes que alcanzan a 1/10 de las densidades observadas durante el año 1998 en igual período y área de estudio.

En el inviemo de 1999 (MOBIO 9909) esta especie se registró en densidades bajas a medias, distribuyéndose en sectores costeros que no superaron las 5 mn de la costa, a excepción de los registros localizados entre las 25 y 40 mn al oeste de Punta Lobos (21° 00'S) y entre las 20 a 25 mn a la cuadra de Arica. Los focos costeros que se destacaron por la presencia de anchoveta se ubicaron en las cercanías de Arica- entre el sur de Punta Pichalo (19°35'S) y el paralelo 20°00'S, desde Punta Arenas (21°37'S) a Caleta Paquica (21°50'S); y en las cercanías de Mejillones y Antofagasta. En el sentido vertical, la anchoveta se localizó entre los 5 y 32 m de profundidad, presentándose las mayores concentraciones en el estrato 7 a 20 metros.

Durante la primavera de 1999 (MOBIO 9912) la anchoveta fue detectada en el 5,50% de las ubm. La distribución espacial fue eminentemente costera que no superó las 5 mn de la costa, a excepción de los registros localizados entre 30 y 50 mn al oeste de punta Gruesa (20°30'S). Los sectores que se destacaron por la relativamente mayor agregación estuvieron ubicados entre punta Arenas (21°30'S) y Punta Grande (22°30'S), caracterizado por presentar las mayores densidades de crucero; al sur de Arica con una presencia media y baja; frente a Iquique; al norte de caleta Chipana; a la cuadra de Antofagasta y al norte de Mejillones En el sentido vertical la anchoveta se localizó entre la superficie y los 20 m de profundidad. Asociado principalmente a las



isotermas de 15 y 16°C (65% de los registros) y en salinidades que fluctuaban entre 34,4 y 35,0 ups con una clara preferencia por los 34,6 ups.

En el verano de 2000 (MOBIO 0002) esta especie fue la más abundante y frecuente en la zona de estudio, en el sentido latitudinal se detectó en prácticamente toda la zona prospectada, mientras que en el sentido longitudinal se distribuyó desde la costa hasta las 35 millas naúticas. Los sectores que se destacaron por los altos niveles de concentración estuvieron ubicados entre las 5 y 15 mn al oeste de lquique; entre las 4 y 25 mn desde Punta Blanca (22°07'S) a Punta Grande (22°25'S) y a 4 mn al oeste de Antofagasta, los sectores que presentaron densidades menores de anchoveta se ubicaron al oeste de Punta Angamos (23°03'S); al oeste de Punta Tetas (23°30'S), a 32 mn al oeste del paralelo 23°30'S; a 27 mn al oeste de Punta Pichalo (19°35'S) y en las cercanías de Arica. En el sentido vertical, la anchoveta se detectó entre la superficie y los 20 m de profundidad, presentándose preferentemente en los primeros 10 m. Las isotermas que limitaron esta distribución variaron entre 13° y 22°C, con la mayor frecuencia de cardúmenes (54%) ubicados entre los 17° y 19°, centrado en los 18°C. Las salinidades fluctuaron entre 34,4 y 34,8 ups con núcleos en 34,5 (44%) y 34,7 (23%).

#### 4.2 Jurel

En términos generales, durante el periodo analizado (otoño, invierno, primavera y verano de 1999-2000) este recurso presentó una escasa presencia, estando virtualmente ausente en el otoño y tendiendo a aumentar su presencia en el verano, sin alcanzar altas concentraciones (Fig. 79).

Batimétricamente, esta especie se detectó entre los 5 y 39 m, con los mayores registros acústicos en el estrato 10 a 15 m. Durante el verano de 2000 el jurel tendió a



ubicarse preferentemente entre los 13°C y 17°C y en salinidades entre 34,6 y 34,7 ups. (sobre el 70%) (Fig. 79).

Específicamente en el otoño de 1999 (MOBIO 9905) el jurel, estuvo virtualmente ausente pues sólo fue detectado en dos intervalos básicos al oeste de Pisagua.

Durante el invierno de 1999 (MOBIO 9909) esta especie tuvo una presencia aún más escasa que la anchoveta, con registros aislados y de baja densidad ubicados preferentemente entre las 45 y 100 mn al sur del paralelo 22°20'S y a 100 mn a la cuadra de Punta Madrid (19°00'S). Batimétricamente, esta especie se detectó entre los 5 y 39 m, con los mayores registros acústicos en el estrato 10 a 15 m.

En la primavera (MOBIO 9912) se presentó una situación similar a la registrada en el invierno con escasa presencia del recurso en áreas oceánicas entre las 40 y 100 mn al sur de Tocopilla, con la excepción del registro ubicado a 100 mn de punta Madrid (19°00'S).

La mayor presencia de esta especie se registró en el verano del 2000 (MOBIO 0002), manteniendo el patrón de bajas densidades, haciéndose más frecuente entre Pisagua y Punta Grande (22°25'S). En el sentido longitudinal, esta especie varió su límite de distribución detectándose hasta las 90 mn en el sector Arica - Caleta Camarones (19° 10'S); 65 mn al oeste de Punta Patache (20°50'S) y 24 mn hacia el sur de caleta Chipana. Las profundidades límites de la distribución del jurel variaron entre la superficie y los 30m registrándose sobre el 55% de los cardúmenes en los 10 m, asociado a las isotermas entre 12 y 25°C, tendiendo a ubicarse las mayores frecuencias entre los 13°C y 17°C. Las salinidades en que se registró el jurel fluctuaron entre los 34,4 y 35 ups y las mayores frecuencias, sobre el 70%, entre 34,6 y 34,7 ups.



#### 4.3 Sardina

Esta especie tuvo una escasa presencia en la zona de estudio durante el periodo analizado, detectándose en el crucero MOBIO 9905 (otoño) sólo un registro a la cuadra de Arica. En el crucero MOBIO 0002 (verano de 2000) esta especie se detectó en forma esporádica en sólo tres sectores ubicados a 40 mn de Punta Lobos (21°00'S); 20 mn al oeste de Punta Gruesa (20°20'S) y 35 mn al oeste de Arica (Fig. 80). Batimétricamente la sardina se distribuyó en los primeros 10 m de profundidad, asociada a temperaturas comprendidas entre 17° y 22°C y salinidades que fluctuaron entre 34,5 y 34,7 ups (Fig. 80).

### 4.4 Otras especies

En esta categoría se han incluido especies como pez linterna (*Vinciguerria lucetia*) y langostino colorado (*Pleuroncodes sp.*) que se han detectado en las prospecciones acústicas. En el otoño de 1999 (MOBIO 9905), se detectó hacia el sector oceánico de Tocopilla al sur, 12 pequeñas concentraciones de pez linterna (*Vinciguerria lucetia*).

Los ecogramas coleccionados en el invierno de 1999 (MOBIO 9909) muestran evidencias de la presencia del langostino colorado (*Pleuroncodes sp*) en gran parte de la zona de estudio localizándose preferentemente en los sectores costeros desde Punta Lobos (21°00'S) a Punta Grande (22°20'S), en las cercanías de Arica y Pisagua y en las áreas oceánicas, llegando hasta las 100 mn, desde Mejillones a Punta Grande (22°20'S) y entre Pisagua y Arica, sugeriendo una proyección hacia el oeste del límite de la zona de estudio.

## 4.5 Indices de cobertura y densidad

En los cuatro cruceros considerados (MOBIO 9905, 9909, 9912 y 0002) la anchoveta presentó los mayores índices de cobertura de las tres especies principales detectadas variando desde 1,8 a 8,37% (Tabla 14) registrándose un paulatino y persistente aumento del índice desde el otoño (MOBIO 9905) en que se obtuvo el menor valor (1,8%) hacia el verano del 2000 (MOBIO 0002) con 8,37 %. El jurel presentó valores similares del IC entre 0,88 y 0,77 para el invierno (MOBIO 9909) y primavera (MOBIO 9912), aumentando a 4,46% en el verano del 2000 (MOBIO 0002). La sardina española se detectó solamente en el otoño con un IC de 0,07% y el verano con 0,32%.

Los resultados históricos de este índice por especie, con 11 cruceros estacionales, considerados desde el invierno de 1996 (9609) hasta la primavera de 1998 (9812), han fluctuado entre 0,2 y 47,3% (Tabla 14), siendo la anchoveta la que ha registrado los mayores IC de la serie, con valores entre 7,5 y 47,3%; seguido por el jurel que ha registrado IC entre 1,2 y 25,3%; la caballa y la sardina española han sido registrados esporádicamente en la zona de estudio, con IC que han fluctuado entre 0,2 a 10,7 % para la caballa y entre 0,2 a 6,9% para la sardina española. Estacionalmente los IC no presentan tendencias destacables que permitan establecer comportamientos distinguibles. Comparativamente, los resultados alcanzados en el periodo informado (cruceros 9905, 9909, 9912 y 0002) para todas las especies respecto a la serie histórica, son los menores registros, sugiriendo un incremento de la polarización en la distribución espacial de los recursos. Las mayores diferencias se presentan en la anchoveta durante otoño y primavera.

Respecto a los Indices de densidad (ID), la anchoveta presentó valores que fluctuaron entre 966,91 y 3.800,96 t/mn² para los cuatro cruceros considerados, obteniéndose el menor valor en el invierno de 1999 (MOBIO 9909) y el mayor en la



primavera (MOBIO 9912) (Tabla 15). De acuerdo a estos resultados el mayor grado de agregación de anchoveta se presentó en la primavera de 1999, puesto que en ese caso el IC señala que la especie ocupó solamente el 5,5% de las observaciones.

El jurel registró ID entre 254,33 y 683,44 t/mn², correspondiendo el menor de ellos a la primavera de 1999 y el mayor al invierno (MOBIO 9909). No obstante que en el verano el recurso ocupó una mayor área, sus agregaciones fueron mas dispersas que en el invierno en que se aprecia una relativamente mayor agregación.

La sardina presentó Indices de Densidad de 384,0 y 2.257,5 t/mn² en el otoño de 1999 y verano del 2000, correspondiendo éste último valor a un índice de Cobertura solo de 0,32%, señalando una lato grado de agregación del recurso.

Los registros históricos de los Indices de Densidad (ID) considerados en el periodo 9609 a 9812 (Tabla 15), han fluctuado entre 0,4 a 191,2 t/mn², siendo la anchoveta la especie que en térmonos generales presenta los mayores ID, variando entre 46,8 y 191,2 t/mn²; el jurel ha presentado ID entre 8,9 y 110,7 t/mn²; mientras que la caballa y la sardina han fluctuado entre 0,4 a 85,4 t/mn² y 11,4 a 150,1 t/mn², respectivamente. Estacionalmente la anchoveta presentó los mayores ID en otoño y primavera con promedios de 164,8 y 140,2 t/mn², respectivamente, mientras que en verano e invierno los ID promedio han sido de 78,6 y 80,8 t/mn². El jurel también registra sus mayores ID en primavera y otoño con promedios de 67,9 y 26,2 t/mn² reduciéndose en verano e invierno a valores de 17,5 y 18,9 t/mn², respectivamente. La tendencia estacional presentada para la anchoveta y el jurel tambien la registra la caballa, pero con valores menores, fluctuando para la primavera y otoño entre 50 y 24,9 t/mn², reduciéndose en verano e invierno a 19 y 6,5 t/,mn². La sardina ha registrado la mayor estacionalidad en invierno y primavera con ID promedios de 106,8 y 88 t/mn², bajando en otoño y verano a 55,2 y 11,4 t/mn², respectivamente.



Al comparar los resultados alcanzados en los cuatro cruceros correspondientes al periodo informado con los resultados históricos, se observa que los ID son los más altos de la serie, con incrementos que varían entre 2,8 a 197 veces respecto a los promedios estacionaies. Los ID de anchoveta para los cruceros 9912 y 0002 fueron 26,1 y 21,8 veces mayores que los promedios de primavera y verano, los cruceros 9905 y 9909 fueron 4,9 y 8,2 veces mayores que los valores de otoño e invierno. El jurel incrementó el ID, respecto a los promedios, 35,2 veces en el invierno (9909); 28,5 veces en el verano (0002) y 2,8 veces en primavera (9912). La sardina española registró el incremento en el ID más alto con 197 veces en el verano (0002) y 6 veces en el otoño (9905).

Los resultados anteriores sugieren una importante polarización e incremento del comportamiento gregario de los recursos en los cuatro cruceros analizados, puesto que por una parte se verificó una reducción del área ocupada, con índices de cobertura inferiores a los registros históricos y por otra con notables incrementos en los indicadores de concentración, medidos por medio de los Indices de Densidad.



### Objetivo Específico N° 2.4

Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual con observaciones realizadas en, a lo menos, 3 estaciones costeras dentro de la zona de estudio, donde se registrarán a lo menos las variables señaladas en los puntos 2.1 y 2.2.

# Temperatura, salinidad y contenido de oxígeno en estaciones costeras de monitoreo

La distribución temporal de temperatura con profundidad, en las estaciones de monitoreo mensual (Fig. 81) ubicadas frente a Arica, Iquique y Mejillones, presenta una gran variación en profundidad de las isotermas y por lo tanto en los valores de temperatura en la columna de agua. Estas profundizaciones son originadas por ondas atrapadas en la costa, generadas en la zona ecuatorial, y que se desplazan hacia los polos. La primera profundización se observa a partir de mayo de 1997 en Arica e Iquique y en Julio 97 en Antofagasta. La segunda y de magnitud muy superior, fue registrada entre diciembre de 1997 y enero de 1998 en los tres lugares. Entre septiembre y octubre de 1997 se aprecia un relajamiento del sistema, donde las isotermas tienden a ubicarse a las profundidades normales. Los máximos valores se presentan en enero y febrero en Arica y en el mes de enero en Iguique y Antofagasta. A partir de marzo de 1998, el sistema comienza a disminuir rápidamente la temperatura, alcanzando en agosto de 1998 valores menores de 14°C en casi toda de la columna de agua. En los meses posteriores aumenta la temperatura superficial por efecto del calentamiento estacional el que alcanzaría su máximo en enero y febrero de 1999, decayendo lentamente hasta alcanzar valores menores de 17 en mayo. A fines de 1998 y principios de 1999 se encuentran aguas de menor temperatura bajo los 30 m de profundidad, producto de la intensificación de la surgencia. En marzo y mayo de 1999 se observa un levantamiento de las isotermas y en abril un pequeño hundimiento, el que es mas significativo frente Iquique. Estas variaciones podrían estar asociadas a ondas atrapadas a la costa o a variaciones en la intensidad de la surgencia. A partir de septiembre se inicia el ascenso de la isoterma de 13°C, alcanzando en diciembre hasta casi 30 m de profundidad, este ascenso es similar al observado en igual periodo año 1998 y estaría asociado a la intensificación estacional del viento y por lo tanto de la surgencia. A partir de enero de 2000 se observa un nuevo descenso de las isotermas, apareciendo en febrero un máximo superficial de más de 19°C en los primeros 10 m de profundidad en Arica y Mejillones. Iquique muestra un descenso similar pero alcanza en superficie a 17°C.

Desde febrero a mayo se observa un notorio ascenso de las isotermas mayores a 14°C, lo que ocurre en las tres localidades lo que estaría siendo provocado principalmente por eventos de surgencia y por el enfriamiento estacional.

La salinidad (Fig. 82) presenta una tendencia general similar a la descrita para la temperatura, con un máximo en julio de 1997 y otro en enero de 1998. El máximo de enero es subsuperficial y alcanza valores mayores a 35,6 ups, estos altos valores corresponden a aguas de origen Subtropical oceánico. En marzo de 1998, las salinidades comienzan a disminuir notoriamente, encontrándose de mayo a agosto valores menores de 34,9 ups, característicos del agua Ecuatorial Subsuperficial y que alcanzan la superficie producto de la surgencia. De agosto a mayo 1999 los valores disminuyen ligeramente, lo que estaría indicando una mayor participación del agua Subantártica en la surgencia, con excepción de un evento observado en enero de 1999 frente a Iquique y otro en marzo de 1999. Durante el periodo septiembre a diciembre de 1999 los valores en Arica y en Iquique son característicos del agua Ecuatorial Subsuperficial.y en Mejillones de Agua Subantártica. De diciembre de 1999 a mayo de 2000 el agua que participa en la surgencia costera es principalmente Agua subantártica lo que es ratificado por los valores de oxígeno que se encuentran en este periodo.



El oxígeno (Fig. 83) presenta una distribución un tanto similar que la observada en temperatura y salinidad, donde entre diciembre 1997 y enero 1998 se produce una profundización de las isolíneas producto de la presencia de aguas subtropicales de alto contenido de oxígeno y del paso de una onda atrapada a la costa. En el resto del período, los bajos valores dependen principalmente de la intensidad de la surgencia local, es decir, si el viento es persistente en un sector, se genera un ascenso hasta los primeros metros de profundidad de aguas Ecuatoriales Subsuperficiales de bajo contenido de oxígeno (< 2 ml/l) y de salinidad entre 34,8 y 34,9 ups o de aguas subantárticas de alto contenido de oxígeno (>3 ml/l) y salinidades levemente menores que las ecuatoriales (< 34,8 ups). A partir de octubre de 1999, en Arica e Iquique se observa el ascenso de los mínimos valores y estarían asociados a la intensificación estacional del viento y por lo tanto de la surgencia, en Mejillones en cambio esto aparece como un hundimiento de las isolineas, lo que es consistente con lo observado en la salinidad. En el último periodo de Diciembre de 1999 a Mayo de 2000 se observa un descenso de las isolíneas, principalmente en Iquique y Mejillones, lo que indica un aumento del contenido de oxigeno en la capa superficial superficial de los primeros 50 metros y la presencia de agua de origen subantártico.

- 5.1 Variabilidad estacional de la clorofila a en las estaciones costeras de monitoreo de Arica, Iquique y Mejillones.
- 5.1.1 Variabilidad temporal vertical de la clorofila a.

La variabilidad temporal de la cloa discreta (o por niveles) en las estaciones de Arica, Iquique y Mejillones será descrita por estación y durante el periodo comprendido entre mayo de 1997 a febrero de 2000.

En Arica se observó que en el nivel superficial la cloa estuvo deprimida durante prácticamente todo el año 1997 (Fig. 84) con valores cercanos a 2 µg/L solamente



en mayo y noviembre (i.e. 2,33 µg/L). Posteriormente, entre diciembre de 1997 y abril de 1998 la cloa se mantuvo en niveles muy bajos los que llegaron en algunas ocasiones a ser de 0,03 a menores de 1 µg/L, en febrero y abril. Con un aumento explosivo en mayo de 1998, que llegó hasta los 8 μg/L, el que estuvo asociado al periodo de transición entre el verano y el otoño. Durante el periodo invernal la cloa se mantuvo en valores bajos (i.e. inferiores a 1 µg/L), para aumentar considerablemente en la primavera llegando a ser de hasta 19 μg/L en agosto, para disminuir a 5 µg/L en septiembre y continuar disminuyendo en forma acentuada en la medida que el verano llegaba a su apogeo con valores cercanos a 1 µg/L hasta marzo de 1999. Pasado el mes de marzo y hacia el otoño de 1999, se observó el aumento considerable de la cloa llegando a ser de 8,6 µg/L en mayo. Hacia el invierno la situación se relaja con disminuciones en la concentración de cloa, pero sin disminuir a valores oligotróficos, para aumentar sostenidamente durante la primavera, posteriormente con la llegada del verano los valores de cloa comienzan a decrecer, vale decir mayores de 1 hasta 2 µg/L, tornándose típicos de sistemas poco productivos durante el verano menores de 1 µg/L.

Para la estación realizada en Iquique (Fig. 84) es posible observar la alta variabilidad estacional de la cloa a nivel superficial. Especialmente en los periodos de transición entre el invierno y la primavera (agosto-septiembre) con máximos de 3,8 μg/L en septiembre, con la posterior depresión en la concentración de cloa en la medida que avanza la primavera y comienza el verano, con valores inferiores a 1 μg/L, llegando a no ser detectados del todo en el periodo febrero marzo de 1998 con valores inferiores en un orden de magnitud a los mínimos medios en otros meses del año. Posteriormente en el periodo diciembre de 1998 hasta febrero de 1999 la cloa experimentó un aumento explosivo en la concentración llegando a 13 μg/L en diciembre y tendiendo a bajar en la medida que avanzó el verano, manteniéndose en valores cercanos o inferiores a 1 μg/L durante los meses restante de 1999. Posteriormente, en diciembre de 1999 la cloa aumentó explosivamente hasta llegar



a los 4 μg/L, llegando a los 8 μg/L en enero de 2000. En febrero de 2000 el sistema se tornó poco productivo, con valores menores de 1 hasta 0,5 μg/L, producto del aumento estacional de la temperatura y salinidad.

En Mejillones la distribución temporal y vertical de la cloa (**Fig. 84**), indica que en esta estación y durante 1997 el régimen imperante fue fuertemente oligotrófico, con valores de cloa cercanos a los 0,07 μg/L, lo que indica que este lugar esta dominado por la presencia de masa de agua típicas de sistemas impactados por El Niño. En septiembre y octubre de 1997 la cloa aumentó de concentración asociada a los florecimientos de la primavera, llegando a 2,25 μg/L, para posteriormente disminuir a valores inferiores a 1 μg/L, este valor se mantuvo durante todo el año 1998 con aumentos de hasta 2 μg/L y disminuciones de 0,5 μg/L. En general, la biomasa se mantuvo siempre en niveles típicos de sistemas entre meso y eutróficos.

Al igual que en Arica la zona de influencia de la cloa durante los periodos de máximo crecimiento llegó hasta los 25 m, focalizándose entre la superficie y los 10 m, con un único máximo subsuperficial el mes de diciembre de 1998 que llegó a los 26 µg/L, lejos uno de los registros mas altos medidos en la zona. A 50 m la cloa es cuasi constante en alrededor de 0,07 µg/L, con algunos pequeños aumentos estacionales, asociados a los florecimientos estacionales.

# 5.1.2 Variabilidad temporal de la clorofila a integrada en las estaciones de monitoreo oceanográfico.

En Arica (Fig. 85), los niveles de cloa integrada fueron inferiores a 100 mg/m² en el periodo comprendido entre mayo de 1997 y abril de 1998, con valores que llegaron a ser cercanos a 5 mg/m² en el mes de septiembre de 1997. Solamente en mayo de 1998 la columna comenzó a presentar valores típicos de sistemas productivos (i.e. >100 mg/m²) con valores de 128 mg/m². Posteriormente, en junio y julio el



sistema se volvió a deprimir con valores de 19 y 37 mg/m², respectivamente y propios de sistemas oligotróficos. En agosto de 1998 se observó la presencia de un florecimiento explosivo el que llegó a 450 mg/m², para disminuir bruscamente entre septiembre 1998 hasta abril de 1999, a niveles inferiores a 100 mg/m². Manteniéndose así hasta febrero de 2000.

En Iquique, la cloa integrada (Fig. 85) en el periodo comprendido entre mayo de 1997 a julio de 1998, estuvo bajo un régimen oligotrófico con 78 y 18 mg/m², respectivamente. Este régimen entre oligo y mesotrófico cambió a eutrófico (i.e.>100 mg/m²) en agosto con un registro de 120 mg/m², el que disminuyó significativamente en septiembre a 62 mg/m², y continuó decreciendo hasta llegar a valores típicos de sistemas ultra-oligotróficos, con valores inferiores a 10 mg/m². En diciembre se observa la aparición de un florecimiento explosivo de cloa el que llegó a ser de 450 mg/m², practicamente dos órdenes de magnitud superiores al mes precedente. No obstante, este aumento primaveral fue absolutamente episódico, ya que durante todo el periodo correspondiente al año 1999, el sistema se ha comportado en forma marcadamente oligotrófica, con valores entre 4 a 30 mg/m², para enero y mayo. Estos valores de cloa para 1999 son inferiores que los informados para los mismos meses de los años 1997 y 1998, aún bajo condiciones de bajas temperaturas. Esta situación volvió a cambiar a un sistema eutrófico entre enero, con cerca de 200 mg/m², y febrero 300 mg/m² del año 2000, el que volverá a ser poco productivo hacia marzo de 2000, configurando otro ciclo estacional bien marcado en que las mayores agregaciones de cloa se localizaron preferentemente en la primavera y el verano.

En el caso de Mejillones, la cloa integrada (Fig. 85) se mantuvo baja y propia de sistemas oligotróficos, en prácticamente todas las estaciones realizadas, con la sola excepción de la estación realizada en el mes de marzo de 1998, en la que este valor llegó a 112 mg/m². Durante 1999 la situación no es diferente, manteniéndose siempre en niveles cercanos a 50 mg/m², para todo el año 1999. Posteriormente



durante enero y febrero del 2000, los valores de cloa integrada oscilaron considerablemente. Esta variabilidad de la cloa integrada es una característica propia de esta estación de monitoreo, caracterizada por la inestabilidad de la variable sin visualizarse ninguna tendencia estacional en la columna.

### 5.2 Comentario general

Existe una contraposición entre la información que es obtenida a partir de la cloa discreta e integrada, especialmente cuando la cloa mantiene altos niveles de agregaciones a profundidades inferiores de 10 m. El caso más llamativo es el de la estación de Mejillones en los que prácticamente durante todo el año la biomasa fitoplanctónica integrada mostró que el sistema estaba bajo un régimen entre meso y oliogotrófico. No obstante la distribución de la cloa discreta indica lo contrario, notándose continuos de alta cloa para todo el año sin que se observen bajas sostenidas de la cloa que permitan indicar que el sistema es poco productivo, sino que al contrario el sistema es eutrófico en forma casi constante, llegando a observarse florecimientos considerables los que llegaron a ser de hasta 6 µg/L. Con la sola excepción del periodo de "El Niño" en el que si se pudo establecer claramente que la cloa no tuvo concentraciones significativas en toda la columna, para el resto del año debe ser corregida la categoría de oligo a meso o eutrófica, siendo esta última clasificación las más importante para la zona.

No obstante lo anterior, la cloa integrada es un buen indicador de las características de la columna de agua en las estaciones de Arica e Iquique, representando en forma bastante precisa la variabilidad de la columna y las mayores agregaciones de cloa, debido a que ésta se distribuyó más allá de los 10 metros.

Por lo tanto en los próximos estudios se utilizarán ambas mediciones, para definir el **status** trófico de la columna por época del año.



## 5.3 Huevos y larvas de peces

#### 5.3.1 Anchoveta

La presencia casi contínua de huevos durante el período comprendido desde mayo de 1997 a diciembre de 1998 en la localidad de Mejillones, a excepción de los meses de abril, mayo y junio, es evidencia de actividad reproductiva, lo cual se ve corroborado por la presencia de larvas para el mismo período y durante el transcurso del año 1999.

Del mismo modo, tanto en Arica como en Iquique se observa actividad reproductiva a lo largo del período de estudio, pero en forma más interrumpida. En Arica los huevos de anchoveta aparecen en junio de 1997 y se presentan hasta febrero del 2000. A medida que avanzamos en latitud los huevos comienzan a cubrir los meses entre agosto y febrero para finalmente en Mejillones cubrir casi por completo el período de muestreo del año 1997 y el primer trimestre de 1998. Las fases larvarias aparecen en el mes de mayo de 1997 en las tres zonas muestreadas y a medida que avanzamos hacia el sur su presencia se va haciendo continua en la zona, a excepción del 2° trimestre (Fig. 86).

En la localidad de Arica, las máximas abundancias de huevos de anchoveta (>10.000 huevos/10m²), se registran en agosto, noviembre y diciembre de 1997, marzo de 1998, enero, mayo, agosto y octubre de 1999 y enero y febrero de 2000, con densidades iguales a 26.987, 11.837, 159.189, 97.364, 10.025, 16.676, 17.624, 55.672, 213.040 y 83.311 huevos/10m² respectivamente; exhibiendo las fases larvarias máximas (>10.000 larvas/10m²), en agosto de 1997, agosto de 1998, enero de 1999 y durante los meses de enero y febrero de 2000, con densidades iguales a 39.703, 68.472, 15.159, 11.979 y 16.185 especímenes/10 m², situación que es coherente con los picks de desove primario y secundario que presenta esta especie para la zona Antofagasta - Arica.



En Iquique, las máximas densidades para huevos de anchoveta (>10.000 huevos/10m²), son registradas en noviembre y diciembre de 1997, con 16.906 y 27.087 huevos/10m², respectivamente; exhibiendo las larvas máximos en agosto de 1997 y enero de 1999 con densidades iguales a 32.482 y 14.921 larvas/10m². Durante 1998, las larvas presentaron abundancias que fluctuaron entre 29 y 1.273 con una media en las 253 larvas y en 1999, y a excepción del mes de enero, las densidades larvarias han fluctuado entre 37 y 1.848 especímenes. Para los meses de enero y febrero de 2000, ambas fases de desarrollo han presentado densidades iguales a 5.523 y 4.325, respectivamente, no registrándose presencia de huevos y larvas durante los meses de febrero, marzo y mayo de 2000.

En Mejillones, se presenta prácticamente un registro continuo para ambos estadíos de desarrollo desde mayo de 1997 a marzo de 1998, para ausentarse durante el 2° trimestre de 1998 y aparecer nuevamente desde julio a octubre. Los meses de noviembre y diciembre de 1998, se consignan como meses sin muestreo y para los tres primeros trimestres de 1999 se determinan nuevamente registros positivos para ambas fases del desarrollo, principalmente larvas las cuales han exhibido abundancias que han fluctuado entre 31 y 3.991, correspondiendo ambos valores extremos a los meses de julio y febrero de 1999, registrándose en diciembre una densidad de 2.427 larvas y de 19.007 huevos de esta especie. En mayo de 2000, se consignan registros positivos de huevos y larvas con abundancias iguales a 1.624 huevos y 12.995 larvas/10 m².

#### 5.3.2 Sardina

La presencia de huevos y larvas de esta especie sólo se consigna desde julio de 1997 a febrero de 1998 en Iquique, observándose en general ausencia de estas fases de desarrollo entre los meses de marzo a diciembre de 1998. Con respecto a



sus niveles de abundancia éstos se presentan bajos fluctuando entre 21 y 640 para los huevos y entre 28 y 473 para las fases larvarias.

En la estación costera de Mejillones, los valores de abundancia de huevos y larvas son extremadamente bajos con sólo 3 registros positivos a ambas fases de desarrollo.

En la localidad de Arica, la presencia de huevos y larvas de sardina se hace más frecuente a partir del 2° trimestre de 1998, con densidades que fluctuaron entre 41 para el mes de junio y 4.279 huevos/10m² en julio. En general las densidades larvarias oscilaron entre 39 y 85 larvas/10m², presentándose durante el año 1999 en los meses de enero, febrero, marzo, mayo y diciembre donde se reporta la mayor de las abundancias (1.485 larvas) para el período mayo 1997 a mayo de 2000.

No obstante lo anterior, podría pensarse que para el período de estudio, el área de desove de sardina se concentró en la zona de Iquique durante 1997 y en Arica durante 1998 y algunos meses de 1999 (Fig. 87).

#### 5.3.3 Jurel

La ausencia total de larvas y la presencia casi virtual de huevos de jurel, nos señala que el desove de esta especie, no se verifica en la zona costera presentando un carácter oceánico.

Los valores aislados de huevos frente a las localidades de Arica e Iquique en los meses de octubre y diciembre de 1998 y diciembre de 1997, respectivamente, nos indica el inicio del período de actividad reproductiva, de esta especie para la zona norte y que de acuerdo a los antecedentes históricos, se presenta durante los meses de noviembre y diciembre (Fig. 88.



#### 5.3.4 Caballa

La coincidencia en la presencia de huevos y larvas en los meses de julio y agosto respectivamente son evidencias del suceso reproductivo para las tres zonas muestreadas, el cual se prolonga hasta los meses de noviembre y diciembre, revelando el carácter estival del desove de esta especie, registrándose huevos y larvas de esta especie para las tres localidades hasta febrero de 1998, observándose presencia de huevos y larvas de caballa en diciembre de 1998 en las localidades de Arica e Iquique, respectivamente (Fig. 89).

Al respecto, cabe señalar que las larvas de esta especie sólo están presentes en los muestreos practicados en los meses de noviembre/diciembre de 1997, febrero y diciembre de 1998 y marzo de 1999, tendencia acorde a la detectada en igual época durante 1980 (Rojas y Mujica, 1981). Con respecto a la distribución latitudinal esta especie muestra dos áreas de desove; una comprendida entre Arica y Antofagasta y otra entre Caldera y Coquimbo, la que se caracteriza por presentar una modalidad más oceánica en la puesta (Rojas *et. al.*,1983).

Con respecto al carácter estival del desove de esta especie, Santander y Castillo (1972), señalan que la principal época de desove de caballa en Perú ocurre durante el verano, a la vez que Chiechomski (1971), coincide con estos autores en la época de desove de la subespecie *S. japonicus marplatensis*, presente en aguas argentinas. En general, se podría concluir que dada la época de desove de la especie y en base a los antecedentes existentes, es lógico esperar que las larvas sólo estén presentes en el muestreo practicado en primavera/verano.



## 5.3.5 Biomasa zooplanctónica

La figura 90 muestra la abundancia y distribución temporal de la biomasa zooplanctónica registrada en las estaciones costeras realizadas frente a Arica, Iquique y Mejillones para el período mayo 1997 a mayo de 2000, y en ella podemos apreciar que para la localidad de Arica, se presenta una tendencia a los bajos valores de biomasa zooplanctónica a través del período de estudio, situación que tiende a revertirse a partir del mes de agosto de 1998. El primer trimestre de 1999, muestra biomasas mayores respecto de las estimadas para los meses de enero, febrero y marzo de 1998, trimestre en el cual el fenómeno de El Niño 1997/98 presentó en la zona norte de Chile su máxima expresión. Con respecto a 1999, se puede apreciar que en términos generales los valores han tendido a incrementarse entre febrero y mayo, para experimentar un brusco y significativo descenso en junio y fluctuar entre 34 y 299 durante el tercer trimestre, valores extremos que se presentaron en los meses de septiembre y julio, respectivamente. A partir de octubre, se presenta una tendencia alcista en los valores de biomasa, registrándose en diciembre los estimados más altos del período mayo 1997 a mayo de 2000.

En Iquique, en cambio los valores de biomasa presentan una tendencia a incrementarse a través del tiempo, exhibiendo su distribución tres picks importantes, donde el primer pick se observa a fines de 1997, un segundo pick se presenta entre los meses de abril y junio y finalmente altas biomasas son nuevamente registradas a partir de septiembre de 1998 en adelante. Cabe señalar que al igual que lo reportado en la localidad de Arica, los valores de biomasa registrados para el primer trimestre del año en curso son significativamente superiores a los observados en 1998, encontrando el registro más importante en diciembre de 1999. Con respecto a la estimación de la biomasa zooplanctónica para los cinco primeros meses de 2000 son mayores respecto de aquellos observados en 1998 y 1999.



Finalmente, la localidad de Mejillones exhibe en términos muy generales un comportamiento muy parecido al descrito para Iquique, con un primer máximo registrado entre noviembre de 1997 y febrero-marzo de 1998 y los más significativos se observaron en septiembre de 1998 y 1999 y febrero y mayo de 2000.

### Objetivo Específico Nº 2.5

Estimar en forma estacional y mensual la abundancia y distribución de la biomasa zooplanctónica.

### 6. Abundancia relativa del zooplancton

En otoño de 1999, la biomasa zooplanctónica, expresada en milílitros (mL) de zooplancton presente en 1.000 m³ de agua filtrada, fluctuó entre 44 y 1.495 con un promedio por estación para la zona de 203, predominando los valores comprendidos dentro del rango de densidades de 101 a 300 y de menor significancia la categoría de 33 a 100, las que representa el 77,5% y 15,5% del total, respectivamente.

La distribución espacial de la biomasa (Fig. 91a) indica en términos generales que existen dos zonas de alta densidad zooplanctónica, la primera se ubica a 100 mn al oeste de Punta Tres Picos con valores iguales a 1.495 ml/1.000 m³ y la segunda se extiende por la franja costera desde el norte de Tocopilla hasta Pisagua con biomasas que fluctuaron entre 238 y 630 ml/1.000 m³.

Al contrastar los valores promedio de la biomasa del zooplancton obtenidos durante los cruceros MOBIO, se aprecia que las mayores concentraciones se registraron en invierno de 1998, para disminuir en primavera e incrementarse nuevamente en verano de 1999 y presentar una disminución durante el mes de mayo (MOBIO 9905), el cual se expresa por un porcentaje de cambio igual a -33,0% (Tabla 16).

En invierno, crucero MOBIO 9909, la biomasa registrada auctuó entre 54 y 701 ml de zooplancton/1.000 m³ de agua filtrada con un promedo general por estación de 254, correspondiendo ambos valores extremos a las estadones realizadas a 100 mn al norte de Bahía Moreno y a 1 mn al oeste de Punta Junín, respectivamente, observándose como tendencias generales un incremento de la biomasa en sentido sur-norte y una disminución de ésta hacia las 100 mn (Fig. 91b). En la mayoría de las muestras los organismos dominantes correspondieron a copépodos y quetognatos, en una sola estación se observó la presencia mayoritaria de medusas.

La distribución espacial de la biomasa indicó la existencia de zonas de alta biomasa localizadas al oeste de Bahía Moreno, a 40 mn frente a Punta Copaca, a 70 y 40 mn entre Punta Lobos y Pisagua y en el área oceánica a la cuadra de Arica; las cuales se caracterizaron por presentar densidades comprendidas entre 301 y 900 ml zooplancton/1.000 m³, las que contribuyeron con un 28% al total de la biomasa estimada.

El resto del área explorada se caracterizó por el predomo del rango de densidad comprendido entre 101-300 ml zooplancton/1.000 m³, el al se registró en el 66% de las estaciones analizadas. Sólo un 6% de la zona foca de los mínimos valores, 0-33 ml/1.000 m³.

Al comparar el valor promedio de la biomasa durante la prospecciones realizadas entre 1998 y 1999, se detecta que en el crucero de invierro de 1999, el promedio de la biomasa fue el tercer registro más alto, después de la poservado en invierno de 1998 y verano de 1999. El promedio más bajo fue observado durante el período estival de 1998 con un valor de 176 y la menor variación de biomasa fue encontrada en otoño (F1) del mismo año (Tabla 15).

En primavera de 1999, la estimación de la biomasa zooplanctónica, expresada en ml de zooplancton presentes en 1.000 m³ de agua filtrada, fluctuó entre 93 y 6.622





con un promedio general para el área de estudio de 621, predominando los valores comprendidos en los rangos de densidad de 101-300 y 301-900 ml/1000m³, los que representaron el 34,1% y 53,7% del total, respectivamente. El resto del área explorada se caracterizó por el predominio del rango de densidad 901-10.000 el que fue detectado en el 9,7% de las estaciones restantes, focalizándose los mínimos valores (34-100) sólo en el 2,43% de las muestras (Fig. 91c).

La distribución espacial de la biomasa zooplanctónica, señala que las altas densidades se presentaron en la zona nerítica asociadas a focos de surgencia los que se presentaron a 5 mn frente a Punta Copaca, a 1mn entre Punta Lobos y Pisagua y a 40 mn al oeste de Arica, con biomasas comprendidas entre 1.927 y 6.622 ml/1000m³, donde el elemento predominante en las muestras fue el mesozooplancton y particularmente los copépodos.

Al comparar los niveles promedio de biomasa obtenidos durante 1999, se determina que en la primavera, Crucero MOBIO 9912, la biomasa presentó una media de 621 (DS= 1052,2), la más alta del año, siendo este valor 144% mayor respecto al obtenido en el crucero de invierno y a la vez más dispersos, según lo muestra el valor de desviación estándar (DS) (Tabla 15), debido a que en general estos períodos de primavera se caracterizan por una alta producción fitoplanctónica y subsecuente alta producción zooplanctónica.

En verano del 2000, la biomasa zooplanctónica fluctúo entre 68 y 1933 ml/1000 m³ con una media por estación igual a 374, predominando los valores comprendidos dentro de los rangos de densidades de 101-300 y 301-900 ml/1000 m³ los que representaron el 42,5% del total. El resto del área prospectada se caracterizó por presentar biomasas categorizadas dentro de los rangos 34-100 (8,5%) y 901-10.000 (6,4%).



La distribución espacial de la biomasa (Fig. 91d) indicó la existencia de 3 zonas de mayor concentración zooplanctónica. La primera de ellas y de mayor significancia cuantitativa se ubicó a 1 mn al oeste de Bahía Moreno. Un segundo foco de importancia se observó frente a Punta Lobos y un tercero a 70 mn al oeste de Punta Junín.

No obstante lo anterior, la distribución se caracterizó además por presentar concentraciones relativamente altas comprendidas dentro del rango 301-900 ml/1000 m³ en el área que se extiende desde Arica hasta Punta Lobos y que alcanzó longitudinalmente hasta las 100 mn frente a Punta Junín y Arica, restringiéndose esta distribución hasta una distancia máxima de 70 mn frente a Punta Lobos.

En la mayoría de las estaciones, las muestras estuvieron constituidas mayoritariamente por los copépodos respecto de los otros grupos constituyentes del zooplancton, organismos que normalmente presentaron los más altos porcentajes en la composición específica de las muestras zooplanctónicas.

Al contrastar los resultados obtenidos en verano de 2000 respecto de similar período de años anteriores, se puede señalar que la biomasa promedio respecto al verano de 1999 experimentó un incremento igual a 38,4% y como tendencia general se apreció que con posterioridad al verano de 1992, año en el cual se observó el valor promedio más alto de biomasa zooplanctónica de la serie 1989/2000, registrándose en verano de 1998 los registros más bajos producto del fenómeno El Niño que afecto a la zona, con posterioridad y para los veranos de los años 1999 y 2000 se observó una tendencia alcistas de las biomasas promedio. Con respecto a la primavera de 1999, el promedio general por estación decreció en un 40%.



#### IX. CONCLUSIONES

- En los cuatro muestreos realizados en la zona de estudio se observó un predominio de las anomalías negativas tanto en salinidad y temperatura, las que presentaron algunos valores mayores a -2°C y 0,2 ups en la zona oceánica y de -3°C y -0,3 ups en la zona costera. Las anomalías de carácter negativo también se registraron en la columna de agua a los 400 m, lo anterior en base a los promedios históricos obtenidos de datos de los cruceros realizados en la zona.
- Las menores anomalías térmicas superficiales se registraron durante el mes de diciembre, con valores principalmente positivos pero <1°C, sin embargo las anomalías de salinidad fueron > 0,1 ups, principalmente en la mitad norte de la zona de estudio.
- Los vientos medidos durante el desarrollo de las estaciones estuvieron particularmente bajos en comparación a los registros de los últimos 5 años y predominaron los vientos del SSE y SE, situación distinta a las condiciones normales descritas para la zona y a los registro de los cruceros de los años anteriores, en donde predominaron vientos más intensos y del S y SW. No obstante lo anterior, se registraron intensas surgencias costeras en los cruceros de mayo y febrero, las que provocaron fuertes anomalías de temperatura y salinidad.
- La circulación superficial también presentó patrones distintos a lo observado en situaciones normales, predominando los flujos perpendiculares a la costa.
   Durante el mes de septiembre se presentó un predominio, en toda la zona, de una circulación hacia el norte.



- La zona está bajo un régimen normal en términos de agregación de cloa y donde el enfriamiento del sistema ha permitido no solamente una recuperación del ecosistema, sino que además un mayor nivel de asociación entre las variables físicas y las biológicas.
- En diciembre 1999 la distribución cuali y cuantitativa de la cloa en la zona, estuvo bajo un régimen de concentración moderada de cloa, asociada a un descenso generalizado de la temperatura con anomalías negativas intensas. Es especialmente significativo que, aunque en algunas zonas existieron gradientes intensos de temperaturas, este no se asoció a altas concentraciones de cloa, indicando que el sistema transportó partículas en forma intensa desde la zona costera hacia la zona oceánica. Esta misma situación podría explicar el por qué no obstante registrarse temperaturas adecuadas para que la cloa se acumule (i.e. entre 14 a 18°C), ésto no sucedió, lo que probablemente esté asociado nuevamente a sistemas activos de surgencia que advectaron todo el material particulado hacia la zona oceánica.
- En febrero las mayores agregaciones de cloa se situaron en las cercanías de la zona costera, con las mayores agregaciones localizadas en zonas de frentes térmicos, esta situación es propia de la zona para la época de verano, manteniéndose parches de alimentación disponibles en zonas restringidas. No obstante esta restricción los valores de pigmentos degradados y de oxígeno disuelto indicaban que en estas áreas los procesos de producción biológica a nivel primario fueron intensos.
- La biomasa de cloa después de agosto se recuperó significativamente respecto de la casi totalidad de los meses precedentes. Esta situación está asociada a la disminución significativa de la temperatura en la zona, como puede ser observado en el anexo correspondiente al análisis de variables físicas. En



general, lo anteriormente expuesto significa que la oferta ambiental de alimentación para estadíos de desarrollo temprano de especies de interés comercial, se incrementó considerablemente, con algunas bajas también significativas como en Arica, durante el mes de diciembre, aunque esta situación estuvo asociada a la variabilidad espacial propia del lugar en el que se muestreó, porque la información de cloa obtenida en la transecta realizada en la misma zona y con apenas 1 hora de diferencia, indicó que en un tramo de 10 mn se pueden medir valores altos y bajos de cloa. La información de cloa integrada, indicó que en este mismo tramo los valores son de 222, 115 y 305 mg/m² de cloa integrada a 1, 5 y 10 mn de la costa, respectivamente.

- Para el año 1999, la calidad y cantidad de la biomasa fitoplanctónica se recuperó respecto de los años precedentes tendiendo a aumentar hacia el otoño como era de esperar para la zona. La distribución de la biomasa en términos espaciales estuvo restringida, al igual que en años normales, a las primeras 10 mn de la zona costera y con valores que podrían ser considerados como propios de sistemas productivos. Lo anterior marca el comienzo de la normalidad del ecosistema.
- Las asociaciones observadas entre la cloa, la temperatura y la salinidad, indican que éstas al igual que durante la mayor parte del año se asoció en forma más significativa con la temperatura que con la salinidad. Esta asociación es relevante cuando se observa la intrusión de masas de agua de alta temperatura y salinidad hacia la zona costera, provocando una disminución significativa en la concentración de biomasa fitoplanctónica, demostrando el sincronismo entre la llegada de masas de agua más cálidas y la alteración significativa de la estructura biológica del ecosistema. Esta misma asociación no es clara con la salinidad, debido a que aunque el sistema tenga altas salinidades, estas





estuvieron asociadas a bajas temperaturas, especialmente en mayo de 1999, lo que de todas maneras permitió la proliferación de la biomasa fitoplanctónica.

- Las estaciones de monitoreo indican que el sistema estuvo bajo un régimen eutrófico, especialmente en Arica, Iquique y Mejillones. En general, las tres estaciones están bajo un régimen normal de concentración de clo, presentando la variabilidad estacional esperada en Arica e Iquique y un nivel continuo y alto de cloa en Mejillones, el que solamente tendió a disminuir hacia el verano de 2000.
- Durante los cuatro cruceros estacionales de monitoreo se observó que los huevos de las especies analizadas, a excepción de los de sardina, exhibieron un mayor predominio numérico por sobre el de las larvas durante el período de verano de 2000.
- Una actividad reproductiva importante se detectó en anchoveta a lo largo de toda la extensión latitudinal explorada, tanto para huevos y larvas, superando grandemente en términos de la densidad promedio como de la frecuencia de estaciones positivas al ictioplancton de sardina, jurel y caballa en todas las prospecciones realizadas. Sobresaliendo principalmente durante el período de verano del 2000, incluso de la serie 82/00, la mayor abundancia promedio de huevos y larvas de esta especie, demostrando además una mayor extensión espacial en el desove respecto a los períodos estivales prospectados durante los años 1997, 1998 y 1999. Contrariamente durante el muestreo de otoño de 1999 se observó la menor frecuencia y dominancia numérica, señalando una escasa y moderada actividad reproductiva y cobertura geográfica para la especie, observándose también tal situación en los períodos de otoño precedentes para la misma zona.



- Geográficamente, los huevos de anchoveta denotan una distribución principalmente nerítica, detectándose durante los cuatro cruceros prospectados focos que persisten en el tiempo y espacio, localizados en la costa de Arica. A partir de diciembre de 1999 a febrero de 2000 se produce una delimitación en el desove hacia el sur de la zona de estudio, con dos áreas bien demarcadas, entre Punta Lobos(21° 00'S) a Punta Copaca y frente a Antofagasta.
- Las larvas de anchoveta sólo durante otoño y primavera de 1999 presentaron mayor dominancia numérica respecto a los huevos. Su cobertura espacial durante los cruceros trimestrales fue bastante superior al de ellos, presentándose en gran parte de la zona de estudio, pero principalmente localizadas en la zona nerítica, donde exhiben sus mayores concentraciones.
- La sardina experimentó durante el verano de 1999 y de 2000 un significativo incremento en sus niveles de abundancia promedio, constituyéndose en cada uno de estos años en el registro más importante de la serie 1995 – 2000 para los huevos y de la serie 90/2000 en el caso de las larvas, respectivamente.

La sardina fue la especie que presentó la segunda mayor densidad numérica y la caballa el segundo lugar en la frecuencia de estaciones positivas.

 Solamente durante la primavera de 1999 la dominancia numérica exhibida por las larvas de sardina fue inferior a la mostrada por los huevos, su distribución geográfica fue cambiando entre el transcurso de un crucero a otro. Sólo se detectó un foco persistente en el tiempo y espacio, ubicado frente a Antofagasta, a excepción del período de primavera de 1999 donde no fue observado.



- Los huevos y larvas de jurel se presentaron principalmente en el sector oceánico, observándose en invierno, primavera y verano uno o dos focos con huevos en las primeras millas de la costa, no así de larvas.
- Se constató la persistencia temporal y espacial de dos focos con larvas de jurel, localizados a 70 mn al oeste de Arica y Pisagua, coincidiendo el observado en esta última localidad con el de los huevos.
- Durante otoño de 1999 no se observaron registros positivos de huevos y larvas de jurel, tampoco se detectaron larvas de caballa en los períodos de otoño, invierno y primavera de 1999.
- Los huevos de caballa no exhibieron ninguna constancia espacial ni temporal, éstos siempre se presentaron en diferentes sectores a través de los cuatro períodos.
- De acuerdo a las estaciones de monitoreo mensual, los huevos y larvas de anchoveta mostraron en las tres zonas una mayor continuidad en el tiempo respecto de sardina, jurel y caballa.
- En Arica se registró la mayor continuidad temporal de huevos y larvas de anchoveta.
- Las máximas abundancias de huevos de anchoveta se registraron en Arica en diciembre de 1997, marzo de 1998, octubre de 1999 y enero de 2000.
- Las larvas mostraron principalmente una presencia ininterrumpida en todos los períodos de muestreo mensuales entre diciembre de 1997 a abril de 2000, a excepción de abril de 1998 donde su ocurrencia fue nula. Las densidades más



importantes se detectaron en agosto de 1997 y 1998, enero de 1999 y febrero de 2000.

- En la zona de Iquique los huevos de anchoveta fueron más constantes durante junio de 1997 a febrero de 1998. Los registros más importantes se detectaron en noviembre y diciembre de 1997.
- Para Mejillones la presencia de los huevos fue más importante y continua desde los meses de mayo de 1997 a marzo de 1998. Las mayores densidades se registraron en julio de 1997, febrero de 1998, diciembre de 1999 y abril de 2000.
- Las larvas de anchoveta tanto en Iquique como en Mejillones exhibieron la misma constancia, presentándose en 27 estaciones mensuales. En Iquique éstas concentraron las mayores densidades en agosto de 1997 y enero de 1999. En Mejillones la abundancia se presentó relativamente pareja entre mayo de 1997 a marzo de 1998, los máximos se registraron en febrero de 1999 y mayo del 2000.
- Respecto a los huevos de sardina, en Arica éstos sólo se presentaron entre junio y octubre de 1998 y diciembre de 1999, detectándose el foco más importante durante el mes de julio de 1998, las larvas en tanto exhiben una mayor frecuencia de ocurrencia temporal. En 1997 se observó un solo registro en mayo, en tanto en 1998 su presencia se visualizó entre mayo a agosto; en 1999 en enero, febrero, marzo, mayo y diciembre, y enero de 2000, reportándose en diciembre de 1999 la mayor de las abundancias.
- En Iquique los huevos de sardina fueron más constantes entre julio de 1997 a febrero de 1998; observándose focos aislados en noviembre de 1998 y en



octubre y diciembre de 1999. Las larvas adoptaron un patrón de distribución temporal parecido al exhibido por los huevos.

- Para Mejillones se aprecia tan solo un registro positivo de huevos de sardina en cada año, en los meses de junio de 1997, julio de 1998 y junio de 1999, salvo en el 2000, donde no se detectaron. Las larvas de sardina por su parte se presentaron en marzo y agosto de 1998, junio de 1999 y mayo de 2000, correspondiendo esta última a la densidad más relevante.
- La presencia esporádica de huevos de jurel y la ausencia total de larvas indican que esta especie presenta su actividad reproductiva lejos de la costa y que más bien esta es de carácter oceánico.
- Los huevos de caballa se mostraron más frecuentes que las larvas. Para las tres zonas los huevos se detectaron entre julio de 1997 y febrero de 1998, reapareciendo en Arica en los meses de diciembre de 1998 y marzo de 1999, lo que indica la presencia de esta especie particularmente durante los meses de primavera y verano, revelando así su carácter de desove estival. En Mejillones se encontró la densidad más importante de huevos para esta especie en el mes de febrero de 1998. Las larvas a su vez, sólo se detectaron en febrero de 1998.
- Respecto a la abundancia y distribución temporal de la biomasa zooplanctónica de las estaciones costeras, en Arica para el período mayo de 1997 a julio de 1998 se presentan valores bajos, los que comienzan a aumentar en agosto de 1998, tendiendo posteriormente a disminuir y aumentar nuevamente durante 1999 hasta llegar a un máximo en diciembre de 1999.
- En la zona de Iquique los valores tienden a incrementarse a través del tiempo,
   encontrándose al igual que para la zona de Arica el pick más importante en





diciembre de 1999. Los registros observados durante los cinco primeros meses de 2000 son superiores a los detectados en 1998 y 1999.

- La zona de Mejillones mostró los máximos niveles en septiembre de 1998, 1999
   y febrero- mayo de 2000.
- Durante la primavera de 1999 se observó la mayor hetereogeneidad en la biomasa zooplanctónica, presentándose la mayor desviación estándar de los cuatro períodos, ello debido a que durante las épocas primaverales se produce una alta producción fitoplanctónica de lo que deriva una alta producción zooplanctónica. Se observó también durante este período la mayor fluctuación en los valores de la biomasa zooplanctónica y el mayor promedio.
- Al contrastar el valor promedio de la biomasa entre 1998 y 1999, los valores más importantes se detectaron en invierno de 1998 y verano de 1999.
- El promedio más bajo en la biomasa zooplanctónica de las cuatro prospecciones se observó durante otoño de 1999 y el rango entre 100 – 900 ml/1000 m³ se presentó mayoritariamente en todos los muestreos realizados.
- La distribución estacional de anchoveta de los cuatro cruceros considerados sugieren un aumento de las concentraciones del recurso hacia los períodos estivales y un incremento de las densidades en las áreas costeras en la primavera y verano y una distribución más oceánica en invierno y otoño
- El jurel presentó una escasa presencia durante el periodo analizado estando virtualmente ausente en el otoño y tendiendo a aumentar su presencia en el verano



- Los índices de cobertura de anchoveta variaron entre 1,8 y 8,37%, siendo el mayor en el verano y el menor en otoño. Para el jurel los IC fluctuaron entre 0,88 y 4,46% siendo máximo en verano y mínimo en invierno y primavera. En el caso de la sardina española el IC de otoño fue de 0,07 % y de verano alcanzó a 0,32%.
- Los Indices de Densidad (ID) de anchoveta variaron entre 743,34 y 3.800,96 t/mn² siendo el mayor para primavera y el mínimo para el invierno. El ID de jurel varió entre 254,33 y 683,44 t/mn², registrándose el mayor en el invierno y el menor en la primavera. La sardina presentó Indices de densidad de 384,0 y 2.257,5 t/mn² para el otoño y verano, respectivamente.



#### X. BASE DE DATOS

La estructura de las bases de datos con toda la información básica que se obtuvo durante la ejecución del proyecto FIP 99 -01 "Monitoreo de las Condiciones Biooceanográficas en la I y II Regiones", se encuentra almacenada en registros magnéticos en diskettes de alta densidad, los archivos y el formato de grabación de cada una de las componentes del proyecto se detallan a continuación:

## 1. Datos oceanográficos y meteorológicos

La información oceanográfica y meteorológica de cada una de las estaciones biooceanográficas realizadas durante los cruceros de monitoreo, se encuentran en los siguientes archivos: CRUCE422, CRUCE425, CRUCE427 y CRUCE430 cuyo formato de grabación (Formulario de codificación), corresponde a una modificación del formato NODC. El formato IFOP esta compuesto por un registro de identificación y varios registros de información:

# a) Registro de identificación

Campo	Columna de inicio	Formato	
país	1	E2	
buque	3	A 2	
latitud grados	5	E 2	
minutos	7	R 3.1	
longitud grados	10	E 2	
minutos	13	R 3.1	
marsden	16	E 3	
año	19	E 2	
mes	21	E 2	
día	23	E 2	



25	R 3.1
28	E 2
30	E 3
33	A 3
36	E 4
40	E 2
42	E 2
44	E 2
46	E 2
48	E 1
49	E 1
50	E 2
52	E 2
54	R 3.1
57	R 3.1
60	R 3.1
63	E 2
65	E 1
66	E 1
67	E 1
68	A 1
69	A 1
76	A 1
80	E 1
	28 30 33 36 40 42 44 46 48 49 50 52 54 57 60 63 65 66 67 68 69 76

# b) Registros de datos

identificación	1	35 (Repetición)
profundidad (m)	36	E 4
temperatura (°C)	40	R 4.2
salinidad	44	R 5.3
oxígeno (ml/l)	49	R 4.4
control	80	E 1

#### Observaciones:

Formato tipo: A n : Alfanumérico

En: Entero

R n: Real sin el punto (ej. 34.356 en formato R 5.3 es 34356

n : Número de columnas

Columna 28 y 29 - códigos institución: 01=SHOA, 02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y

05=otros

Columna 76 - códigos del tipo de datos: B=botellas, C=CTD

Columna 80 - código control: 1 identificación de la estación y 2 ultimo dato

observado

Los datos meteorológicos se encuentran codificados de acuerdo las normas y códigos del NODC.

### 2. Clorofila-a y Penetración de la luz

Directorio tran: transectas

Subdirectorio : Ejemplo transept99.xls. Todas las transectas de septiembre de 1999.

Archivos : ejemplo tr01.xls: estaciones de la transecta 1

Estructura del archivo excel

Columna A : Transecta

Columna B : Estación

Columna C : Distancia de la costa (mn)

Columna D : Profundidad (m)

Columna E : Concentración de clorofila a (µg/L)

Columna F : Concentración de feopigmentos (µg/L)



## 3. Registros de Huevos y Larvas de Peces

La información zooplanctónica de cada una de las estaciones bio-oceanográficas que se realizaron durante los cruceros de monitoreo y estaciones costeras, se almacenaron en los siguientes archivos:Cru422, Cru425, Cru427, Cru430 y coste99, cuyo formato de grabación se detalla a continuación:

columna	tipo de información
1	Código estación
2,3,4	Año, Mes y día
5 y 6	Hora estación: hora, minutos
7	Latitud grados
8	Latitud minutos
9	Longitud grados
10	Longitud minutos
11	Código Red
12	Abertura de mallas de la red, en micras
13	Profundidad
14	Código flujómetro
15	Final Revoluciones
16 y 17	Tiempo Calado minuto, segundo
18 y 19	Tiempo Virado minuto, segundo
20	Metros Cable arriado
21	Angulo cable
22	Temperatura 0m
23	Salinidad 0m
24	Factor Estandarización
25 y 26	Huevos y larvas Anchoveta
27 y 28	Huevos y larvas de Sardina
29 y 30	Huevos y larvas de Jurel
31 y 32	Huevos y larvas de Caballa
33 y 34	Huevos y Larvas Otras Especies
35	Biomasa Zooplancton



# 4. Registros Acústicos

La información acústica de los cruceros estacionales, se almacenaron en los archivos ACUS9905.dbf, ACUS9909.dbf, ACUS9912.dbf y ACUS0002.dbf, cuyos formatos de grabación se detallan a continuación:

#### Cruceros MOBIO 9905 y 9909

Crucero	Archivo	Columna	Item	Tipo	Largo	Dec	Descripción
		1	Longitud	Numérico	10	5	Longitud en grados, (- Oeste
		2	Latitud	Numérico	10	5	Latitud en grados (- Sur)
		3	Sardina	Numérico	8		Sa de sardina
MOBIO 9905		4	Jurel	Numérico	8		Sa de jurel
	ACUS9905	5	Anchoveta	Numérico	8		Sa de anchoveta
		6	Total	Numérico	8		Sa total
		7	UBM	Numérico	5		Número de la UBM
		8	Transecta	Numérico	5		Número de la transecta
		1	Longitud	Numérico	10	5	Longitud en grados, (- Oeste)
		2	Latitud	Numérico	10	5	Latitud en grados (- Sur)
		3	Sardina	Numérico	8		Sa de sardina
MOBIO 9909		4	Jurel	Numérico	8		Sa de jurel
	ACUS9909	5	Anchoveta	Numérico	8		Sa de anchoveta
		6	Total	Numérico	8		Sa total
		7	UBM	Numérico	5		Número de la UBM
		8	Transecta	Numérico	5		Número de la transecta



# Cruceros MOBIO 9912 y 0005

Crucero	Archivo	Columna	Item	Tipo	Largo	Dec	Descripción
		1	Longitud	Numérico	10	5	Longitud en grados, (- Oeste)
		2	Latitud	Numérico	10	5	Latitud en grados (- Sur)
		3	Sardina	Numérico	8		Sa de sardina
MOBIO 9912		4	Jurel	Numérico	8		Sa de jurel
	ACUS9912	5	Anchoveta	Numérico	8		Sa de anchoveta
		6	Total	Numérico	8		Sa total
		7	UBM	Numérico	5		Número de la UBM
		8	Transecta	Numérico	5		Número de la transecta
		1	Longitud	Numérico	10	5	Longitud en grados, (- Oeste)
0		2	Latitud	Numérico	10	5	Latitud en grados (- Sur)
		3	Sardina	Numérico	8		Sa de sardina
MOBIO 0002		4	Jurel	Numérico	8		Sa de jurel
)	ACUS0002	5	Anchoveta	Numérico	8		Sa de anchoveta
		6	Total	Numérico	8		Sa total
		7	UBM	Numérico	5		Número de la UBM
)		8	Transecta	Numérico	5		Número de la transecta



# XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aron, A.1980. Taxonomía, distribución y abundancia de las larvas de peces en la bahía de Concepción (36°04'S,73°02'W), Chile. Tésis para optar al título de biólogo Marino.
- BAC 87 A 99. 1998. Boletin de Alerta Climatico. Diciembre 1997 a Enero 1999. CPPS.
- BAC 1999. Boletin de Alerta Climatico Nº 100 a 111. Enero a Diciembre 1999. CPPS.
- BAC 102 a 113. Boletin de Alerta Climatico. Marzo 1999 a Febrero 2000. CPPS.
- Bakun. A. and R. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Perú current systems. CalCOFI rep., Vol XXIII, 99-112.
- Bakun, A. and C. Nelson. 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. J. Phys. Oceanogr., 21, 1815-1834.
- Balbontín, F. M.Garretón. 1977. Desove y primeras fases de desarrollo de la Sardina Española, *Sardinops sagax*, en Valparaíso. Rev. Biol. Mar, 16(2): 171-181.
- Balbontín, F. y R. Pérez. 1980. Descripción de los estados larvales de Normanichthys crockeri Clark (Perciformes: Normanichthydae) del área de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Valparaíso, 17:81-95.



- Bidigare, R., R. Smith, K. Baker y J. Marra. 1987. Oceanic primary production estimates from measurements of spectral irradiance and pigment concentration. Global Biochemical Cycles. 1(3):171-186.
- Bjerknes, J. 1966. A Possible Response of the Atmospheric Hadley Circulation to Ecuatorial Anomalies of Ocean Temperature. Tellus, 18(4): 820-829.
- Blanco, J. L. 1996. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Informe interno para IFOP.
- Boltovskoy, 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina.
- Braun, M.,J. Blanco, J. Osses, y J. Castillo 1999a. Monitoreo Biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II Regiones. Informe Final FIP 97-02. Instituto de Fomento Pesquero.(Valparaíso, Chile). 131 pp+ 14 Tablas y 122 Figuras.
- Braun, M.,J. Blanco, J. Osses, J. Castillo, H. Miles. 1999b. Monitoreo acústico estacional de las condiciones bio-oceangraficas en las regiones I y II. Informe Final FIP 98-08. Instituto de Fomento Pesquero.(Valparaíso, Chile). 91 pp + Tablas y Figuras.
- Braun, M.,J. Blanco y J. Castillo. 1997. Monitoreo de las condiciones biooceangraficas en la I y II regiones. Informe final FIP 95-03. Instituto de Fomento Pesquero.(Valparaíso, Chile). 118 pp + Tablas y Figuras.



- Braun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°96-07 Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 128 pp + Tablas y Figuras.
- Braun, M., J. Castillo, J. Blanco, S. Lillo y H. Reyes. 1995. Monitoreo hidroacústico y oceanográfico de los recursos pelágicos de la I y II Regiones. Informe final. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 172 pp + Tablas, Figuras y anexos.
- Carpenter, J. H. 1965. The chasepeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxigen method. Limnol. and Oceangr., 10: 141-143.
- Castillo, J.; M. Braun y J. L. Blanco. 1992. Cuantificacion estacional de la biomasa de los recursos pelágicos y vigilancia Bio-Oceanográfica, Zona Norte. Septiembre 1992. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos-Zona Norte. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile.
- Castillo, J. M. Barbieri, M. Espejo, V. Catasti, S. Rosales, J. Osses, P. Barria, G. Daneri, H. Gonzalez. 1998. Estimación del Reclutamiento de Anchoveta en las regiones I y II. Informe Final FIP 97-51. Instituto de Fomento Pesquero.(Valparaíso, Chile). 181 pp + Tablas y Figuras.
- Chiechomski, J.D. de.1971. Distribución regional y cuantitativa de huevos de anchoita (*Engraulis anchoita*), caballa (*Scomber japonicus marplatensis*) y sardina fueguina (*Sprattus fueguensis*) en el mar Argentino. CARPAS Doc. Ocas.,(5/D.Téc.6):12p.



- Einarsson, H. y B. Rojas de Mendiola. 1963. Descripción de Huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.) Bol. Inst. Rec. Mar., Callao, 1(1):1-23.
- Fahay, M. P. 1983. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, cape hatteras to the southern scotian shelf J. north west Atl. Fish. Sci.4, 423p.
- Fischer, W. 1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta" (*Engraulis ringens*) Jenyns. Rev. Biol. 8(1,2 y 3):111-124.
- Foote, K., H. Knudsen, G. Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987.

  Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261

  Copenhagen K, Denmark.
- Fuenzalida, H. 1971. Climatología de Chile. Departamento de Física y Geodesia, Universidad de Chile, 73 pp.
- Fuenzalida, R. 1989. Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar 1: 37-47.
- Frontier, S.1966. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I)Programa des recoltes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10.Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.
- Greenwood, P., D. Rosem, S. Weitzman y G. Myers. 1966. Phyletic studies of teleosteam fishes, with a provisional classification of linving forms. An. Mus. Nat. Hist., Bull 131(4):341-455.



- Gunther, E. R. 1936. A report on oceanografical investigation in Peru coastal current.

  Discovery Reports, 13: 1107-1275.
- Guzmán, O., J. Castillo; S. Lillo; P. Pineda; L. Rodríguez e Y. Giakoni. 1983. Estudio de recursos pelágicos. Programa Monitoreo de los Recursos Pelágicos Y. Prospección zona Arica Coquimbo (18°30′- 30°00′S). Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-82) Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile.
- Hellerman, S. and M. Rosenstein. 1983. Normal Monthly Wind Stress Over the World Ocean with Error Estimates. J. Phys. Oceanogr., 13, 1093-1104.
- Matarese, A. C., A. W. Kendall, Jr., D. M. Blood and B. M. Vinter. 1989. Laboratory guide to early life history stages of northeast pacific fishes.NOAA Technical Report NMFS80.
- Millero,F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.
- Montecinos, A. 1991. Efecto del Fenómeno El Niño en los vientos favorables a la surgencia costera en la zona norte de Chile. Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso. 143 pp.
- Moser, H.G. and E.H.Ahlstrom.1970. Development of lantern fishes (family Myctophidae) in the Carlifornia Current. Part I: Species with Narrow-eyed larvae.Bull.LosAng.Cty.Mus.Nat.Hist. Sci.7:1-145.
- NODC. 1991. Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National Oceanographic Data Center. NOAA. USA.



- Olivar, M.P. and J.M.Fortuño.1991.Guide to Ichthyoplankton of the southeast Atlantic (Benguela Current Region) SCI.Mar., 55(1):1-383.
- Osses, J. 2000 Distribución de clorofila a y su efecto sobre el reclutamiento de anchoveta en el litoral de la I y II regiones, durante enero de 1999. En: Informe final del proyecto "Estimación del reclutamiento de anchoveta de la zona norte (I y II regiones)". Fondo de Investigación Pesquera.
- Orellana, M.C. y F.Balbontín.1983.Estudio comparativo de las larvas de clupeiformes de la costa de Chile. Rev.Biol.Mar., Valparaíso, 19(1):1-46.
- Parson, T. R., Y. Maita y C. M Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergoamon Press, 173pp.
- Pérez, R. 1978. Identificación de huevos y larvas planctónicas de peces de la bahía de Valparaíso, Informe de Práctica Profesional para optar al título de Técnico Marino. Universidad Católica de Chile. Sede regional Talcahuano, 238 pp.
- Robertson, A. 1970. An improved apparatus for determining, plankton volume. Fish. Bull. S. Africa (6): 23 36.
- Robles, F. E. Alarcón y A. Ulloa. 1974. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969,1971-1973). Reunión de trabajo sobre el fenómeno de El Niño. Guayaquil Ecuador, diciembre 1974. Santiago de Chile IFOP. 144p.



- Rojas, O. Y A. Mujica. 1981. Delimitación de las áreas de desove, prereclutamiento y estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces pelágicos de importancia económica. Santiago, Chile, IFOP:82p.
- Rojas, O., A. Mujica, M. Labra, G. Ledermann y H. Miles.1983. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. AP83/31. Santiago, Chile, IFOP-80p.
- Santander, H. y O. S. de Castillo. 1971. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de "jurel" *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Inf.Inst.Man. Perú-Callao (36): 1-22.
- Santander, H. Y O.S. de Castillo. 1972. Distribución de huevos y larvas de "caballa" Scomber japonicus peruanus (Jordan y Hubbs) en la costa peruana. Serie Informes Especiales N°IM-103. Inst. Del Mar. Callao, Perú: 6p.
- Santander, H., J. Alheit y P. E. Smith. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de Anchoveta Peruana *Engraulis ringens* 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos". mimeo.
- Silva, N. y D. Konow H. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4, julio-agosto 1974. Rev. Com. Per. Pacífico sur, (3):63-75.
- Silva, N. y H. Sievers. 1981. Masas de agua y circulación en la región de la rama costera de la Corriente de Humboldt. Latitudes 18°S-33°S (Operación Oceanográfica Marchile X-ERFEN I). Cienc. y Tec. del Mar. CONA (5):5-50.



- Simpson ,J.J. And T.D. Dickey. 1981. The relationship beetween donward irradiance and upper ocean structure. J. Phys. Oceanogr 11. 309
- Smith, R.1968. Upwelling. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 6: 11-46. Harold Barnes, Ed.
- Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Doc. Téc. Pesca (175): 107 p.
- UNESCO, 1968. Zooplankton sampling. Monographs on oceanographic methodology 2. Geneve.174 p.
- UNESCO. 1981 a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. Unesco Tech. Papers in Mar., Sci. N°36.
- UNESCO. 1981 b. Background papers and supporting data on the Prac-tical Salinity Scale 1978. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°37.
- UNESCO. 1981 c. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- UNESCO.1983. Algorithms for computations of fundamental properties of seawater, Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°44.
- Yashnov, U. A. 1959. A new model of volume meter for rapid and precise plankton evaluation under field conditions. Zoologicheskü, Zhurnal (Moscow), 38:1741-4.



# TABLAS

Tabla N" 1 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 9905.

NUBES IP. CAN.	00000000000000000000000000000000000000	ବର ପର୍ବ
-		9999
VIENTO	00000000000000000000000000000000000000	+ +
OLAS VIE ALT. DIR. DIR.	\$44445444 488447441 COUTTATE 000000122222000	38
OLAS LT. DIR	R RRRRRRRRR RRRRRRRR RRRRRRRR RR	22222
ALT.	иддинде е нении вендиние ни и инти и	4 6
SECCHI	23 25 727 25 44 2727 27 27 27 27 27 27 27 27 27 27 27 2	4074
RE	014404444046666888888888888888888888888489488888888	17.5 17.0 17.0 14.5 16.0
TEMP.AIRE SECA HÚMEDA	100 100 100 100 100 100 100 100 100 100	19.0
100		A 00000A 0000
PRESIÓN ATMOSF.		0.8.8.9.7.
SALINI. Om	34,480 34,770 34,770 34,770 34,770 34,880	34,744 34,726 34,744 34,763 34,763 34,650
TEMP(*C) 0m	15,550 17,850 17,850 17,860 17,450 18,460 17,750 17,750 18,820 18,820 17,750 18,820 18,830 18	16,520 17,950 16,060 15,170
ANG.	日で20日日は27日4日1日の27日1日日日11日11日日日11日日日11日日日11日日日11日日日1	542054
-	5     5 <td>£ 55 55 88</td>	£ 55 55 88
VIRADO CA	30.0258888288828688286888888888888888888888	38 - 48 33 8 49
MIN		00
CALADO MIN SEG	□ ではいます。	52 47 47 50 50
MIN		0
FLUJÓMETRO COD. N°FIN.	412 412 685 705 705 705 705 705 705 705 70	380 887 720 395 480 680
FLW6	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	A07 A07 A07 A07
PROF. ECOS.	74 1113 1113 1113 1113 1113 1113 1113 11	65 65 67 88
	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	
RED MA		*****
RED CÓDIGO MALLA	888888888888888888888888888888888888888	888888
LONG	43.50	22,04,55,0
GR GR	222211221112222222222222222222222222222	22222
2	22.22.22.22.22.22.22.22.22.22.22.22.22.	0.0335.00
GR MI	222222222222222222222222222222222222222	
HORA LA	\$4000000000000000000000000000000000000	5 to to to to
윤표		20 # T = 0 0
FECHA NM DD	\$\tag{3}\$\tag{3}\$\tag{8}\$	
AA MM	22222222222222222222222222222222222222	
٦	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
EST.		57 58 MIOS-48/CA MOOS-HOLOUGE MOOS-ME-ALLONES

Tabla N° 2 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 9909.

NUBES IP. CAN.	00//00000000/0000000000000000000000000	9 00
IN TIP.		œ
1.0	500000000000000000000000000000000000000	8
VIENTO	88 0 0 8 0 0 0 0 0 0 0 4 4 4 5 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	32
S OIR.	322222222222222222222222222222222222222	33
OLAS VIE ALT. DIR. DIR.		
SECCHI	25 664000 2C5 640 654 5640 64	SI .
4		
AIRE	44 4 6 4 4 4 4 4 4 4 4 6 6 7 7 7 7 7 7 7	14.0
TEMP.AIRE SECA HÚMEDA	# O w w O O O w w w w w v v v O O O w O w	200
	8 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	15,5
PRESIÓN ATMOSF.	22 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	15
72.5		. 60
SALINI, 0m	34,788 34,867 34	34,808
=		
TEMP(°C)	(6,040) (6,040	5,310
		*
ANG.	@ r 0 5 5 0 5 5 5 5 5 7 5 7 7 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	13
CABLE ARR. ÁN	8 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	75
EG A	7 - 1 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2	47
VIRADO MIN SEG		-
N/ WILDOW	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	23
CALADO MIN SEG	0	-
122 44		
METRO N°FIN.	350 350 350 350 350 350 350 350	250
FLUJÓMETRO COD. N°FIN.	4 4 6 8 4 4 4 6 8 4 4 4 6 8 4 6 8 6 8	406
	5.5 4.420 4.400 4.400 4.400 4.400 4.400 4.400 4.000 4.	
PROF.	1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	
MALLA	\$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	297
GO M		
RED CÓDIGO MAL	888888888888888888888888888888888888	8
_	225 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	2,0
0 1	000011124111111111111111111111111111111	
N GR		
HORA LAT	■	080
N GR	828 828 828 828 828 828 828 828 828 828	0.55
HORA HH MIN	84 + 52 83 85 85 12 - 1 - 1 8 9 8 8 8 8 1 - 2 1 8 9 8 8 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8	
	722222222222222222222222222222222222222	
A P		
FECHA AA MM DD	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	
₹		
	5 7	M308-MEJILLONES
N° EST	MINOCARICA A 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	MEJILL
250	N SACR	M308-I
		2

Tabla N° 3 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 9912.

NUBES IP. CAN.	0 8 8 4 4 4 4 8 8 4 4 4 0 0 0 0 0 0 0 0	00
TP. C	0 9 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	00
OLAS VIENTO ALT. DIR. DIR. VEL.	583333333333333333333333333333333333333	00
VIE DIR.	2004202245666000000000000000000000000000	90
OLAS LT. DIR.	200022222222222222222222222222222222222	00
OL ALT.	000-488-4-00000000884888888888888	0 0
SECCHI	4 0 1 1 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
EDA	221.0 221.0	ວັຕັ
TEMP.AIRE SECA HÚMEDA		2 (2
TEN	4 5 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	19,5
		0.10
PRESIÓN ATMOSF.	200 200 200 200 200 200 200 200 200 200	18,
SALINI. F	34,665 34,665 34,665 34,665 34,665 34,834 34,834 34,834 34,651 34,651 34,651 34,651 34,651 34,651 34,74 34,7	726
SAL	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	34,4
IP(°C)	17.51 17.78 18.38 19.38 19.38 19.52 19.62 17.57 17.39 17.59	18,220
TEMP(°C)		18,
BLE ANG.	E B B B C L L L L L L L L L L L L L L L L	12 0
CABLE ARR. ÁN	\$ 8 8 9 9 9 9 9 8 8 9 9 8 9 9 9 9 9 9 9	22
SO EG AI	2.22 2.22 2.22 2.22 2.23 2.24 2.25 2.25 2.25 2.25 2.25 2.25 2.25	24
VIRADO MIN SEG		
EG D	12 1 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1	47
CALADO MIN SEG		
METRO N°FIN.	542 7789 8987 7789 7720 8648 8648 8648 8648 8648 8648 8648 864	475
N 5		4
	A007 A007 A007 A007 A007 A007 A007 A007	A07
PROF.	1150 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000	8 8
		20
RED 30 MA	284 7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	% W
RED CÓDIGO MALLA	888888888888888888888888888888888888888	38
-	808004800884888448884488800888088844	۰.
LONG	25.6 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	1 42
9	299999999999999999999999999999999999999	
HORA LAT	▌	0,0
A N G F	2 2 3 3 3 3 3 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	213.31
HORA HH MIN		20.4
A 00	00000004444400000000000000000000000000	- 6
FECHA AA MM DD	222222222222222222222222222222222222222	10.55
\$	8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	
RST	MITZARICA MATZARICA MATZAR	M312-MEJILLONES

Tabla N° 4 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO - 0002.

100	_																																									
IBES	TIP. CAN.	0	0	2	N =	- (1)	4	***	2	3	S.	4 (	0.0	(1)	4	4 (	0 -	2	2	*-	- 0	0 0	00	7	~ 1	4	- 21	0	0 0	4 ***	S	n c	1 (1	2	(n)	0 0	,	-	-	** *	- 0	12
ž	TIP.		0	9	D U	000	9	9	9	9	9	9 1	0 0	2	2	01	9 0	9	7	1	0	0 0	0	9	9	90	9	9	9 9	0	**	w w	9	0	9 0	0 0	·	-	<b>.</b>	- +	- 1	. 9
OTA	VEL	5	n	ලා (	0.0	200	1 (1)	୯	n	m	4	4 .	4 67	6	6	0.	4.0	-	0	n	00	9 6	200	4	CI :	00 00	-	-	04.0	4 69	m	च ४	· 0	en	4 1	4.4	্ব	ব	2	0,0	4 6	4
VIENTO	OIR.	9	16	9 1	14	1 10	5	5	14	16	16	17	19	16	16	10	0 1	14	16	16	9 :	- 6	20 2	17	16	= 9	18	00	10 4	4	15	5 5	14	14	- :	2 4	17	17	17	- 1	- 8	5 6
v)	DIR.	23	17	20	2 4	j f	5 50	16	17	17	16	16	9 9	16	16	16	5 5	5	16	16	9 4	U 4	9 9	16	17	14	16	16	9 9	9	15	4 4	5 5	15	5	0 4	9 9	16	16	9 9	ο α	20 2
OLAS	ALT. DIR. DIR.	0					0	-	2	3	6	e c	2 60	(1)	3	2 0	2 -		-	-	- 0	N 6	2 5	KO.	4	- 0	4	-		- m	т	m c	10	2	en e	n (	2 01	2	0		- 0	0
_																																										
SECCHI		S	S	1									-	12	12	00						47	24							9	27	24			28	7 5	2				્ય	5
57																																										
ш	EDA	1,0	20,7	0,5	0 0	000	0.0	5	5,0	9,0	5,5	0.0	22,5	5	4,51	0 1	0 0	0 0	7.5	7.5	10 0	0 4	3.0	1.2	0 1	0.5	8.0	18,0	0.0	0.0	2,0	+ + + 5	5 5	2.0	5.3	2 0	200	0'6	8,5	0,0	0 0	19,5
TEMP AIRE	SECA HÚMEDA	2	2	2	7 -	- 6	2 2	7	2	2	2	00	2 2	2	2	2	40	1	-	-	-	- 0	1 2	2	21	00	4	-	en e	- 2	2	CV C	10	2	CV C	N C	1 :01	-	-	***	- 0	-
TEN	ECA	22,5	22,6	2 2	0,00	50.5	21.2	23.5	28,0	33,0	24,5	22,0	22,5	27.5	27,5	27,0	0, 10	19.0	18,0	18,0	0'8	18,0	25,0	22,8	22,2	21,5	19.0	19,0	19,0	21,5	24,0	23,6	23,5	23,5	23,8	0,12	22.5	20,5	20,0	20,0	0,02	21,0
2	900										5.9		4.49		. 4	A1913	e 10	* 185																								
PRESIÓN	ATMOSF.	17,2	17,5	16,5	10,0	19.0	18.7	20.2	19,6	17,8	18,5	20,0	20,1	20,0	19,2	18,4	17.1	18.0	18,2	18,0	18,0	18,2	17.0	17,0	18,5	16,9	19.0	19,0	19,0	19,2	18,2	17.0	18,2	17,0	18,1	0,4	16.5	17,3	17,3	17,0	7.7	16,5
	20000																					-		10	_			pa.	m -			-			m ·	V -	y ~~	m	W.	m :		
SALINI	0 0	4,699	34,790	14,537	14,62L	4 519	5,013	5.059	35, 102	5,159	35,166	5,181	34,803	4,579	14,558	34,554	34,674	14,854	34,857	34.748	34,715	34,610	35,113	34,945	34,720	34,750	34,880	34,773	34,739	34,840	35,460	35,411	34,948	35,410	35,416	35,142	34,738	34,743	34,735	34,446	24,010	34,770
	.																																									
TEMP(°C)	m <sub>0</sub>	3,140	17,610	7,440	20,150	9 600	22,570	2,500	3,700	3,960	3,960	23,410	18 930	19,600	18,650	17,250	19,460	17,440	14,360	16,180	17,850	19,260 21 860	3,340	22,270	21,250	18 190	15,880	17,490	20,000	22,140	25,300	25,150	23,970	25,540	5,690	24,890	21,770	20,370	19,470	20,280	17 040	19,340
TEM		411	-	- (	7 7	4 4	. 72	1 2	N	7	N	N i	7 5	-	7	-		7	-	-		- 0	1 67	73	2	7 -	71	-	5 6	1 21	73	00	1 (1	2	N	N C	4 (4	N	-	N C	7 +	-
ш	ÁNG.	6	2	19	B 6	4 4	6	2	12	13	38	2 5	0 00	25	20	23	24	-	4	24	φ;	4 0	4 6	4	÷ .	4 4	2	₹ .	17	4 4	17	24	2 2	17	00 ;	200	7	40	22	5 0	1 0	: 60
CABLE		90	8	8	8 8	3 8	8 8		8	8	00	8 8	001	8	00	8	3 5	9	0,	80	8 8	2 8	88	100	8	000	73	8	8 8	8 8	00	8 8	88	00	8 8	8 8	3 8	00	58	2	2 8	2 2
	A								-	=	Ŧ	= ,		-	-								- +-												-							
VIRADO	MIN SEG	29	36	40	9 0	40	3 5	33	33	28	6	4	38 6	4	37	42	2 5	42	17	27	58	5 6	4	5	4	26	3 0	4	45	34	34	49	5 8	54	38	4 6	27.5	8	2	2	y w	24
		0	*-	-	- +	*	- 4-	-	*	-	2	2	- +	-	4-	+	- +	- 4-	*	-	- (	N +	- 0	**	-		**	-	- +		-	** *		***	,- ,			*	-	0 0	0 0	) —
ADO	MIN SEG	40	44	40	53	59	42	2	43	20	13	6	20 00	54	4	9	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	57	20	38	54	23	22 6	49	37	20	22	27	20	3 00	29	49	45	53	64	0 5	30	45	28	22	- 0	7
CAI	N N	0	-	-			,	2	-	-	N	00	N C	-	N	N			-	-	- (	7 =		2	2	4 2		-		- 0	-	- 0	4 4-	-	<del>(</del>	- •	- 0	*	0	0 1	- +	-
Ca	N°FIN.	8/	604	31	0 8	20 2		663	52	680	40	8 8	602	8	32	25	4 8	2 89	78	87	200	0 4	28	38	050	690	48	683	46	601	740	38	710	62	38	10	612	1002	20	142	74	718
ŹME		7	Ø	9	Ø 4	5 6	9	Φ	9	Ø	12	-	0	0	7	91	- W	9 40	A	Ω	00 1	0	2	¥	¥ .	0 0	2 4	8	7	9 0	7	7	1	9	- 1	- 1	- 9	=	Ω.	-	4.0	7
FILIÓMETRO	COD.	A07	A07	A07	A07	AO7	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	807	A07	A07	807	A07	A07	A07	A07	A07	A07	A07	100	A07
	ECOS.	33	45	20	9 6	3 8	000	000	00	200	000	000	1500	80	90	16	17	8 8	78	94	70	808	200	200	300	4500	80	82	650	000	9009	2000	300	900	000	000	969	112	65	20	2 0	78
ad	A EC																														1000			erro.	350							
	IALLA	297	297	297	297	787	297	297	297	297	297	297	787	297	297	297	167	297	297	297	297	297	287	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	287	297	297	297	297	187	297
RED	000																																									
	CÓDIGO MAL	03	03	8	03	3 8	38	03	33	03	03	8	3 63	88	83	83	8 8	88	03	83	8	8 8	38	83	63	8 8	3 8	03	63	38	03	88	38	03	03	8 8	03 6	63	93	03	3 8	33
١.,	685	0	30,2	35,6	46,4	80.0	12.8	10.0	2.0	0	0	30,6	36.5	1	20,4	16,4	16,0	10.0	11.7	15,2	20,6	31,4	24.9	56,0	29,5	3,0	11.7	15,8	21,0	52,3	24,2	56,2	2 10	LC.	s c	33,0	40.0	30,2	25,1	21,5	200	0 m
SNO	M	25	30	35	46	o, 5	12	2	7	6,0	60	8 1	8 %	25.7	20																											22,
-	Ö	70	70										2 2		70		70						2 2					2					72				70					2 2
TAI	ž į	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40.0	19,8	0.0	40,0	20,0	20,0	20.0	20.02	20,0	20,0	0,0	20.0	0'0	0'0	0'0	0,0	000	0,7	48,8	35,0	40.0	40'0	40,0	40.0	40.0	40,0	25	44,0	25,0	25,0	25.0	25,0	24,5	25,0	23,0	1,0
	GR.										22	52	3 8	22												8 8		49														
AGOL	HH MIN GR MIN		1 39		-	4 6						51	4 +	- 60			-	3 6			5 52		15 12			6 27	7	55	5 5	5 9		15 15	2 35	10.79		7.7	75 40					12 7
l			25 11			12 a	- 9		28 13			1 1	7 7			****	28 18		28 3				28 1		29 1		- 2	-			-	- 1	- 2	2	2	2 4	2 6	3 5	60			22
AUCHA	Ω Σ		2			40				N	CA.	2	0 0	10	2	2	0.0		18			NO	, r	N	N	N C	V 63	0	en e	າຕ	6	e (	2 62	n	0	m (	20 00	, e	е			N 01
1	AA MM DD	0	0	0	0 0	٥ د	0 0		0	0	0	0	00	0	0	0	0 0		0			0 0	0 0	0	0	0 0	0 0	0	0 0	0 0	0	0 0	0 0	0	0	0 0	0 0	0	0	0	0 0	00
																																										S
	_												95 1							900			218	42					22		4-			-	1020			211			RICA	LLON
å	EST	-	2	3	4 1	0 4	0 1	- 00	0	10	-	12	13	5	18	17	00 0	20 0	21	22	23	24	28	27	28	29	3 6	32	8 8	35	38	37	30 %	40	41	42	43	45	46	4	M102-ARICA	M302-MEJILLONES
																																								3	-	M30,
_																																										

Tabla Nº 5 Categorías por densidad

Calificación de Densidad (t/mn²)	Muy baja	Baja	Densa	Muy densa	
Intervalo	1 - 75	76 - 150	151 - 300	301 - >	
Categoría	_	=	≡	2	

Tabla N° 6

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE HUEVOS DE PECES CRUCEROS TRIMESTRALES MOBIO 1999/2000.

ESPECIE	CRUCERO	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
Sardinops sagax	OTOÑO	es	146	က	49	6,2	1,1
	INVIERNO	-	370	7	370	2,0	0,4
	PRIMAVERA	2	4285	102	2143	4,8	80,0
	VERANO	2	133	8	29	4,3	0,1
	TOTAL	60	4934	26	617	4,1	1,3
Engraulls ringens	OTOÑO	ю	3207	99	641	9,8	24,6
	INVIERNO	F	78712	1574	7156	22,0	79,1
	PRIMAVERA	13	46599	1110	3585	31,0	63,4
	VERANO	17	165128	3513	9713	36,2	81,2
	TOTAL	46	293648	1491	6384	23,4	76,4
Trachurus murphyl	OTOÑO	0	0	0	0	0'0	0'0
	INVIERNO	9	714	14	119	12,0	7'0
	PRIMAVERA	-	331	00	331	2,4	9'0
	VERANO	7	1055	22	151	14,9	9'0
	TOTAL	14	2100	#	150	7,1	9'0
Scomber Japonicus	OTOÑO	-	2	-	29	1,7	9,0
	INVIERNO	2	96	2	48	4,0	0,1
	PRIMAVERA	2	80	2	40	4,8	0,1
	VERANO	60	1053	22	132	17,0	9'0
	TOTAL	13	1283	7	66	9'9	6,0
Otras especies	OTOÑO	35	9617	166	275	60,3	73,8
	INVIERNO	31	19584	392	632	62,0	19,7
	PRIMAVERA	32	22252	530	695	76,2	30,3
	VERANO	39	36028	767	924	83,0	17,71
	TOTAL	137	87481	444	639	69,5	22,5
Total Huevos	отойо	38	13024	225	343	65,5	100,0
	INVIERNO	37	99477	1990	2689	74,0	100,0
	PRIMAVERA	37	73647	1751	1988	88,1	100,0
	VERANO	43	203397	4328	4730	91,5	100,0
	TOTAL	207	877000	2007	6740		

Tabla N° 7

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE LARVAS DE PECES CRUCEROS TRIMESTRALES MOBIO 1999/2000.

NCI DOMINANCIA VCIA NUMERICA	%	1,4	3,2	3,2	8,7	4,7	55,9	73,7	6'02	57,4	64,8	0'0	0,2	0,2	0,1	0,1	0'0	0'0			0'0	42,8				30,5					0,001 0,0
CONSTANCE  A  FRECUENCE	%	10,3	10,0	7,1	4,3	8,1	53,4	68,0	66,7	61,7	61,9	0'0	0'9	9,5	4,3	4,6	0'0	0'0	0'0	6,4	1,5	94,8	0'06	90'2	6'26	93,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
DENSIDAD CONSTANCI PROMEDIO A ESTACIONES FRECUENCIA	POSITIVAS	118	435	917	4379	889	915	1467	2180	1984	1613	0	41	36	63	4	0	0	0	20	20	395	345	582	732	909	876	1354	2049	2133	1547
DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES	TOTALES	12	43	99	186	73	489	866	1453	1224	888	0	2	က	က	2	0	0	0	က	-	375	311	526	717	472	876	1354	2049	2133	1547
NUMERO	LARVAS	706	2174	2752	87.58	14390	28380	49886	61046	57533	196845	0	124	145	126	395	0	0	0	151	151	21728	15529	22111	33676	93044	50814	67713	86055	100243	304825
NUMERO	POSITIVAS	9	S	က	7	16	31	34	28	29	122	0	က	4	2	6	0	0	0	8	ю	55	45	38	46	184	28	20	42	47	197
	CRUCERO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL
	ESPECIE	Sardinops sagax					Fnoraulis ringens	200				Trachurus murphyi					Scomber japoniciis					Ofras especies					Total Larvas				

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de Engraulis ringens, Cruceros Trimestrales MOBIO 1999/2000. Tabla N° 8

HUEVOS

			Número de		Densidad pro	Densidad promedio por estaciones		
CRUCERO	Estación	Código	estaciones	Número de			Constancia o	Dominancia
			positivas	huevos	Totales	Positivas	Frecuencia %	numérica %
MOBIO 9905	OTOÑO	422(2)99CP	ю	3207	99	641	8.6	24 G
MORIO 9909	INVIERNO	42E/2199CB	77	70740	4574	24		2 1
	Charles	1000000	-	71 /0/	4/0	901/	22,0	79.1
<b>MOBIO 9912</b>	PRIMAVERA	427(4)99CP	13	46599	1110	3585	31.0	63.4
MOBIO 0002	VERANO	430(1)00CP	17	165128	3513	9713	36.2	0 7 2
						2	4100	7,10
TOTAL			4R	201646	1401	2304	100	7 48
			2	40004	104-1	4000	4.62	75,4

Dominancia numérica %	55,9 73,7 70,9 57,4	64,6
Constancia o Frecuencia %	53,4 68,0 68,7 61,7	61,9
promedlo por estaciones Positivas	915 1467 2180 1984	1613
Densidad pro Totales	489 998 1453 1224	888
Número de Iarvas	28380 49886 61046 57533	196845
Número de estaciones positivas	34 34 28 29	122
Código	422(2)99CP 426(3)99CP 427(4)99CP 430(1)00CP	
Estación	OTOÑO INVIERNO PRIMAVERA VERANO	
CRUCERO	MOBIO 9905 MOBIO 9909 MOBIO 9912 MOBIO 0002	TOTAL

LARVAS

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de Sardinops sagax, Cruceros Trimestrales MOBIO 1999/2000. Tabla N° 9 HUEVOS

			Número de		Densidad pro	Densidad promedio por estaciones			
CRUCERO	Estación	Código	estaciones	Número de			Constancia o	Dominancia	
			positivas	huevos	Totales	Positivas	Frecuencia %	numérica %	
MOBIO 9905	OTOÑO	422(2)99CP	က	146	က	49	5,2	1,1	
MOBIO 9909	INVIERNO	425(3)99CP	-	370	7	370	2,0	0,4	
<b>MOBIO 9912</b>	PRIMAVERA	427(4)99CP	2	4285	102	2143	8,4	5,8	
MOBIO 0002	VERANO	430(1)00CP	2	133	က	29	4,3	0,1	
TOTAL			o	1034	25	817	4.1	13	
10181			0	4004	24	710	4,1	2,1	

LARVAS

			Número de		Densidad pro	ensidad promedio por estaciones			_
CRUCERO	Estación	Código	estaciones	Número de			Constancia o	Dominancia	
			positivas	larvas	Totales	Positivas	Frecuencia %	numérica %	
				59					
<b>JBIO 9905</b>	OTOÑO	422(2)99CP	9	206	12	118	10,3	1,4	
<b>6066 OIBC</b>	INVIERNO	425(3)99CP	9	2174	43	435	10,0	3,2	
<b>MOBIO 9912</b>	PRIMAVERA	427(4)99CP	6	2752	99	917	7,1	3,2	
<b>JBIO 0002</b>	VERANO	430(1)00CP	2	8758	186	4379	4,3	8,7	
TOTAL			16	14390	73	668	8.1	4.7	
100			2					.6.	

Tabla Nº 10 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de Trachurus symmetricus murphyl, Cruceros Trimestrales MOBIO 1999/2000.

HUEVOS

				Deliginad Pio	Densidad promedio por estaciones		
	Coalgo	estaciones positivas	Número de huevos	Totales	Positivas	Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
		0	0	0	0	0.0	0.0
		9	714	14	119	12.0	0.7
MOBIO 9912 PRIMAVERA		-	331	00	331	2.4	0.5
	430(1)00CP	7	1055	22	151	14,9	0,5
TOTAL		14	2100	11	150	7,1	9,0

LARVAS

			Número de		Densidad pro	Densidad promedio por estaciones			Γ
CRUCERO	Estación	Código	estaciones	Número de			Constancia o	Dominancia	
			positivas	larvas	Totales	Positivas	Frecuencia %	numérica %	
									1
MOBIO 9905	OTOÑO	422(2)99CP	0	0	0	0	0.0	0.0	
MOBIO 9909	INVIERNO	425(3)99CP	60	124	2	41	0.9	0.0	
<b>MOBIO 9912</b>	PRIMAVERA	427(4)99CP	4	145	m	9	100	2,0	
MOBIO 0002	VERANO	430(1)00CP	7	126	က	63	8,3	1,0	
TOTAL			6	395	2	44	4,6	0.1	

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de Scomber japonicus, Cruceros Trimestrales MOBIO 1999/2000. Tabla N° 11 HUEVOS

			Número de		Densidad pro	Densidad promedio por estaciones		
CRUCERO	Estación	Código	estaciones	Número de			Constancia o	Dominancia
			positivas	huevos	Totales	Positivas	Frecuencia %	numérica %
MOBIO 9905	OTOÑO	422(2)99CP	-	25	-	54	1,7	0,4
MOBIO 9909	INVIERNO	425(3)99CP	2	96	2	48	4,0	0,1
<b>MOBIO 9912</b>	PRIMAVERA	427(4)99CP	2	80	2	40	8,4	0,1
MOBIO 0002	VERANO	430(1)00CP	00	1053	22	132	17,0	0,6
TOTAL			13	1283	7	66	9'9	0,3

LARVAS

			Número de		Densidad pror	Densidad promedio por estaciones		
CRUCERO	Estación	Código	estaciones	Número de			Constancia o	Dominancia
			positivas	larvas	Totales	Positivas	Frecuencia %	numérica %
MOBIO 9905	OTOÑO	422(2)99CP	0	0	0	0	0,0	0,0
MOBIO 9909	INVIERNO	425(3)99CP	0	0	0	0	0,0	0,0
<b>MOBIO 9912</b>	PRIMAVERA	427(4)99CP	0	0	0	0	0,0	0,0
MOBIO 0002	VERANO	430(1)00CP	က	151	e	20	6,4	0,2
TOTAL			8	161	-	90	1,5	0,0

Tabla 12 Indice de abundancia larval Sardina Invierno 1983-1999

Año	Indice Larval	Varianza de	Varianza logaritmo	Límite Inferior	Límite Superior (LS)	
	(L)	(L)	(L)	(LI)		
83	1,74E+12	3,92E+23	0,1218	5,13E+11	2,97E+12	
84	6,08E+11	2,77E+11	0,0000	2,81E+11	9,34E+11	
85	2,43E+11	7,71E+21	0,1227	7,05E+10	4,15E+11	
86	8,40E+11	5,56E+22	0,0758	3,77E+11	1,30E+12	
87	6,38E+11	1,41E+23	0,2974	-9,76E+10	1,37E+12	
88	5,22E+11	2,19E+22	0,0773	2,32E+11	8,12E+11	
89	3,03E+11	9,61E+21	0,0996	1,11E+11	4,95E+11	
90	2,34E+11	5,46E+21	0,0951	8,97E+10	3,79E+11	
91	4,60E+10	8,73E+20	0,3454	-1,17E+10	1,04E+11	
92	1,70E+11	1,34E+21	0,0453	9,82E+10	2,41E+11	
93	1,07E+11	2,08E+21	0,1669	1,76E+10	1,96E+11	
94	1,24E+11	2,08E+21	0,1269	3,43E+10	2,13E+11	
95	4,90E+10	1,96E+20	0,0785	2,15E+10	7,64E+10	
96	2,00E+10	1,93E+20	0,3937	-7,29E+09	4,72E+10	
97	3,30E+10	5,83E+20	0,4288	-1,40E+10	8,06E+10	
98	2,90E+10	4,17E+20	0,4027	-1,09E+10	6,91E+10	
99	1,58E+11	1,47E+22	0,4630	-7,91E+10	3,96E+11	

Tabla 13 Indice de abundancia larval Anchoveta Invierno 1984-1999

Año	Indice Larval	Varianza de	Varianza logaritmo	Límite Inferior	Límite Superior (LS)	
	(L)	(L)	(L)	(LI)		
84	1,61E+11	2,15E+21	0,0797	7,00E+10	2,52E+11	
85	2,16E+13	6,29E+25	0,1265	6,05E+12	3,72E+13	
86	6,40E+12	1,36E+24	0,0326	4,11E+12	8,68E+12	
87	1,68E+12	2,11E+23	0,0721	7,80E+11	2,58E+12	
88	4,19E+12	5,96E+23	0,0334	2,77E+12	5,61E+12	
89	8,86E+12	8,33E+24	0,1009	3,54E+12	1,42E+13	
90	3,15E+12	1,21E+24	0,1145	1,00E+12	5,30E+12	
91	8,16E+11	3,67E+22	0,0537	4,40E+11	1,19E+12	
92	3,29E+12	3,19E+23	0,0291	2,18E+12	4,40E+12	
93	8,08E+12	7,04E+23	0,0107	6,44E+12	9,73E+12	
94	1,84E+13	1,07E+25	0,0311	1,20E+13	2,48E+13	
95	5,09E+12	8,32E+23	0,0316	3,31E+12	6,88E+12	
96	5,42E+12	7,03E+24	0,2147	2,21E+11	1,06E+13	
97	6,84E+12	4,37E+24	0,0893	2,74E+12	1,09E+13	
98	1,20E+12	4,47E+23	0,2704	-1,11E+11	2,51E+12	
99	3,62E+12	2,40E+24	0,1682	5,84E+11	6,65E+12	

Tabla 14 .Indices de Cobertura (%) por especie, cruceros e histórico.

CRUCERO	Sardina	Anchoveta	Jurel	Caballa	Bacaladillo	Pez linterna
MONOR 9609	2,3	13,3	4,4			
MONOR 9612	0,6	13,7	6,4	0,4		
MONOR 9703		13,7	12,1	4,6		
MONOR 9705	1,6	11,0	2,5	1,3		
MONOR 9708	6,9	18,1	19,7	3,8		
MONOR 9712		8,4	6,9	0,3		
MOBIO 9803	0,4	24,2	13,0	10,7		
MOBIO 9805 F I	0,5	47,3	1,6	1,2		
MOBIO 9805 F II	0,2	15,9	25,3	4,4		
MOBIO 9808		7,5	1,2	0,2		
MOBIO 9812		30,8			5,7	33,8

Tabla 15. Indices de Densidad (t/mn²) por especie, cruceros e histórico

CRUCERO	Sardina	Anchoveta	Jurel	Caballa	Bacaladillo	Pez lintema
MONOR 9609	150,1	105,7	15,6			
<b>MONOR 9612</b>	88,0	146,1	12,6	14,6		
<b>MONOR 9703</b>		110,4	26,1	14,8		
<b>MONOR 9705</b>	121,0	175,2	52,1	38,4		
<b>MONOR 9708</b>	63,4	82,6	22,3	12,5		
<b>MONOR 9712</b>		168,1	110,7	85,4		
MOBIO 9803	11,4	46,8	8,9	23,1		
MOBIO9805 F I	28,2	191,2	9,1	24,9		
MOBIO9805 F II	16,5	128,0	17,3	11,4		
MOBIO 9808		54,2	18,7	0,4		
MOBIO 9812		106,3			166,8	115,5

Tabla N° 16 Blomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero 1998/2000.

MOBIO-0002	47	89	1933	374	369,0	96'0
MOBIO-9912	14	83	6622	621	1052,2	1,69
MOBIO-9909	90	54	701	264	132	0,52
MOBIO-9905	28	4	1495	203	201,1	66'0
MOBIO-9902	49	2	1268	270	223,6	0,83
MOBIO-9812	47	26	989	202	133,9	99'0
MOBIO-9808	35	47	2662	300	457,5	1,63
MOBIO-9805F2	41	32	1692	242	326,36	1,35
MOBIO-9805F1	49	4	336	101	71,04	0,70
MOBIO-9803	32	98	456	176	86,11	0,48
	z	Minimo	Máximo	Promedio	ps	CV(%)



## FIGURAS

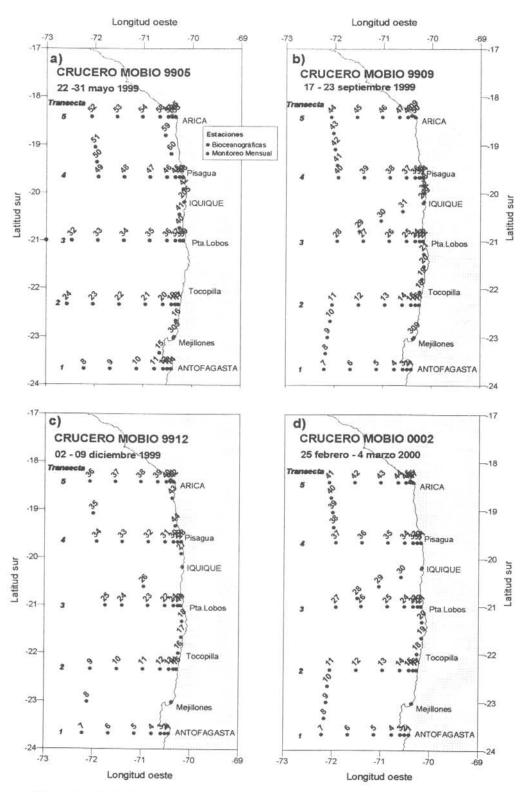


Figura 1 .- Posición geográfica de las estaciones bioceanográficas. Cruceros trimestrales 1999-2000.

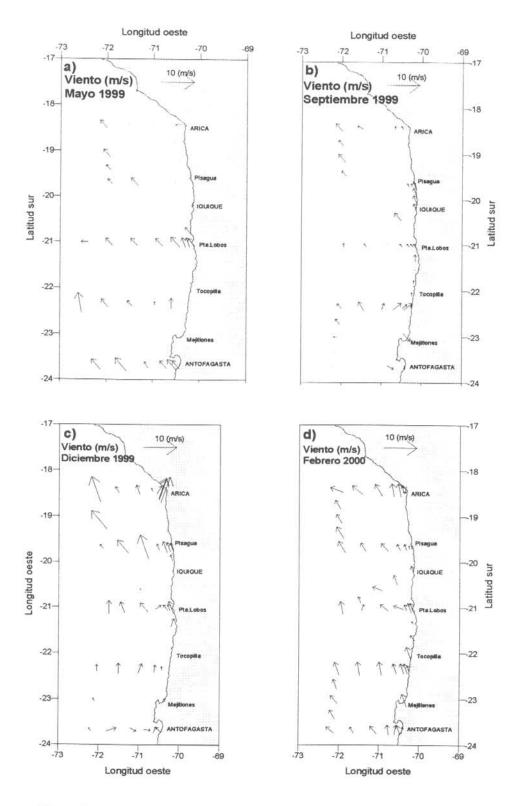


Figura 2 .- Dirección e intensidad del viento (m/s) medido en las estaciones bio-oceanográficas. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

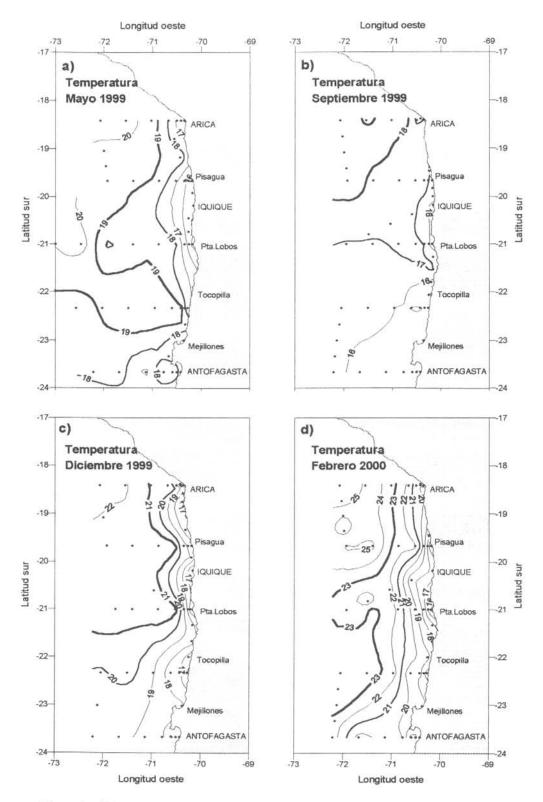


Figura 3 .- Temperatura (°C) superficial del mar. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

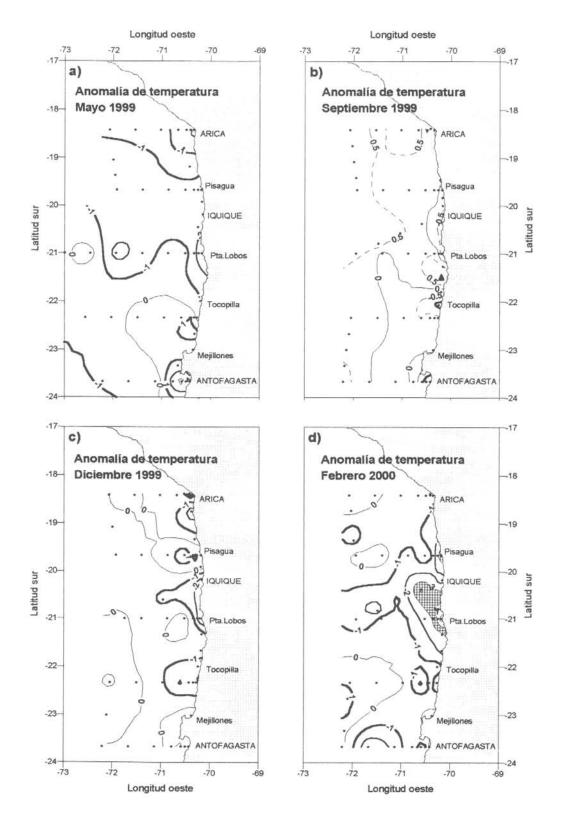


Figura 4 .- Anomalía de temperatura superficial del mar (°C). Cruceros Trimestrales 1999 -2000

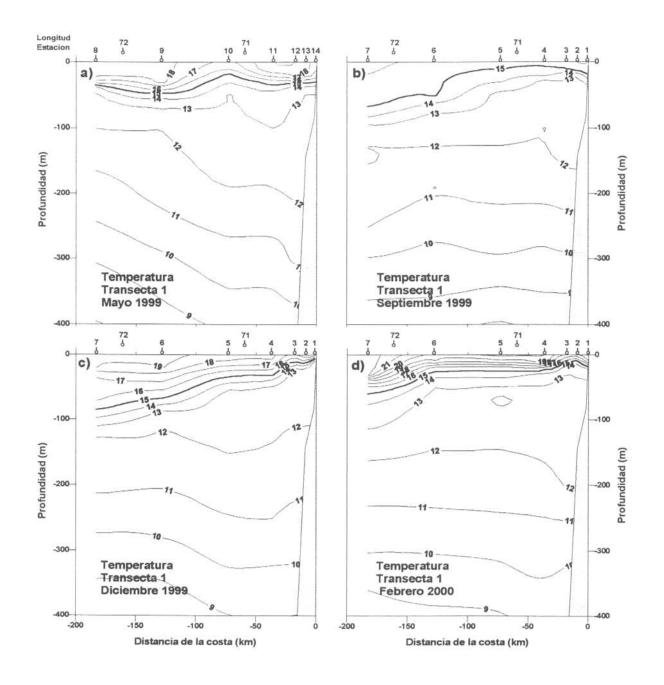


Figura 5 .- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

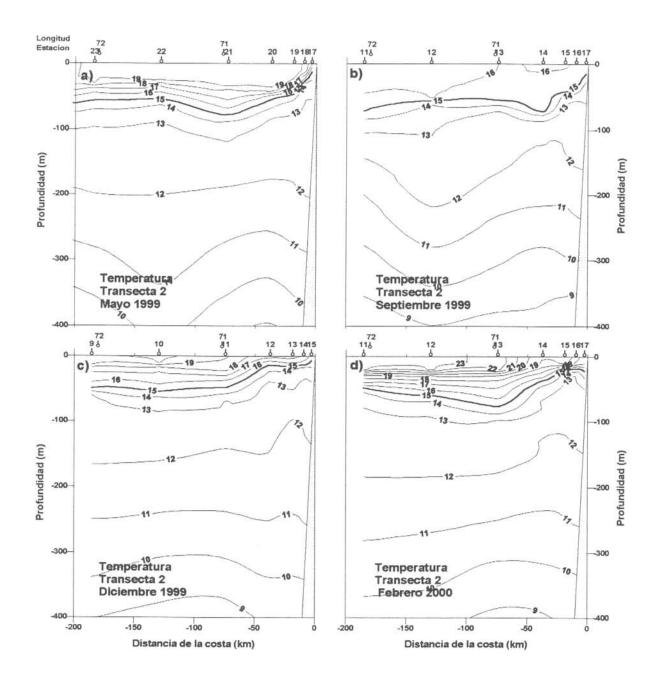


Figura 6 .- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

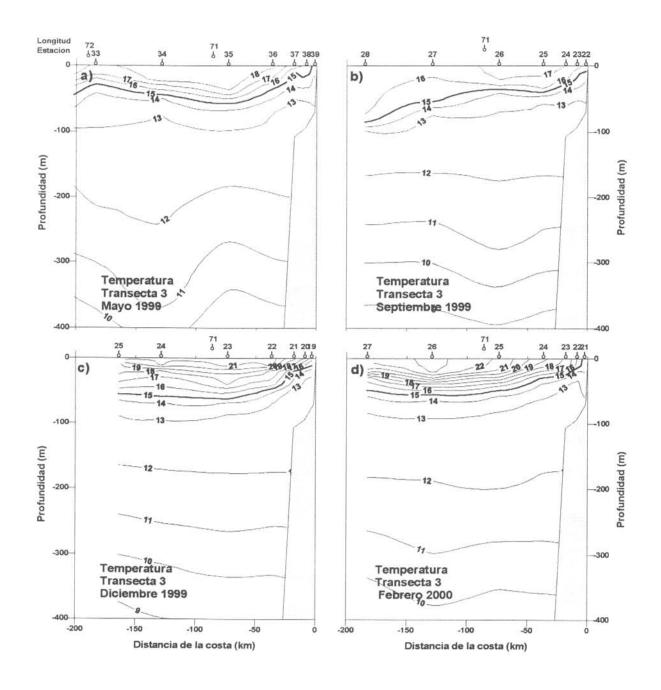


Figura 7 .- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

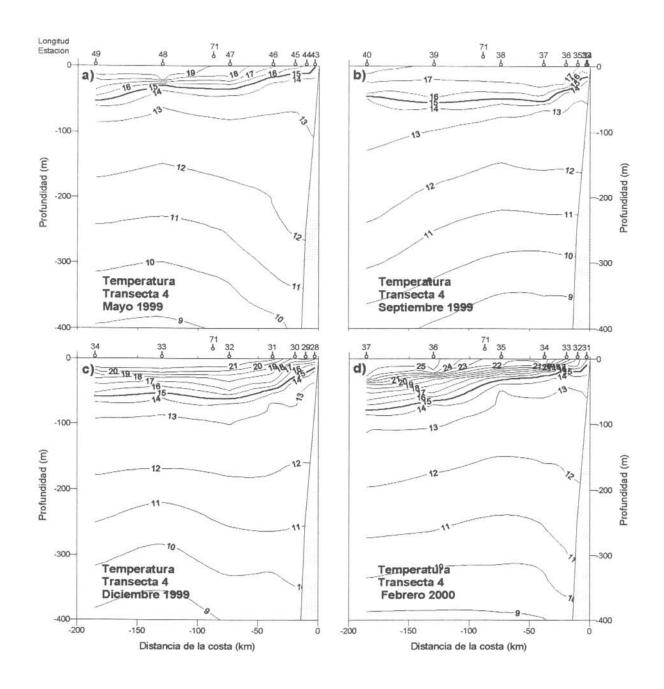


Figura 8 .- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

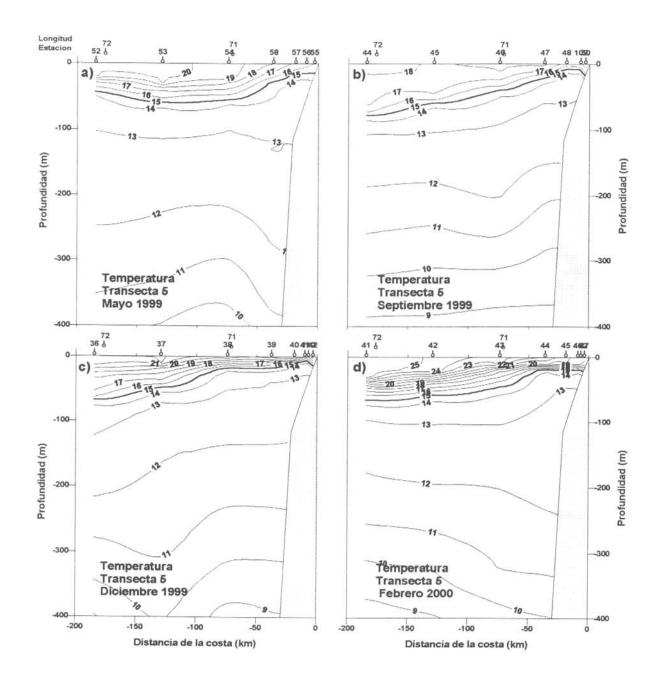


Figura 9 .- Distribución vertical de temperatura (°C) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

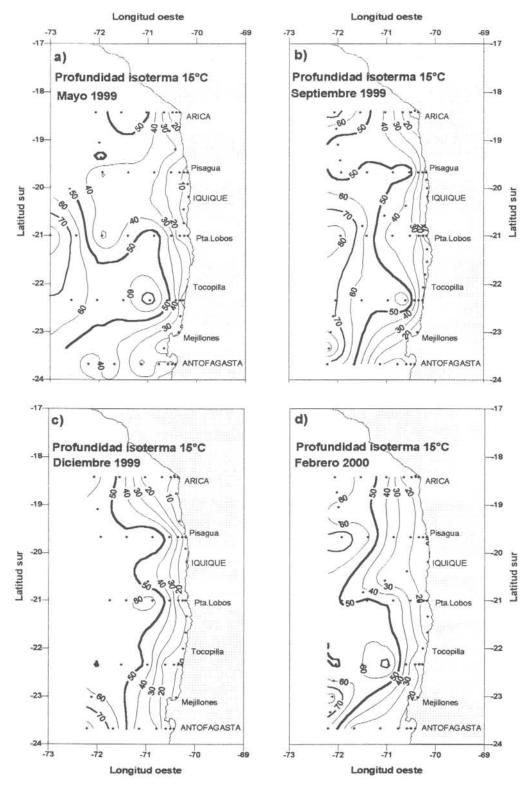


Figura 10.- Profundidad (m) de la isoterma de 15°C. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

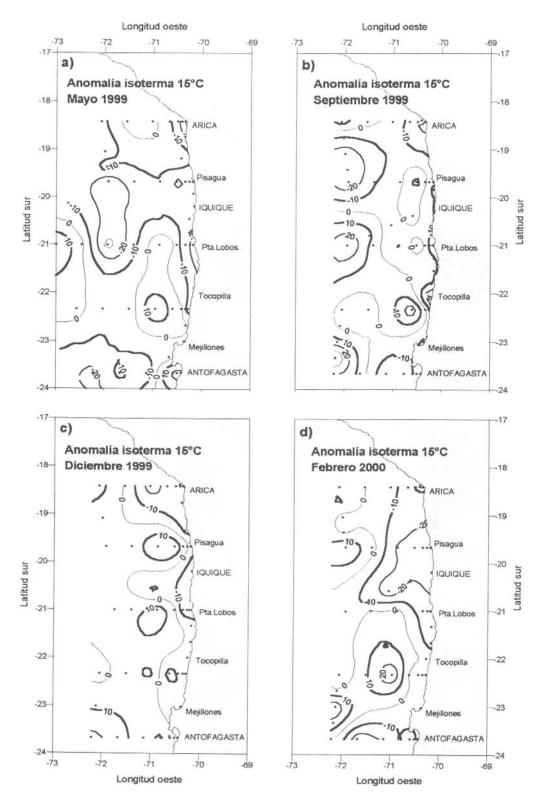


Figura 11.- Anomalía de la profundidad (m) de la isoterma de 15°C. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

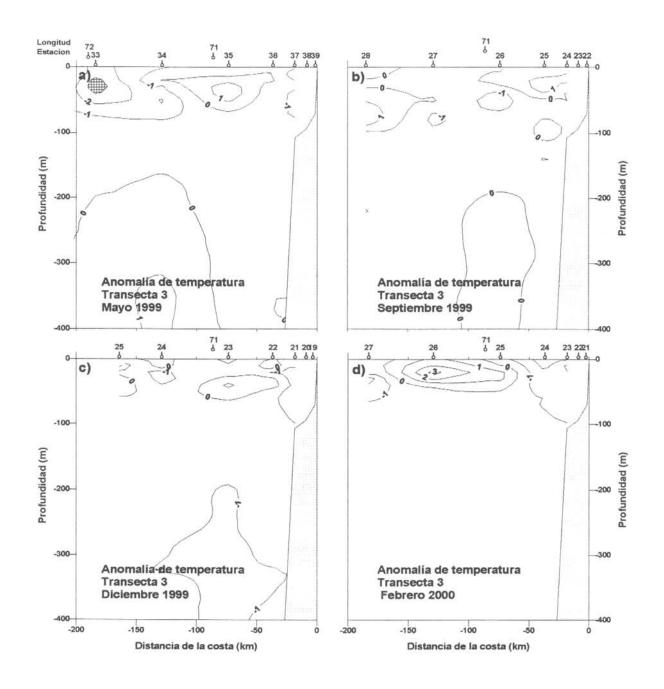


Figura 12.- Anomalía de temperatura (°C) vertical en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

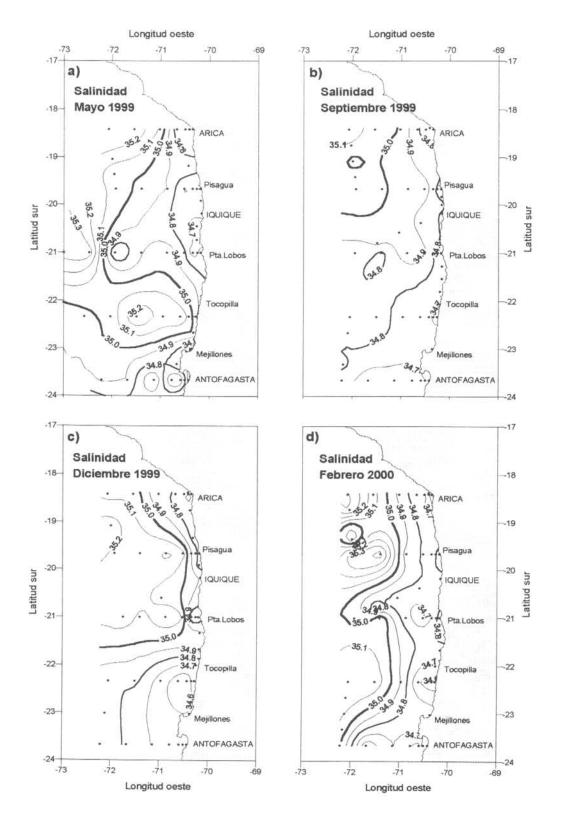


Figura 13.- Salinidad superficial (psu). Cruceros Trimestrales 1999 -2000

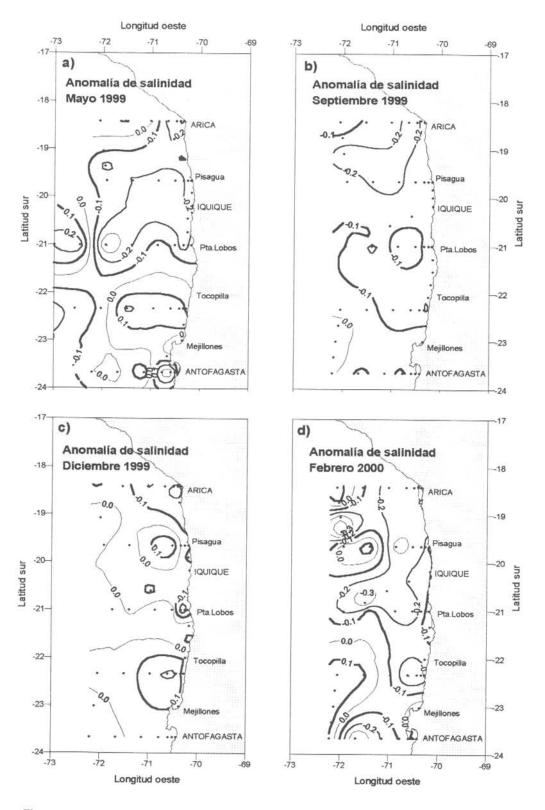


Figura 14.- Anomalía de salinidad superficial (psu). Cruceros Trimestrales 1999 -2000

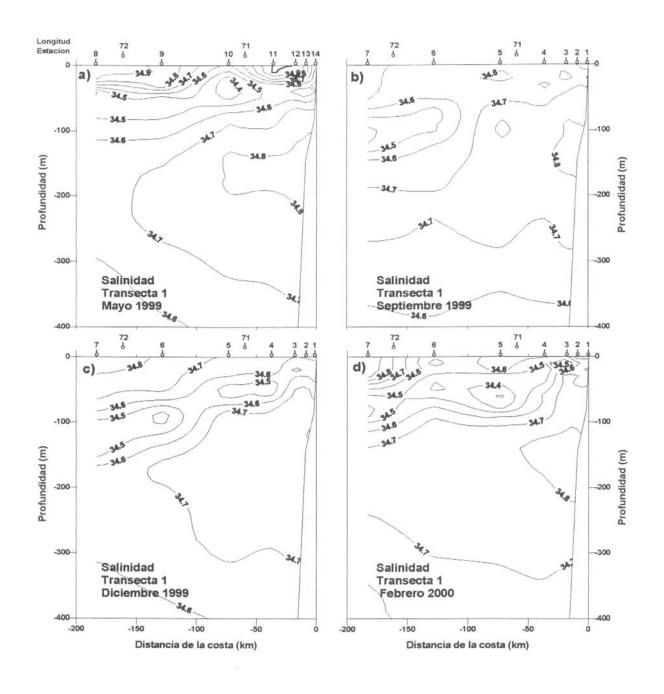


Figura 15.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

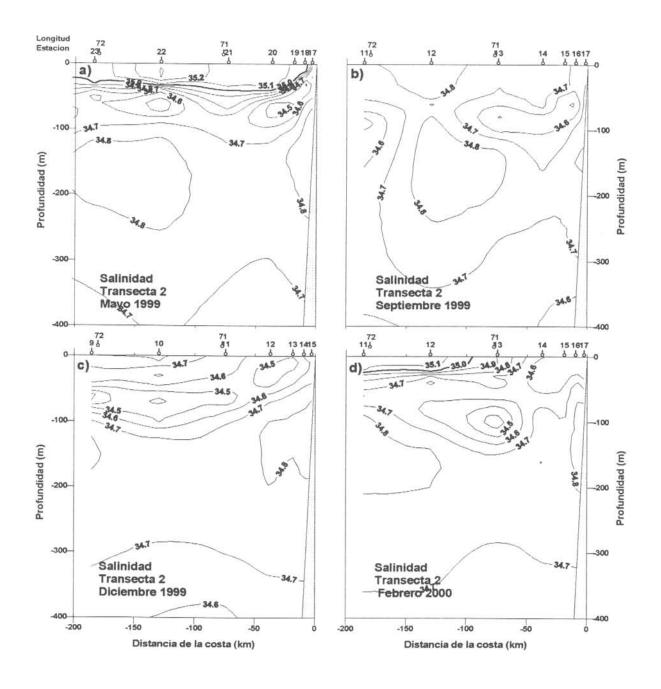


Figura 16.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 2. Latitud 22°0' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

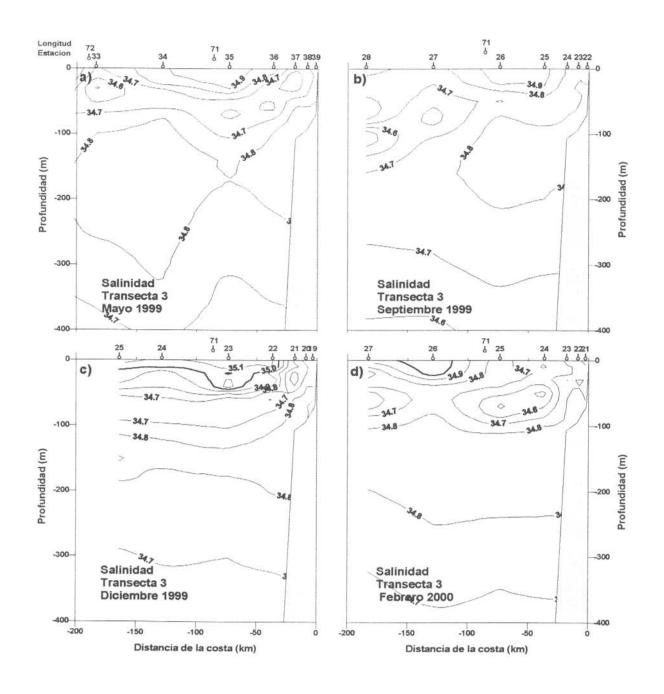


Figura 17.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

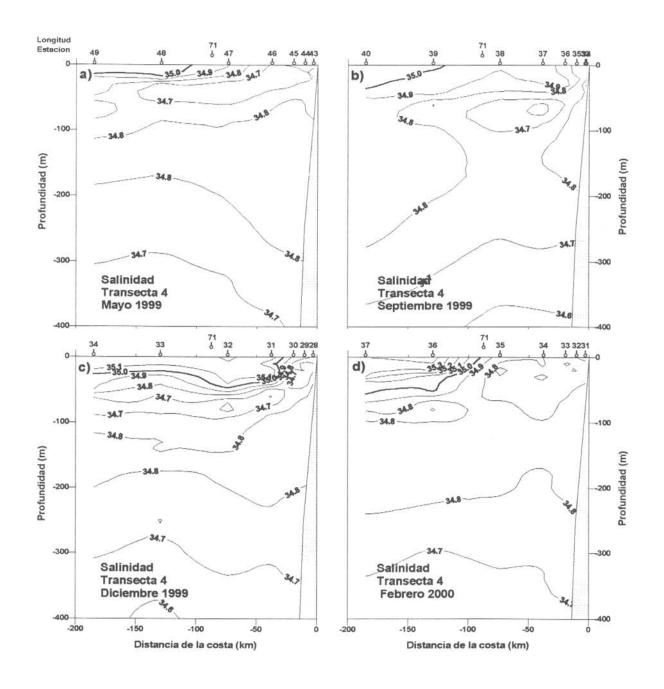


Figura 18.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

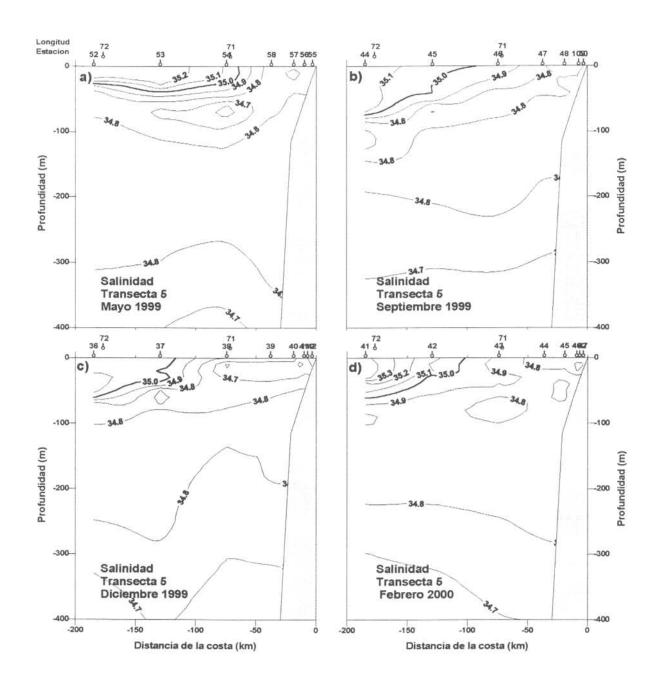


Figura 19.- Distribución vertical de salinidad (psu) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

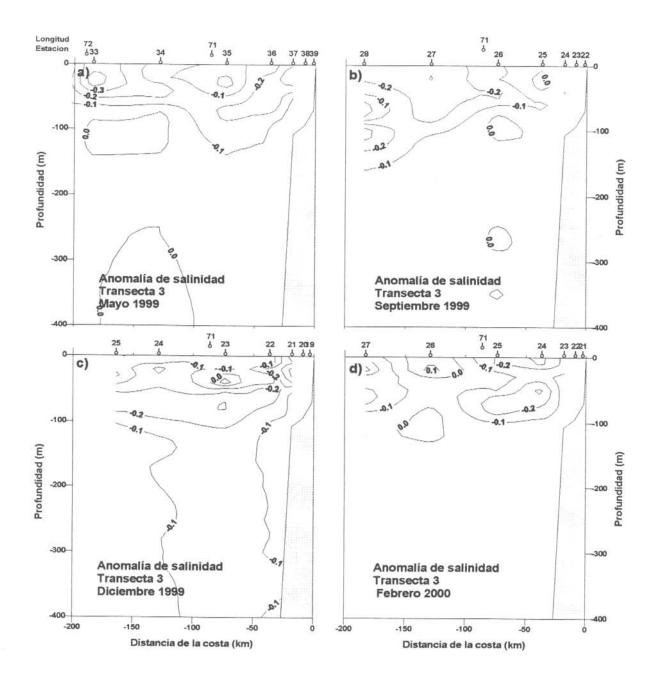


Figura 20.- Anomalía de salinidad (psu) vertical en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

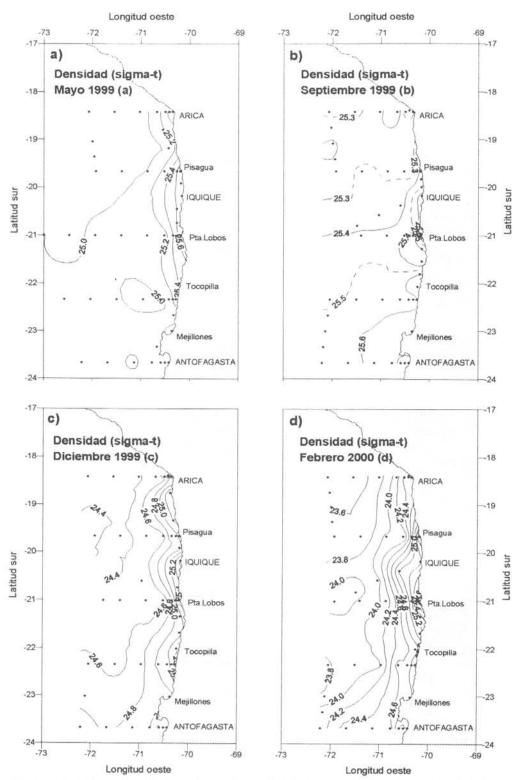


Figura 21.- Densidad (sigma-t) (kg/m3) superficial. Cruceros Trimestrales 1999 -2000. Mayo (a), septiembre (b), diciembre (c) y febrero (d).

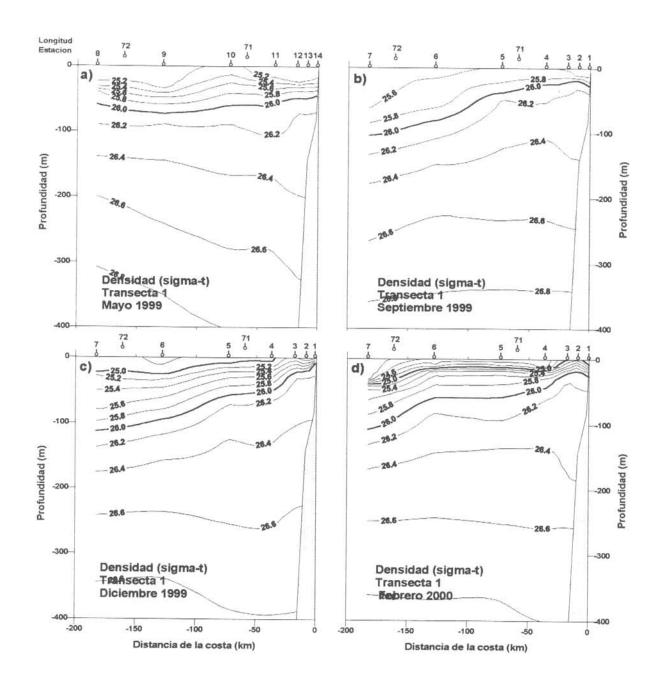


Figura 22.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m3) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

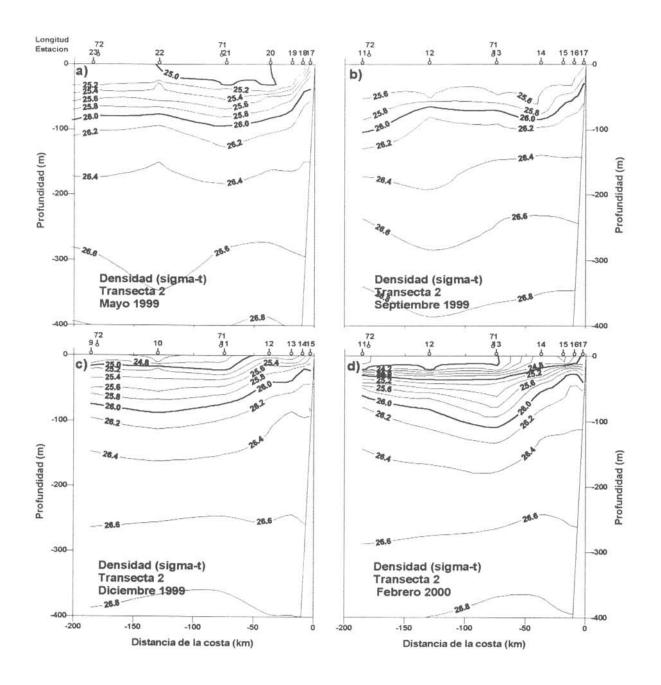


Figura 23.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m3) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

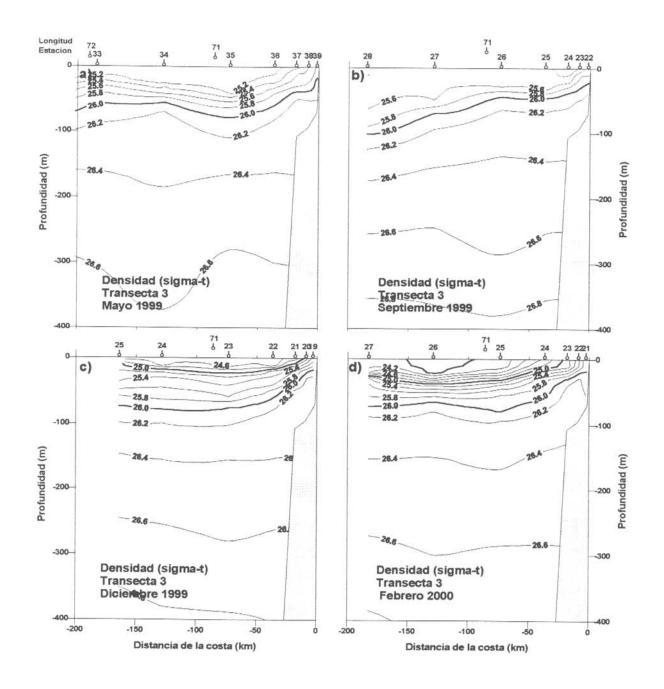


Figura 24.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m3) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

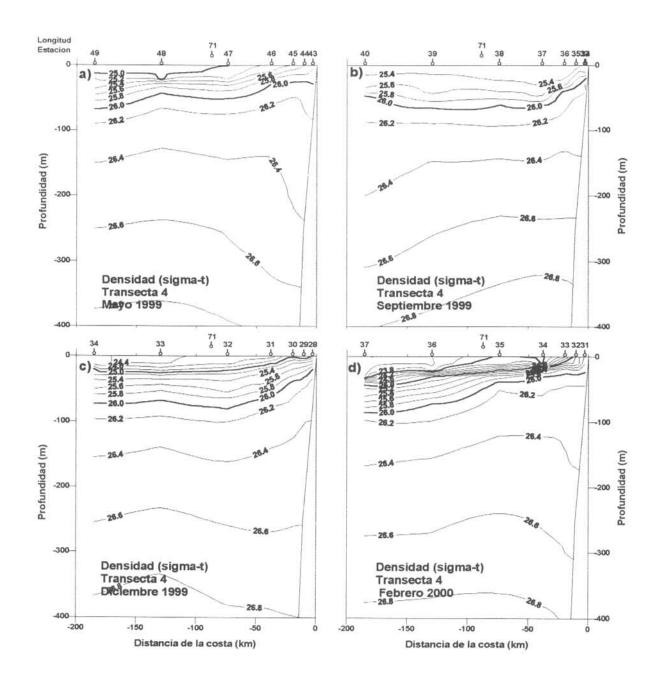


Figura 25.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m3) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

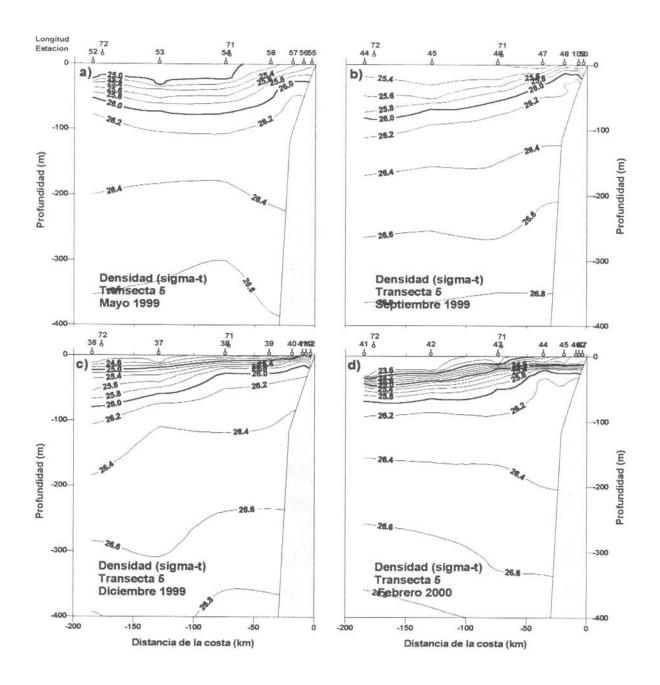


Figura 26.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) (kg/m3) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

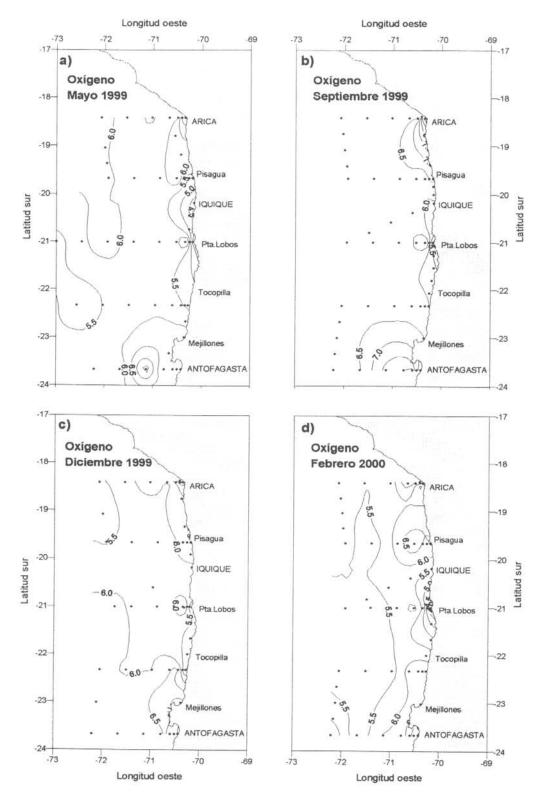


Figura 27.- Concentración de Oxígeno disuelto (ml/l) superficial. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

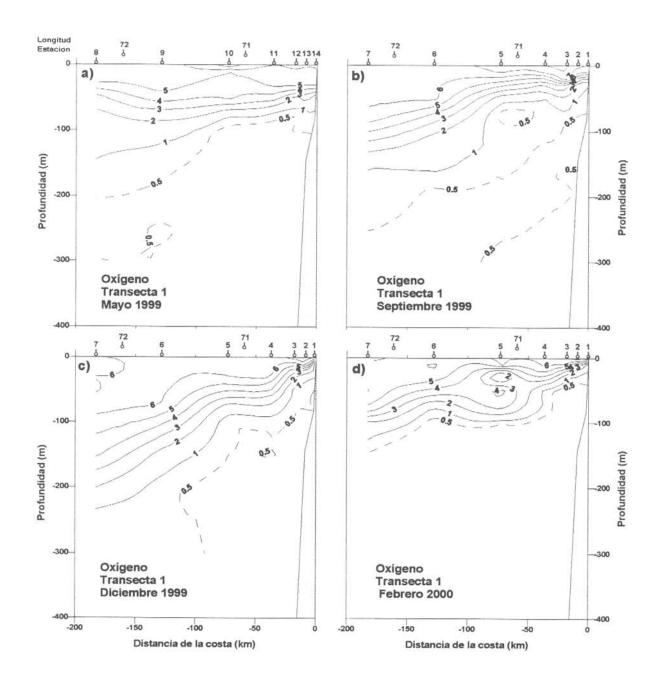


Figura 28.- Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 1. Latitud 23°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

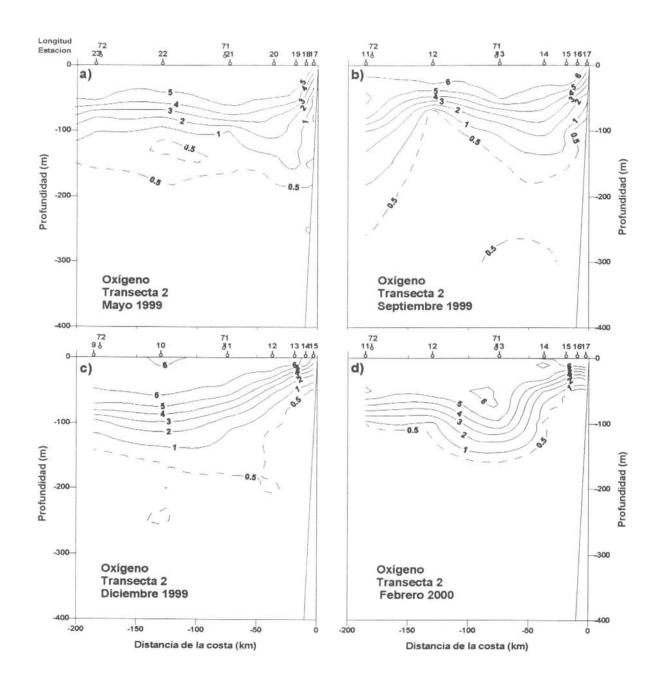


Figura 29.- Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 2. Latitud 22°20' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

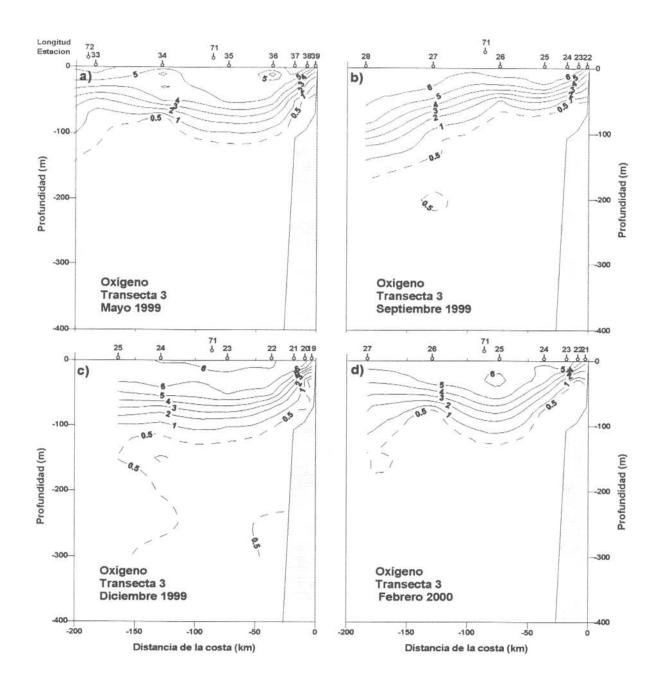


Figura 30.- Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 3. Latitud 21°00' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

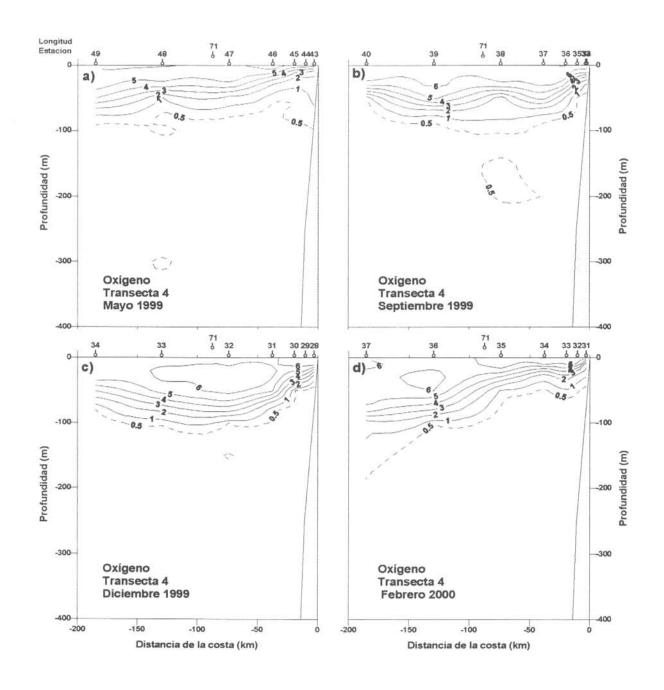


Figura 31.- Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 4. Latitud 19°40' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

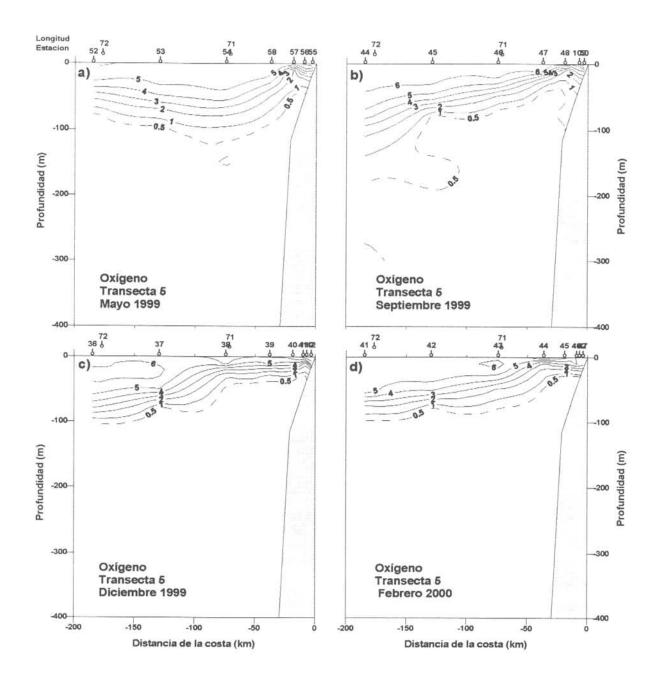


Figura 32.- Distribución vertical de concentración de oxígeno disuelto (ml/l) en la transecta 5. Latitud 18°25' S. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

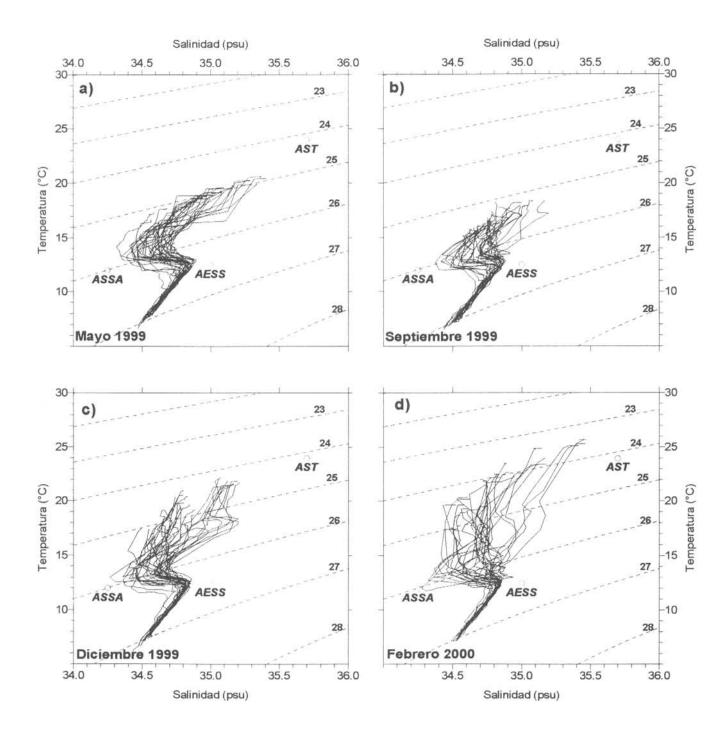


Figura 33.- Diagramas t-s de todas las estaciones por crucero. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

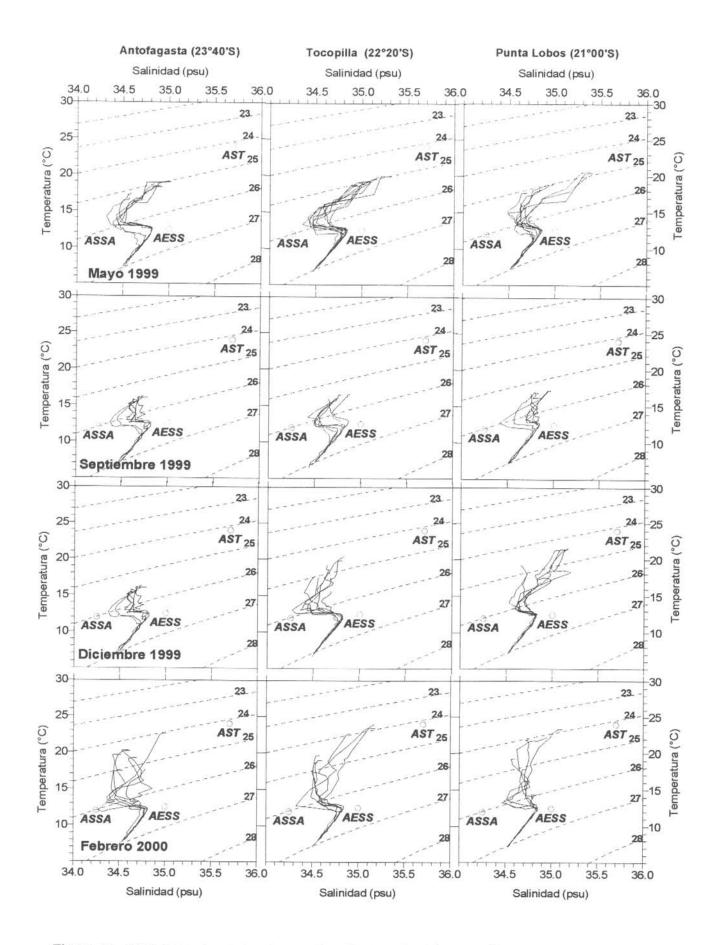


Figura 34.- Diagramas t-s de las transectas frente a Antofagasta, Tocopilla y Pta. Lobos. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

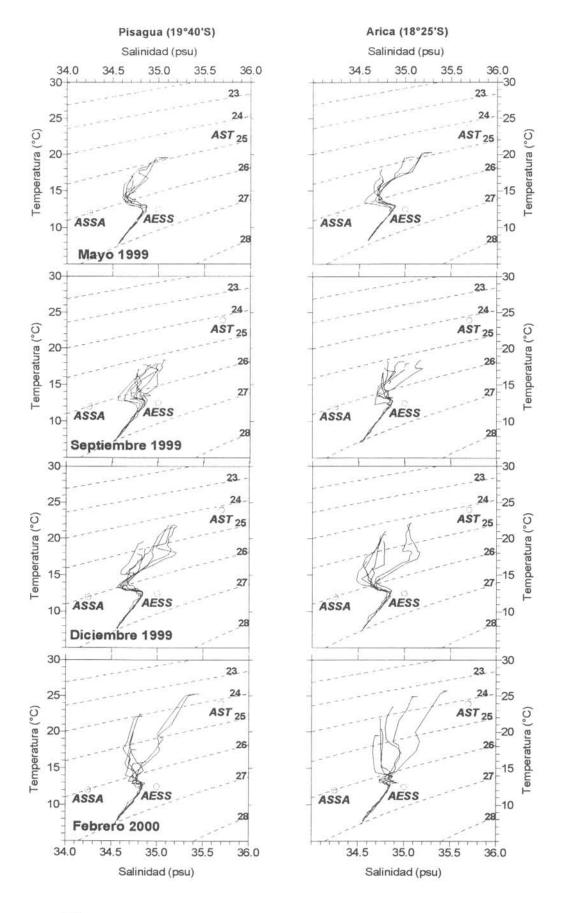


Figura 35.- Diagramas t-s de las transectas frente a Pisagua y Arica. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

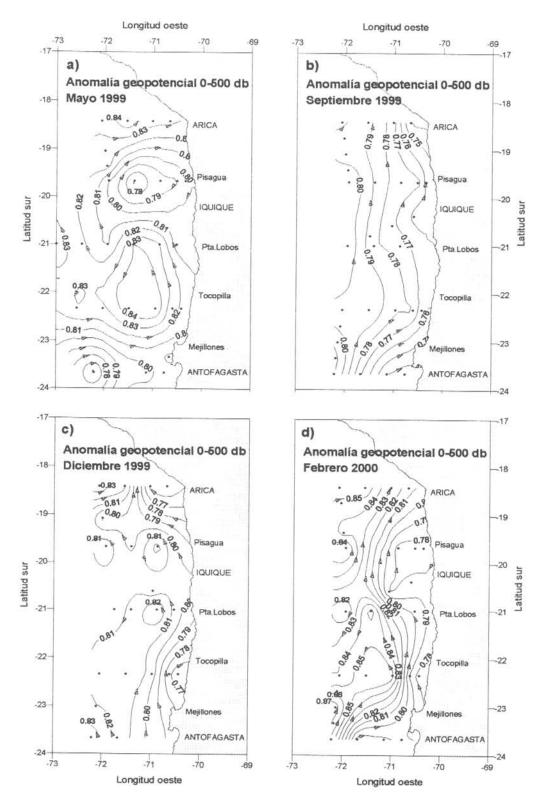


Figura 36.- Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db. Cruceros Trimestrales 1999 -2000

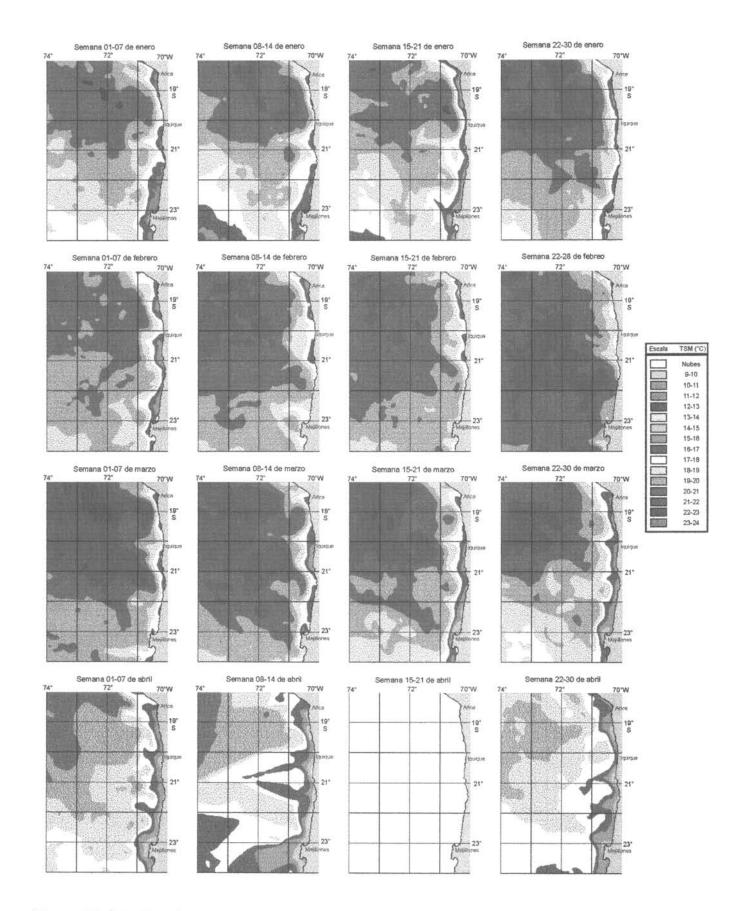


Figura 37. Distribución espacial semanal de la TSM en la zona norte de Chile. Enero-abril 1999.

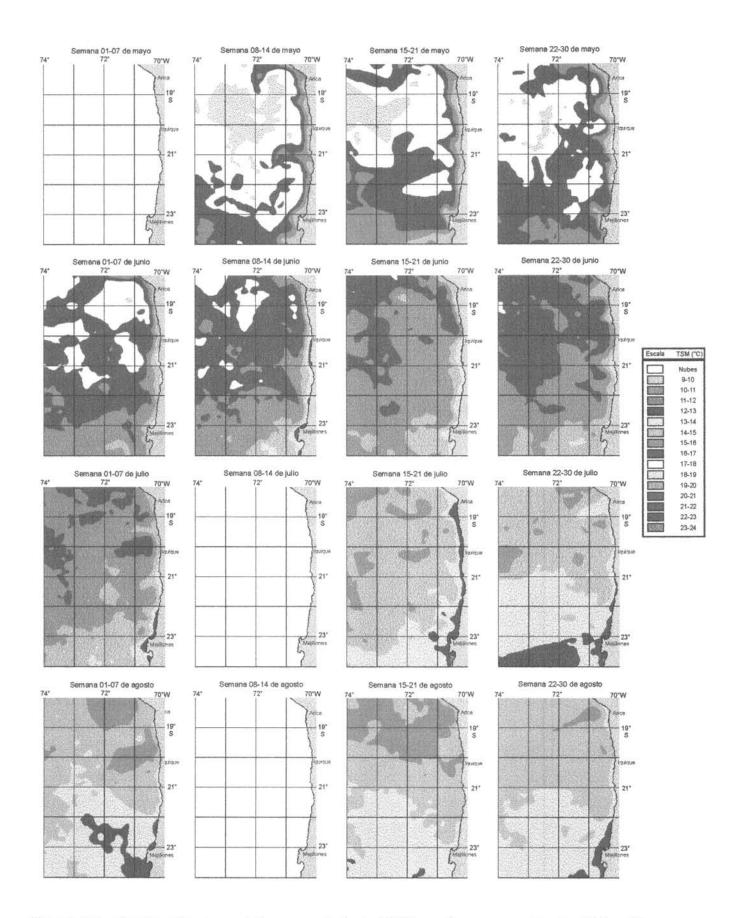


Figura 38. Distribución espacial semanal de la TSM en la zona norte de Chile. Mayoagosto 1999.

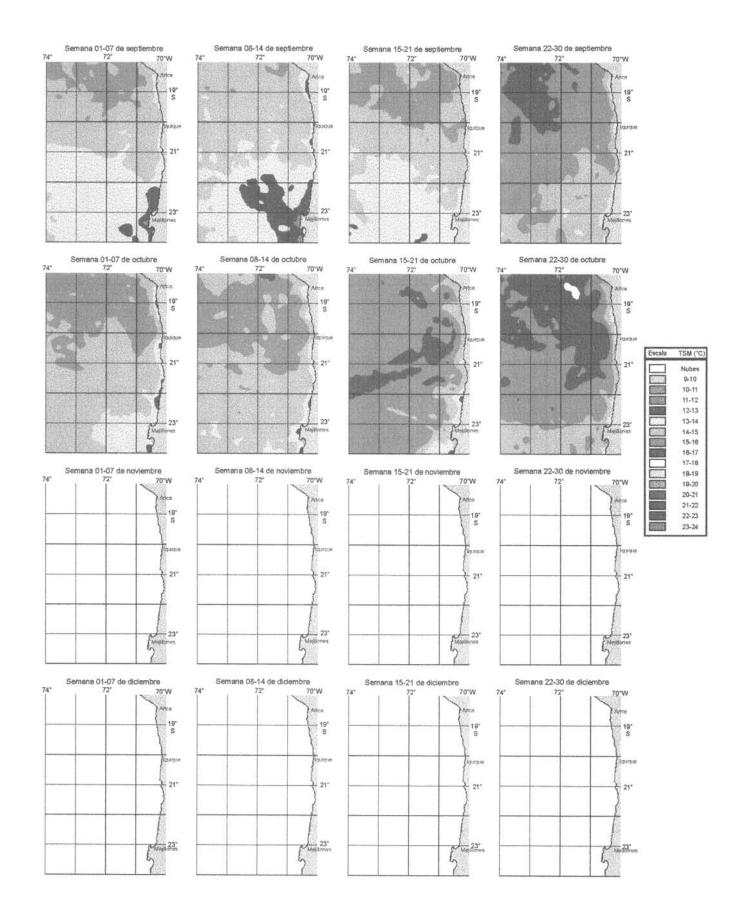


Figura 39. Distribución espacial semanal de la TSM en la zona norte de Chile. Septiembre-diciembre 1999.

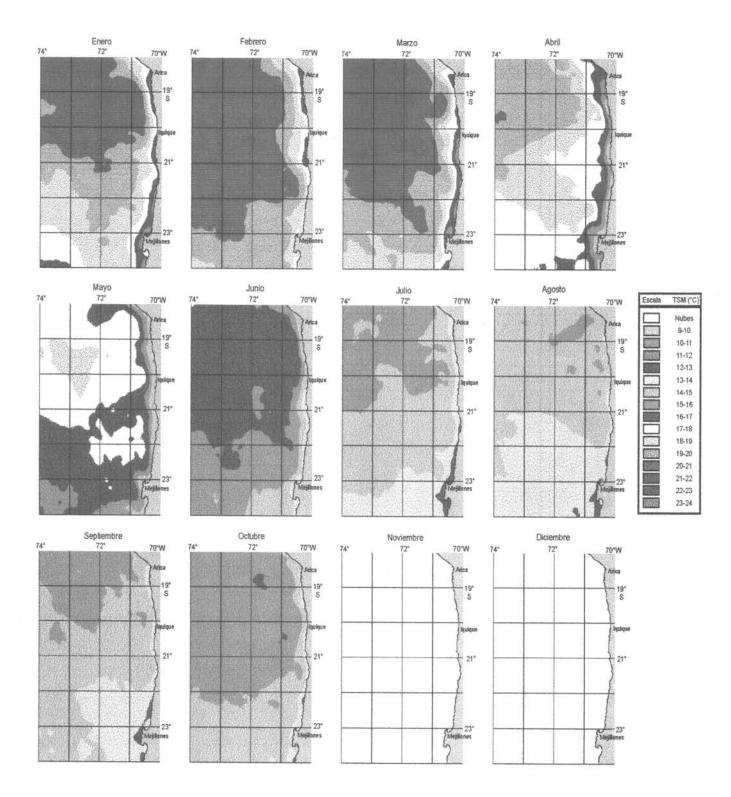


Figura 40. Distribución espacial mensual de la TSM en la zona norte de Chile. Año 1999.

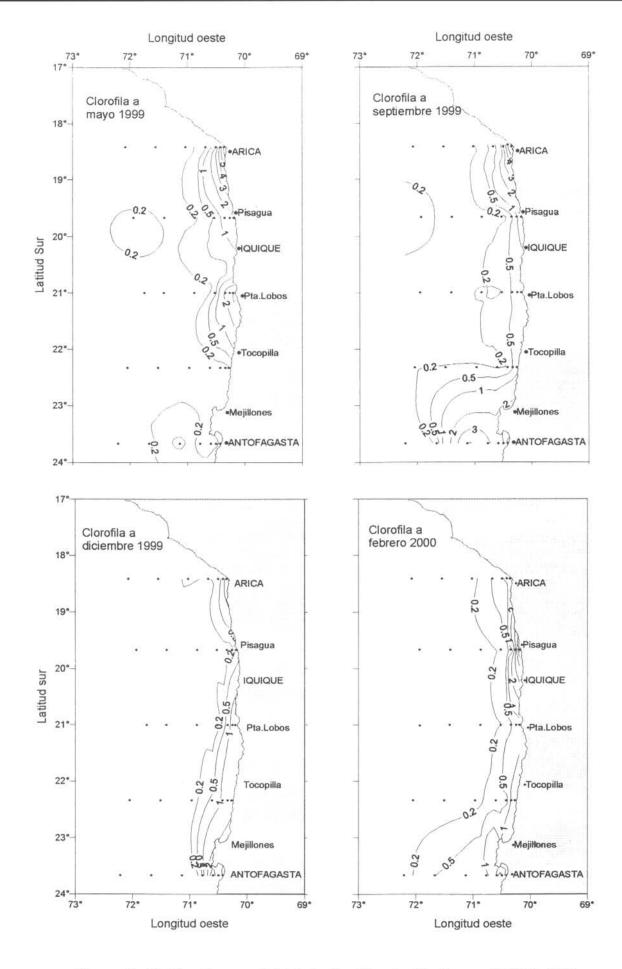


Figura 41. Distribución superficial de la clorofila a (µg/L). Crucero MOBIO 1999.

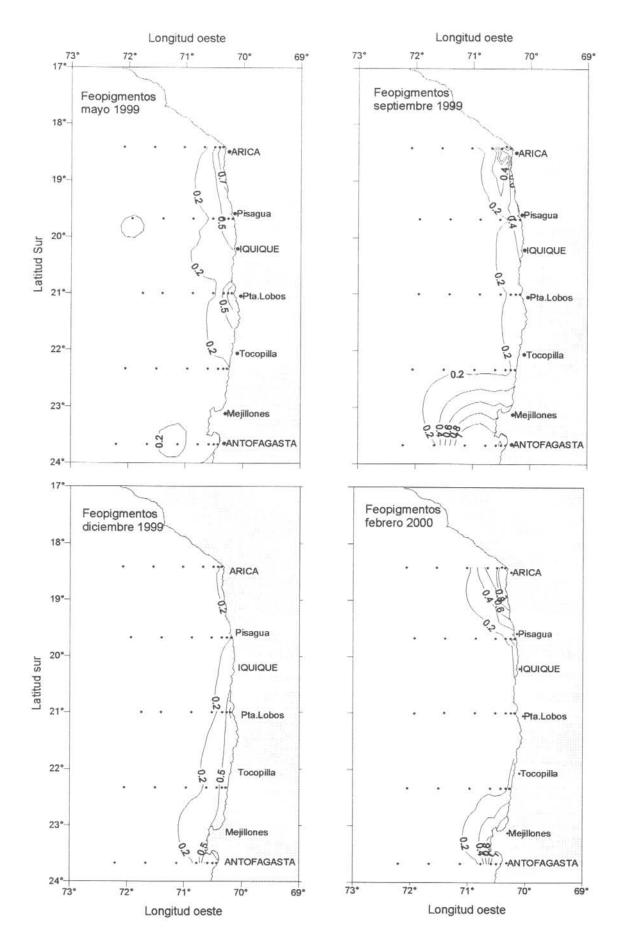


Figura 42. Distribución superficial de los feopigmentos (µg/L). Crucero MOBIO 1999.

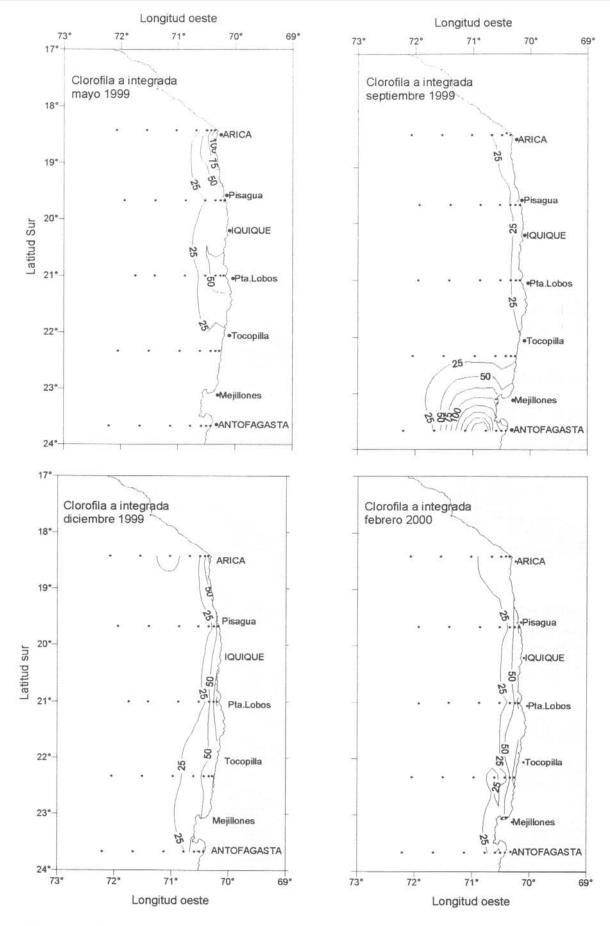


Figura 43. Distribución espacial de la clorofila a integrada (mg/m2). Crucero MOBIO 1999.

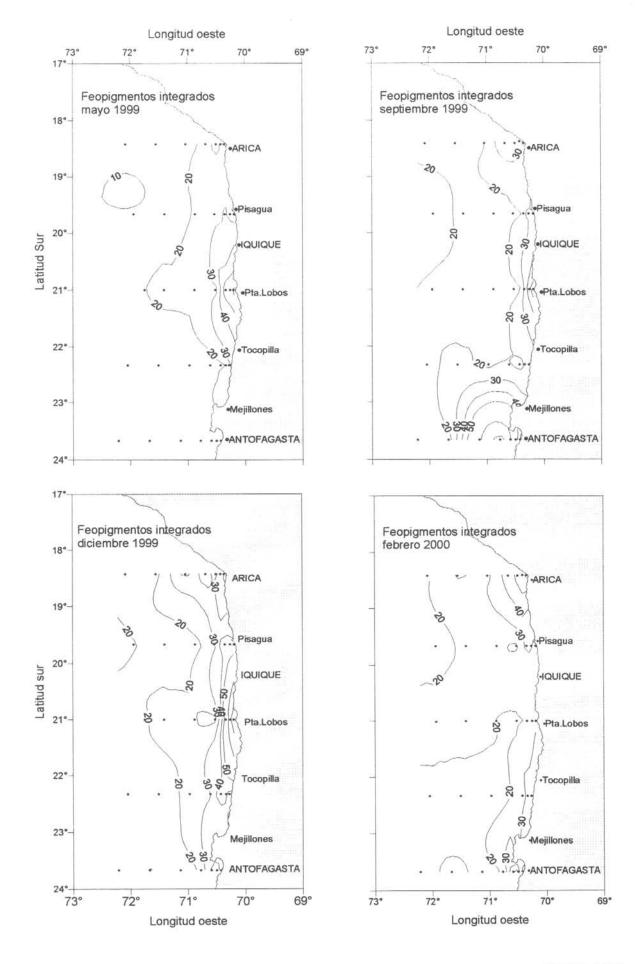


Figura 44 . Distribución espacial de los feopigmentos integrados (mg/m2). Crucero MOBIO 1999.

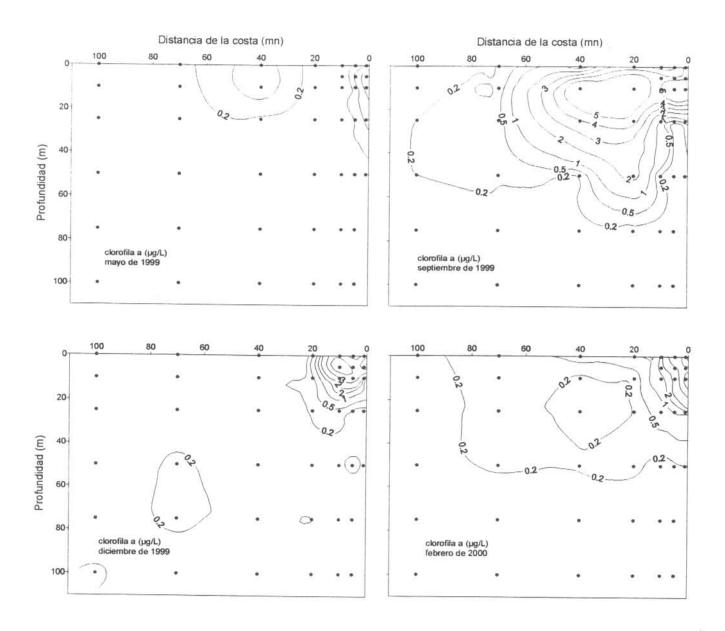


Figura 45. Distribución vertical de la clorofila a (µg/L) en la transecta 1 (Lat. 24° 40' S). Crucero MOBIO 1999.

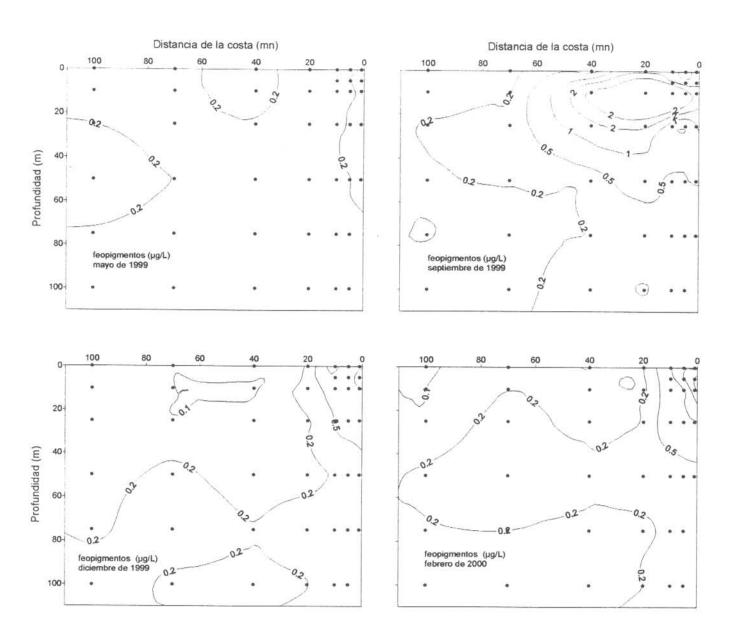


Figura 46. Distribución vertical de los feopigmentos (µg/L) en la transecta 1 (Lat. 23° 40' S). Crucero MOBIO 1999.

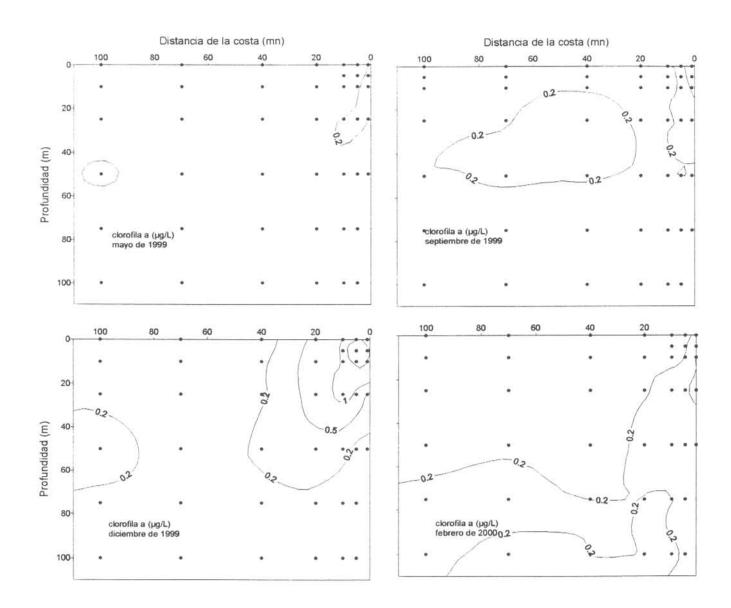


Figura 47. Distribución vertical de la clorofila a (µg/L) en la transecta 2 (Lat. 22° 20'S). Crucero MOBIO 1999.

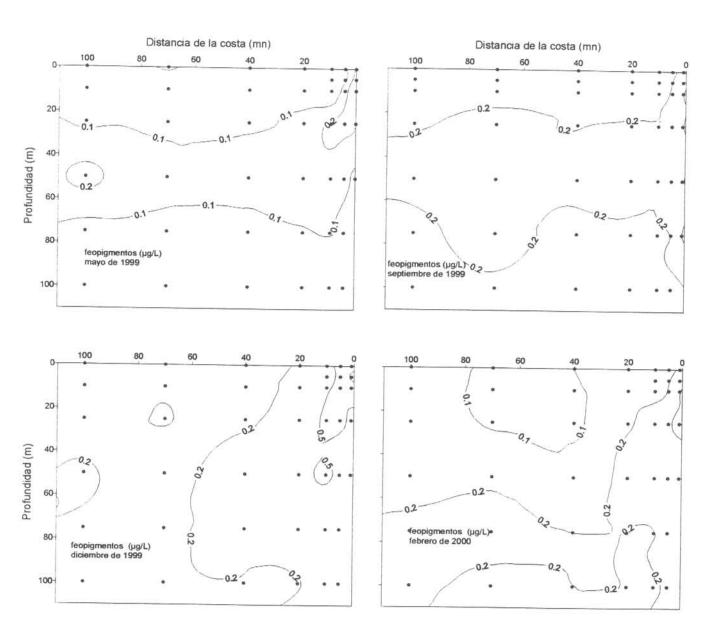


Figura 48. Distribución vertical de los feopigmentos (µg/L) en la transecta 2 (Lat. 22° 20' S). Crucero MOBIO 1999.

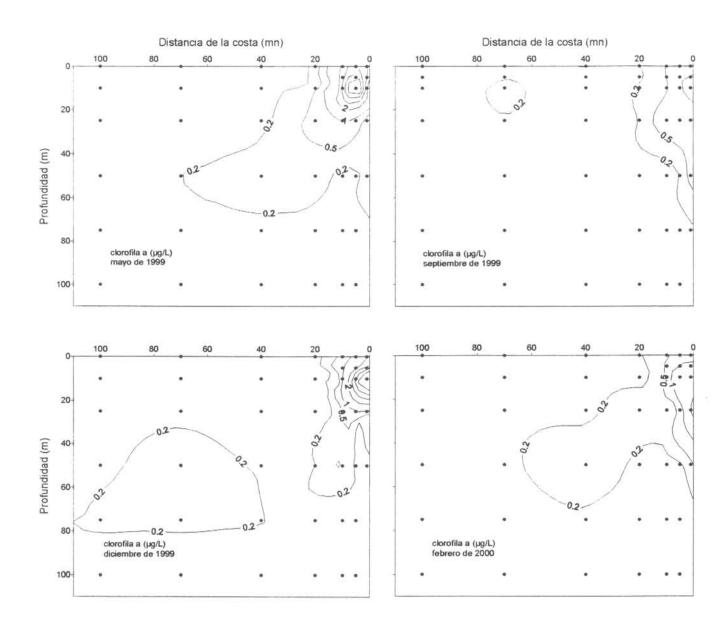


Figura 49. Distribución vertical de la clorofila a (µg/L) en la transecta 3 (Lat. 21° 00'S). Crucero MOBIO 1999.

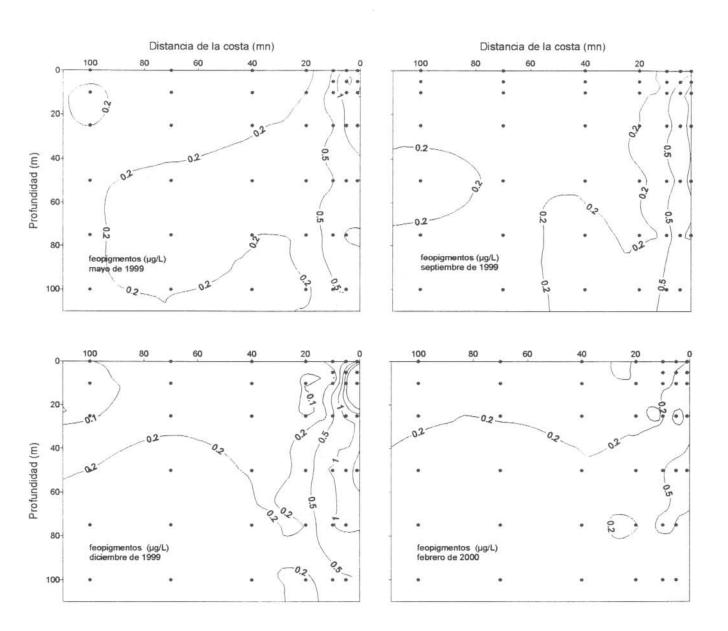


Figura 50. Distribución vertical de los feopigmentos (µg/L) en la transecta 3 (Lat. 21° 00' S). Crucero MOBIO 1999

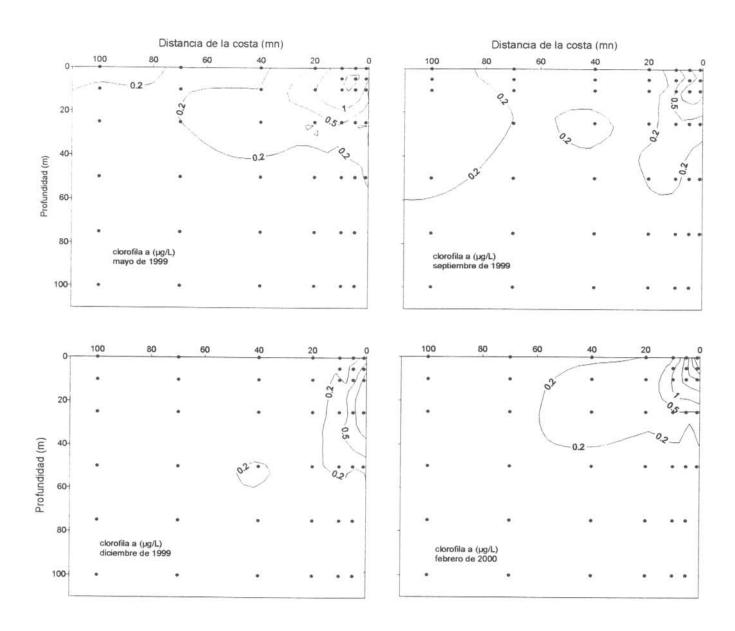


Figura 51. Distribución vertical de la clorofila a (µg/L) en la transecta 4 (Lat. 19° 40'S). Crucero MOBIO 1999.

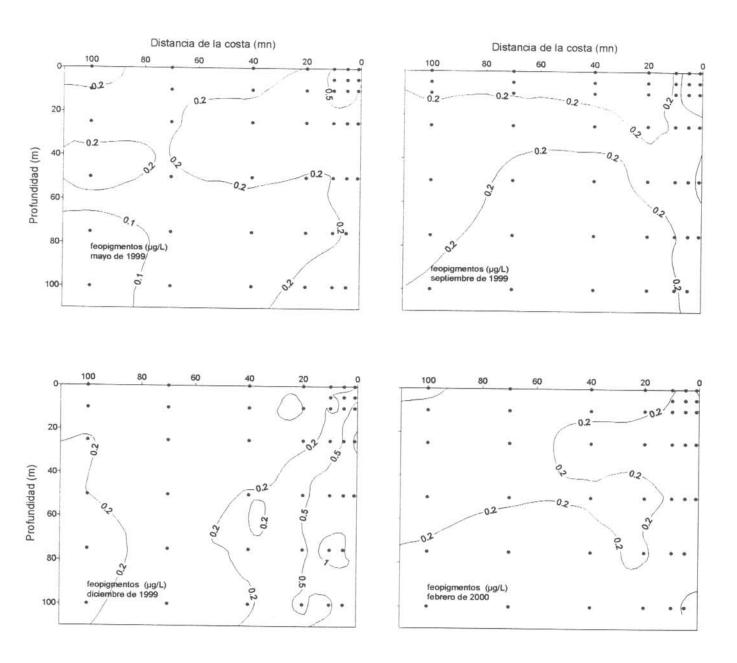


Figura 52. Distribución vertical de los feopigmentos (µg/L) en la transecta 4 (Lat. 19° 40' S). Crucero MOBIO 1999.

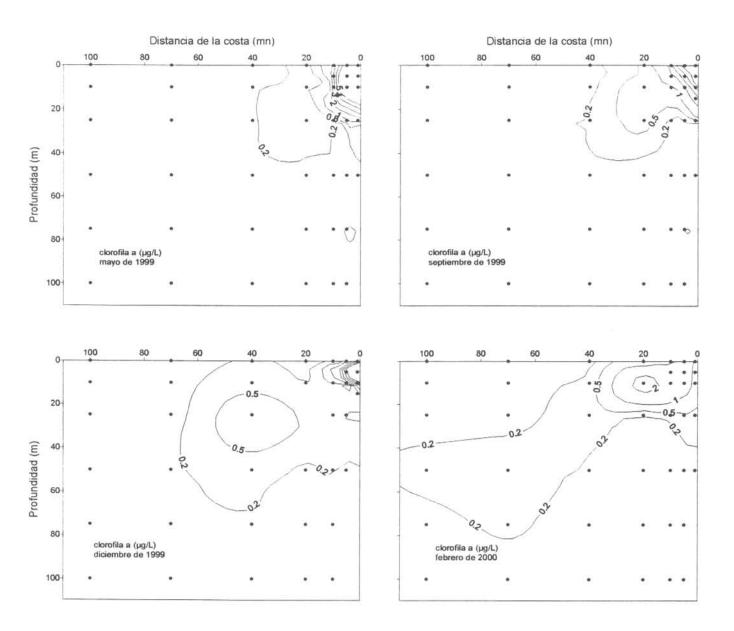


Figura 53. Distribución vertical de la clorofila a (µg/L) en la transecta 5 (Lat. 18° 25'S). Crucero MOBIO 1999.

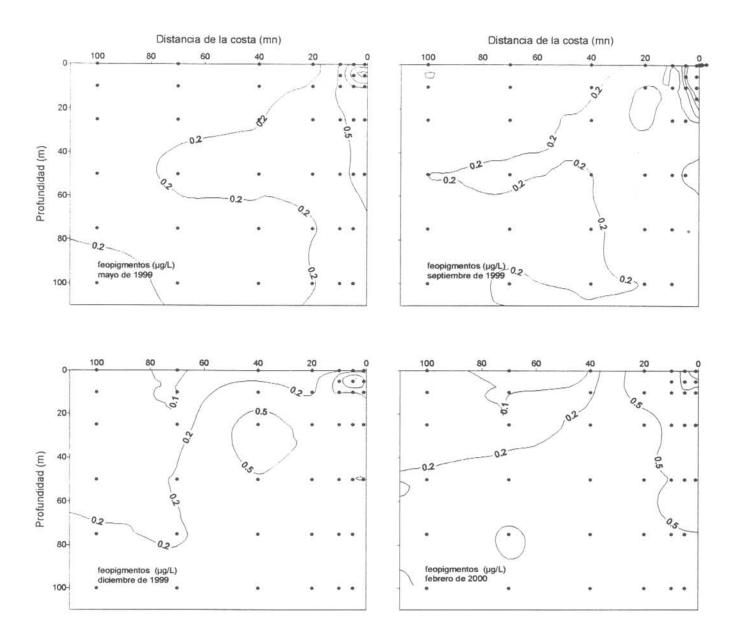


Figura 54. Distribución vertical de los feopigmentos (µg/L) en la transecta 5 (Lat. 18° 25' S). Crucero MOBIO 1999.

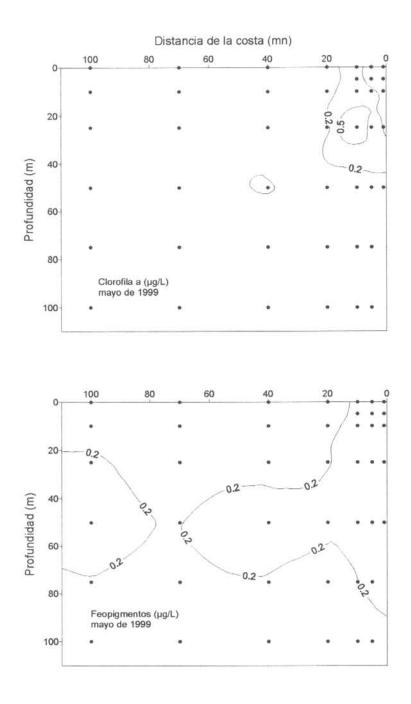


Figura 55. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos (μg/L) en la transecta 0 (Lat. 24°20'S). Crucero MOBIO 1999.

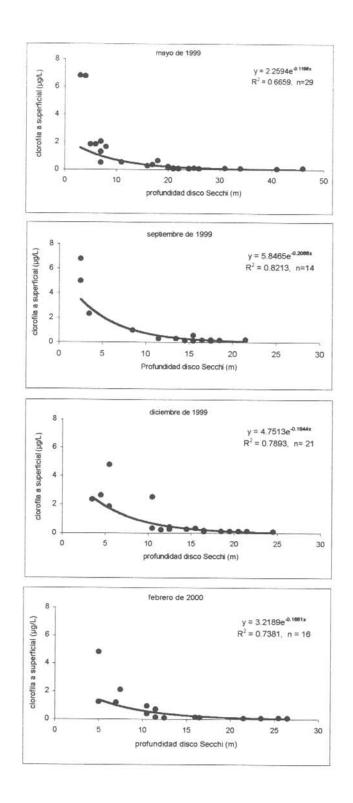


Figura 56. Diagramas estacionales de las asociaciones funcionales entre la clorofila a superficial y la profundidad del disco Secchi, años 1999 y 2000. Crucero MOBIO 1999.

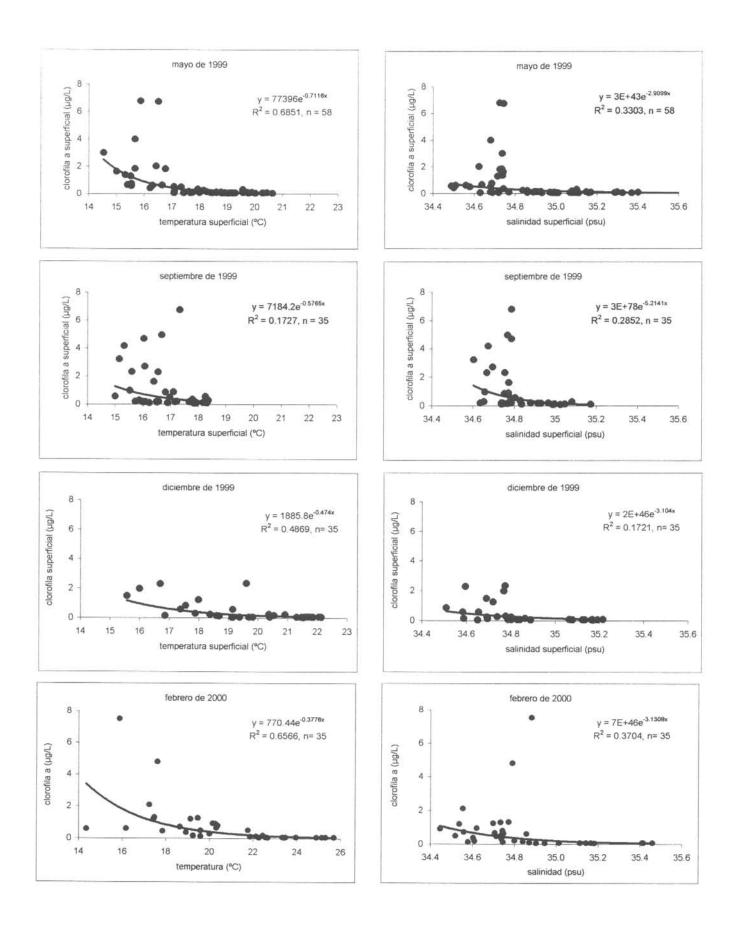


Figura 57. Diagramas de asociación funcional entre la clorofila a superficial (µg/L) y la temperatura y la salinidad. Crucero MOBIO 1999.

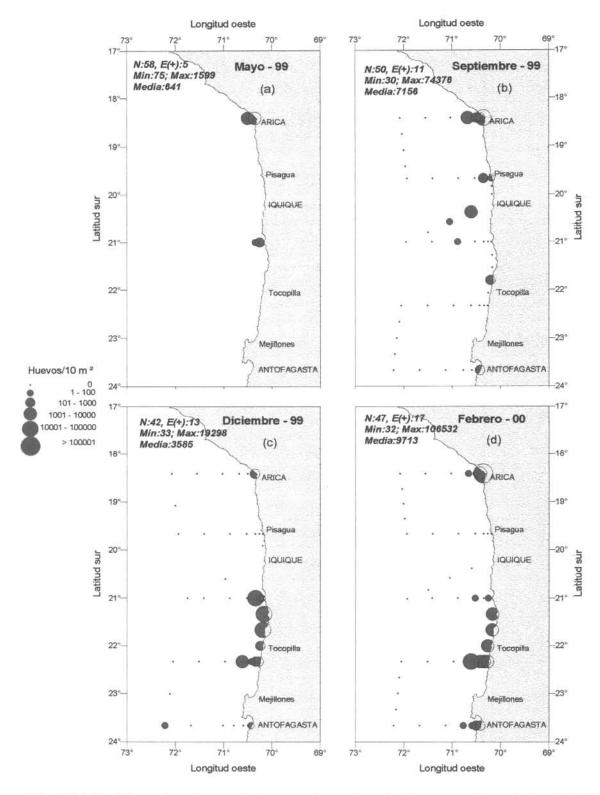


Figura 58 .- Distribución y abundancia de huevos de anchoveta. Cruceros trimestrales 1999/2000.

(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.

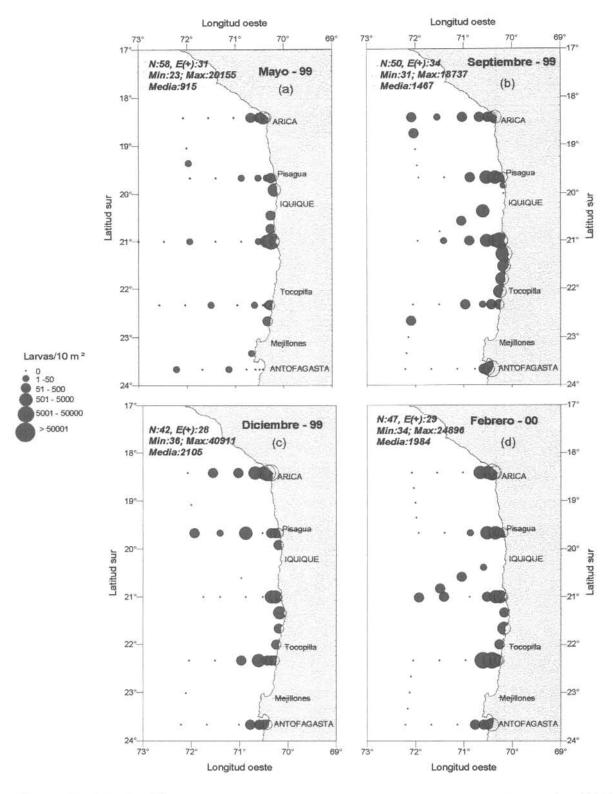


Figura 59.- Distribución y abundancia de larvas de anchoveta. Cruceros trimestrales 1999/2000. (a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera y (d) Verano 2000.

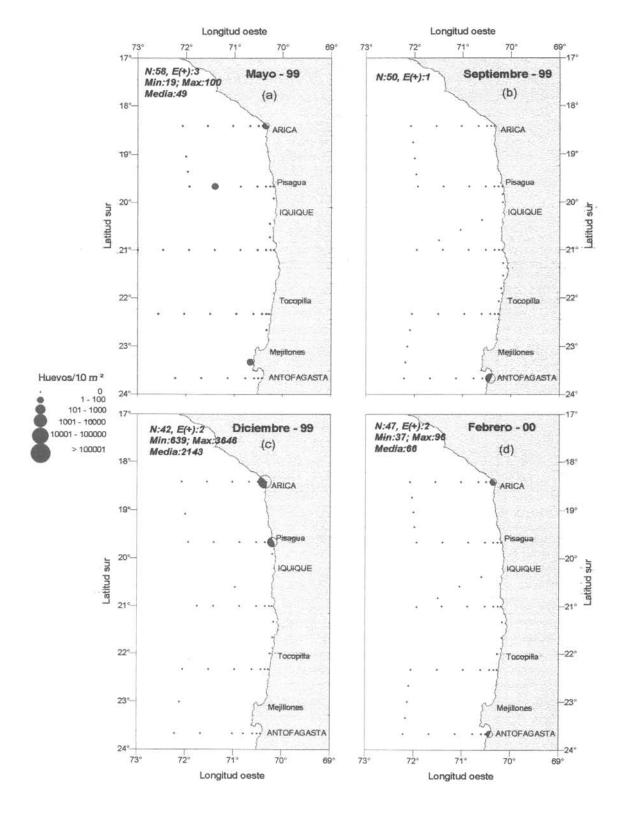


Figura 60. Distribución y abundancia de huevos de sardina. Cruceros trimestrales 1999/2000.

(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.

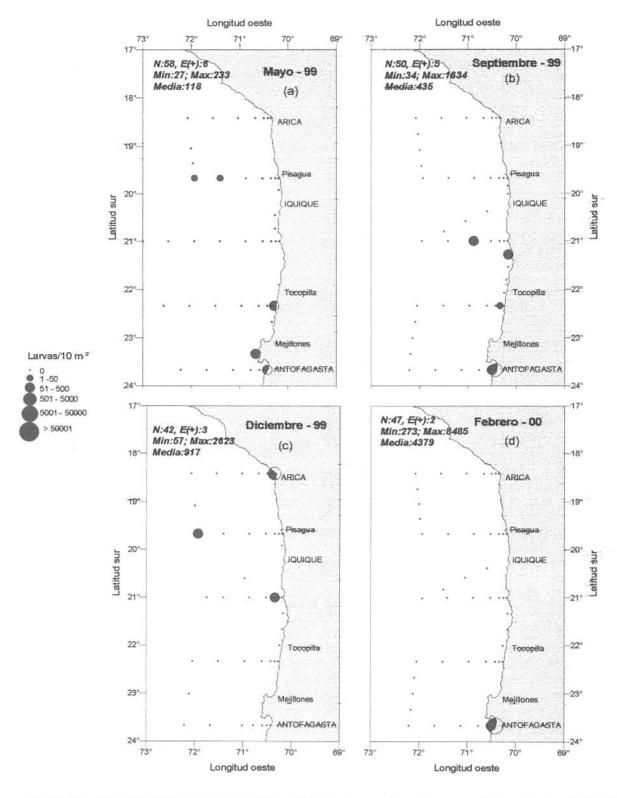


Figura 61.- Distrîbución y abundancia de larvas de sardina. Cruceros trimestrales 1999/2000.

(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.

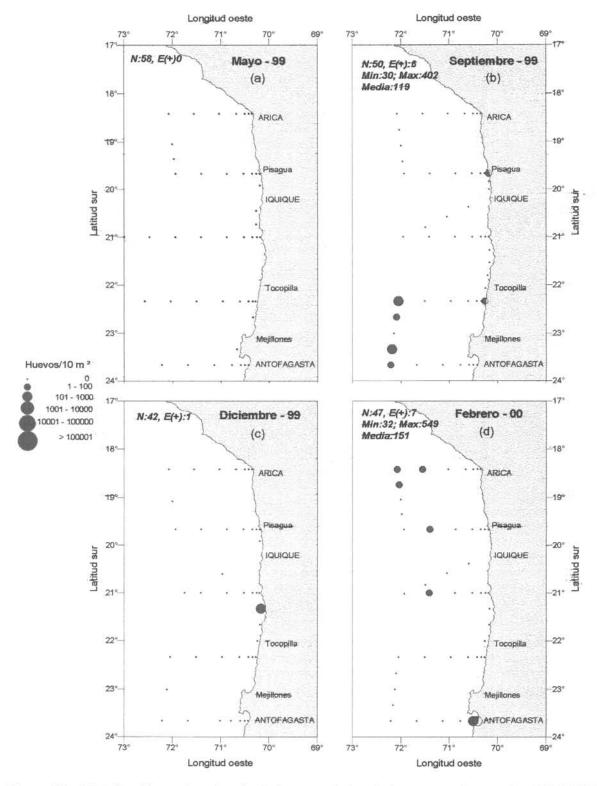


Figura 62.- Distribución y abundancia de huevos de jurel. Cruceros trimestrales 1999/2000. (a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.

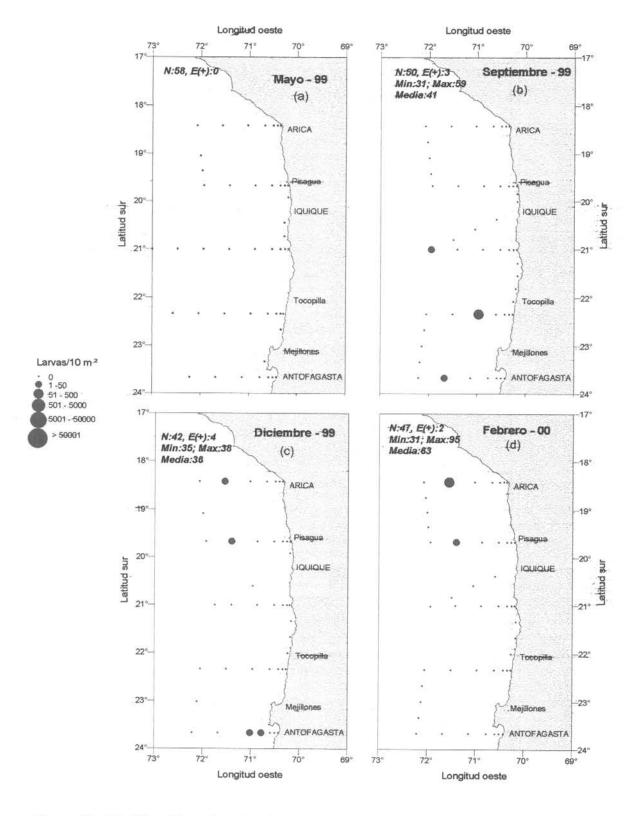


Figura 63.- Distribución y abundancia de larvas de jurel. Cruceros trimestrales 1999/2000.
(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.

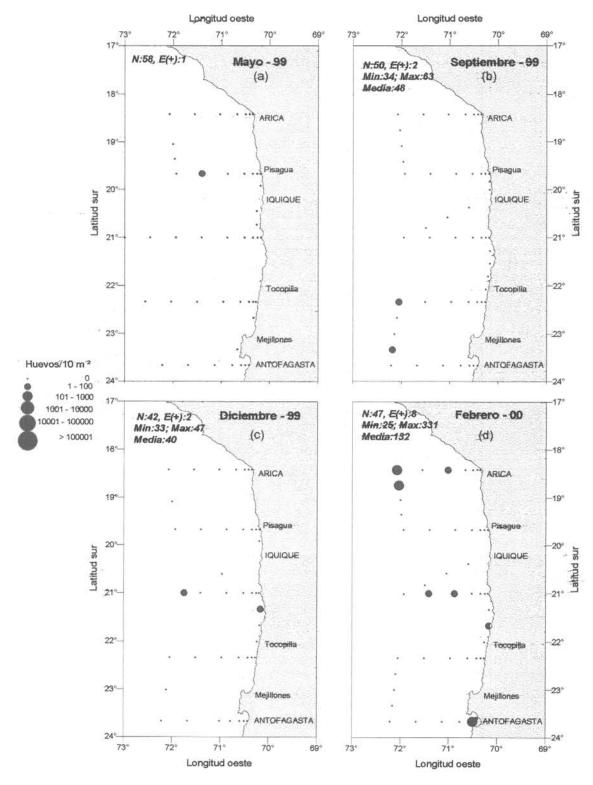


Figura 64,- Distribución y abundancia de huevos de caballa. Cruceros trimestrales 1999/2000.

(a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.

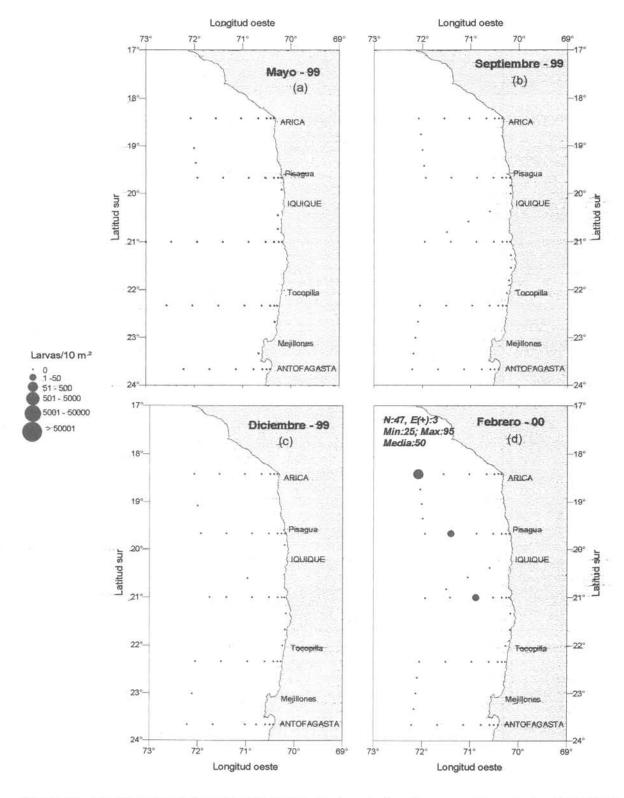
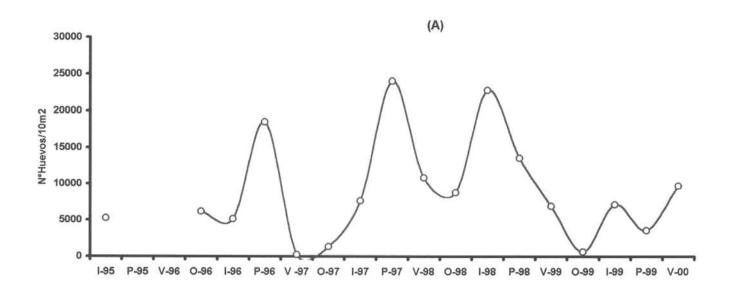


Figura 65.- Distribución y abundancia de larvas de caballa. Cruceros trimestrales 1999/2000. (a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera 1999 y (d) Verano 2000.



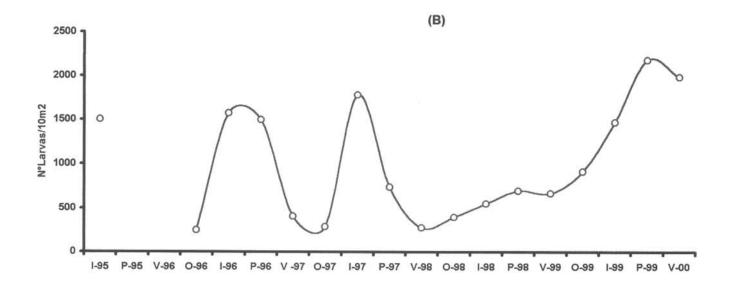


Fig. 66 Variación temporal de la intensidad del desove de (A) huevos y (B) larvas de anchoveta para el período invierno de 1995 a verano del 2000.

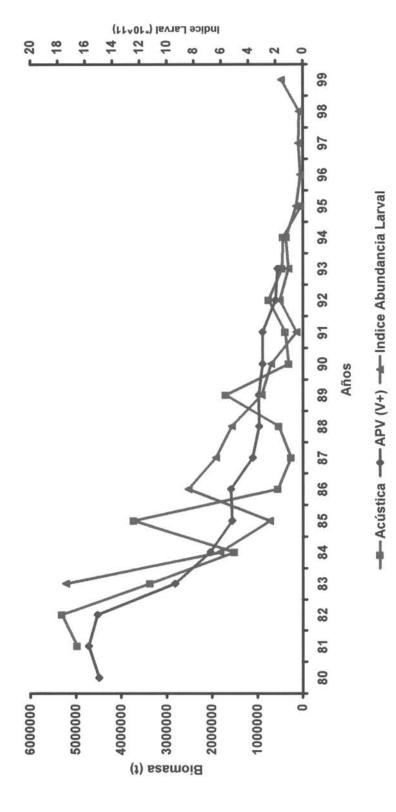


Fig. 67.- Comparación entre el índice de abundancia larval y la biomasa total estimada por método acústico y biomasa parental (V+) cuantificada por APV para el stock de sardina en la zona norte de Chile, (1980-1999).

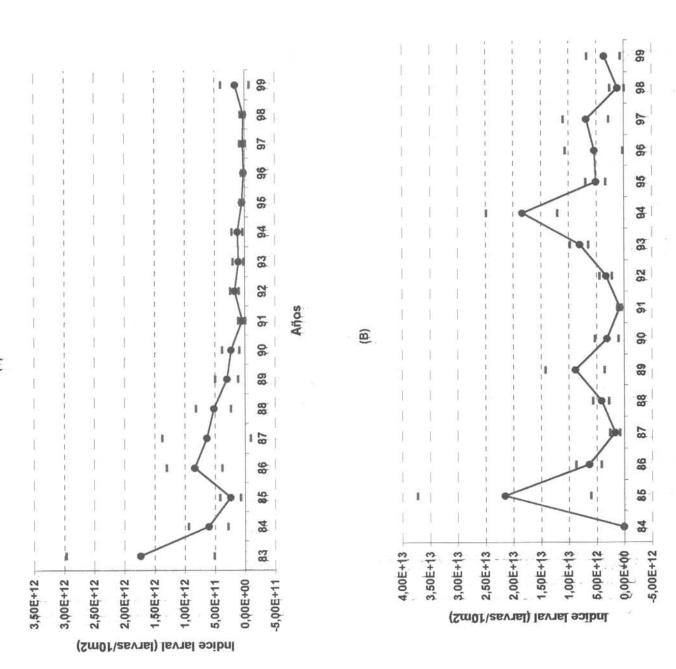


Fig. 68 Estimación del índice de abundancia larval para (A) sardina y (B) anchoveta en invierno de los años 1983/1999.

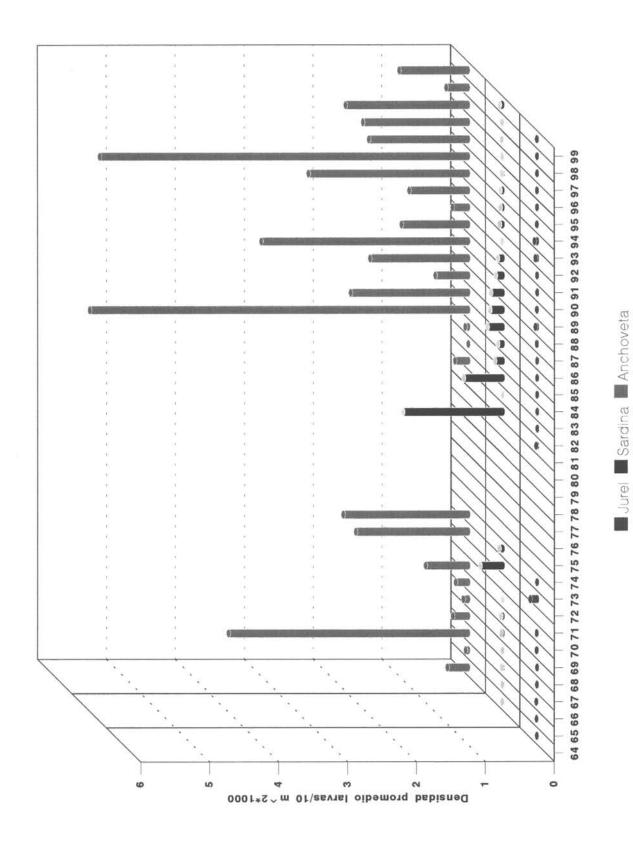
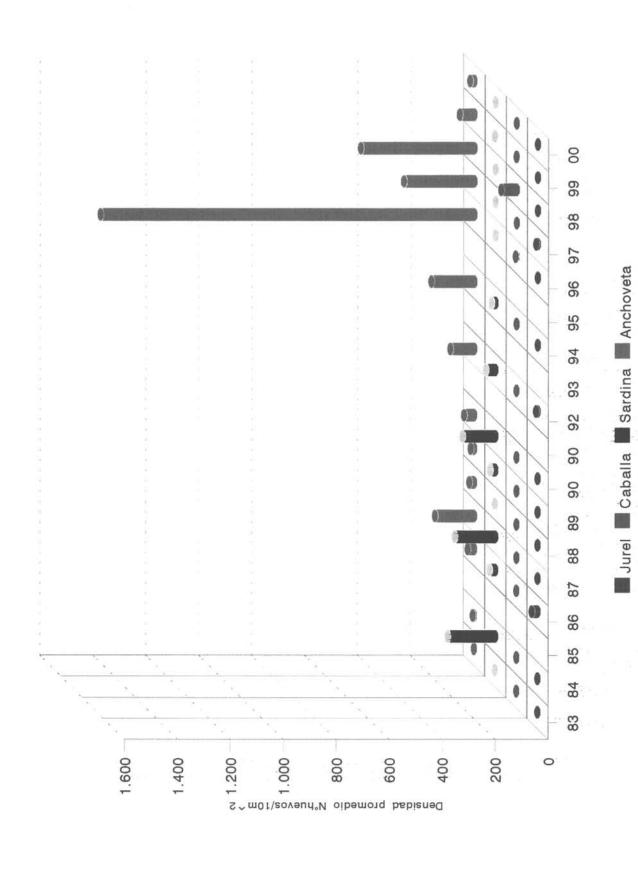


Fig. 69 Estimación de la abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona norte de Chile, en invierno de 1964-1999.



Densidad promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2000.

Fig. 70

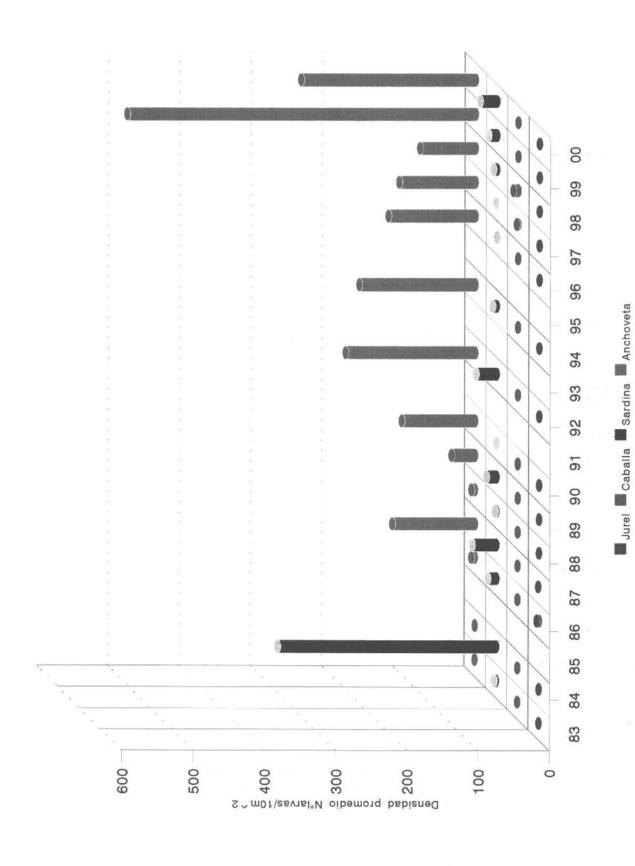
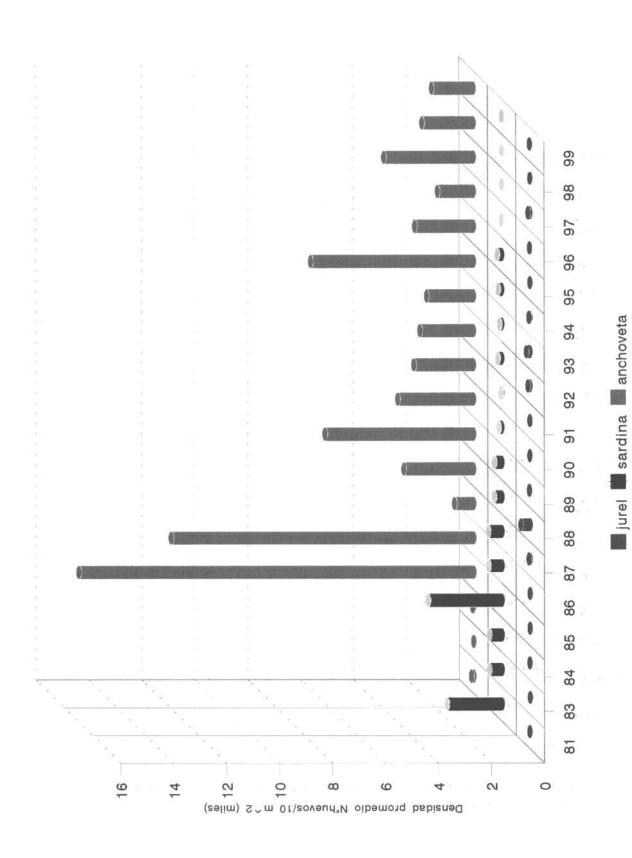
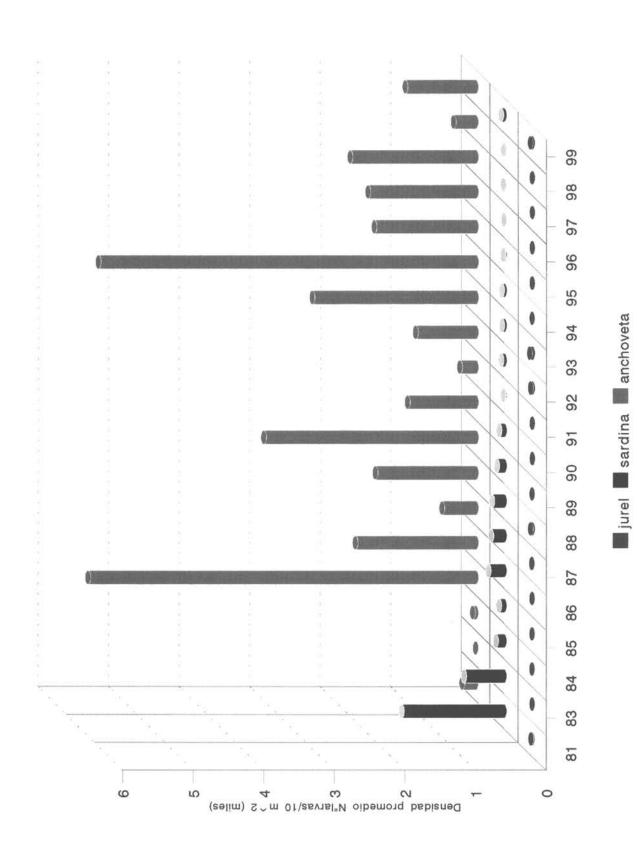


Fig. 71 Densidad promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/2000.

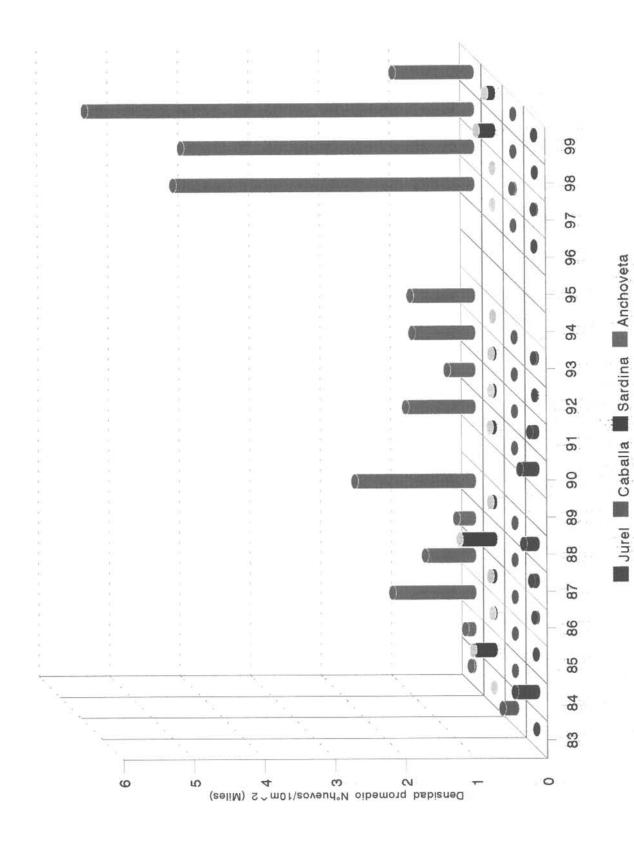


Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta Arica en invierno de los años 1981/1999. Fig.72

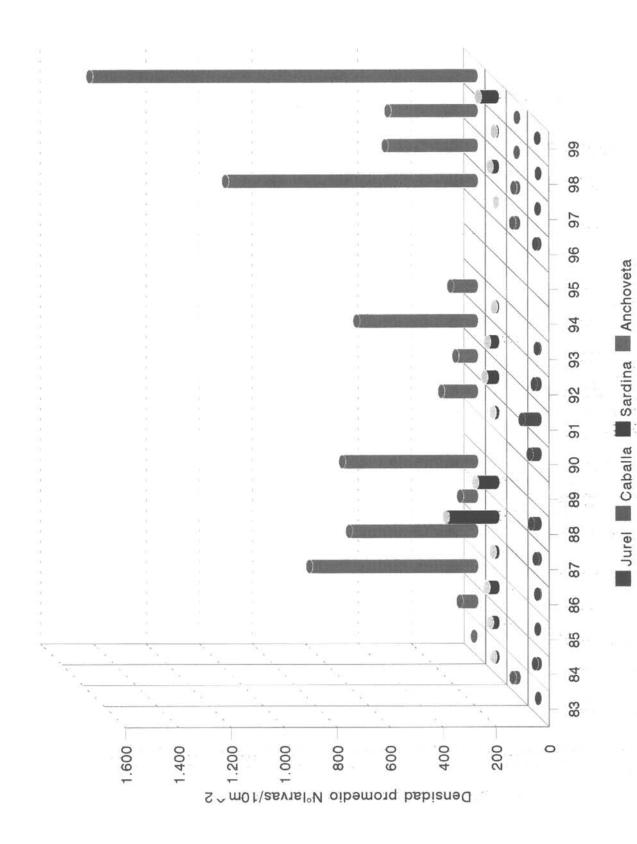


Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta-Arica en invierno de los años 1981/1999.

Fig. 73



Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/1999. Fig. 74



Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/1999.

Fig. 75

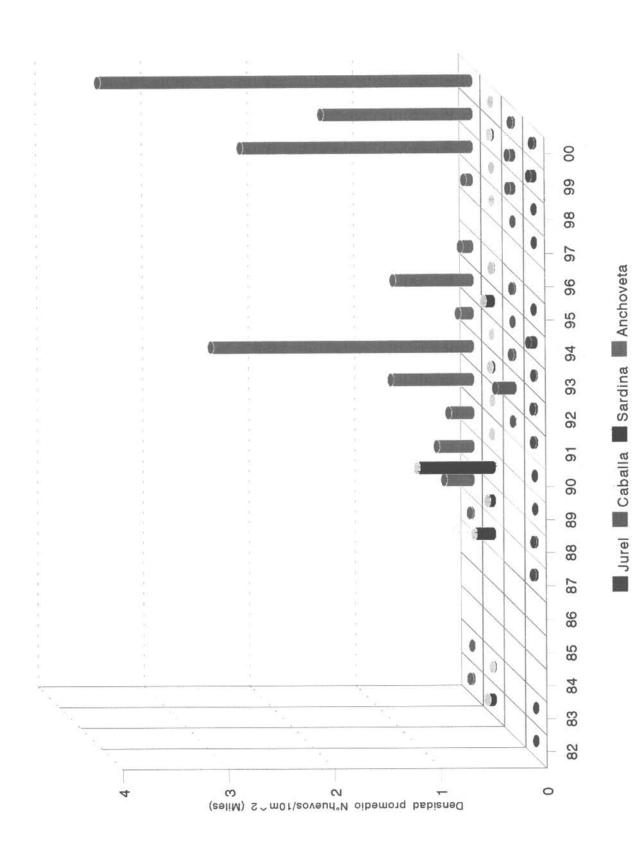
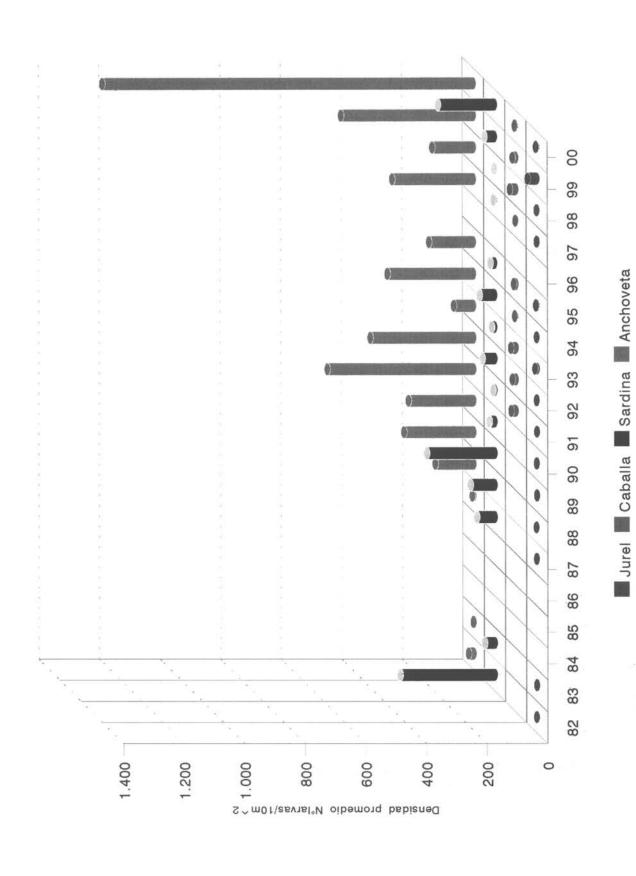


Fig.76 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2000.



Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/2000. Fig.77

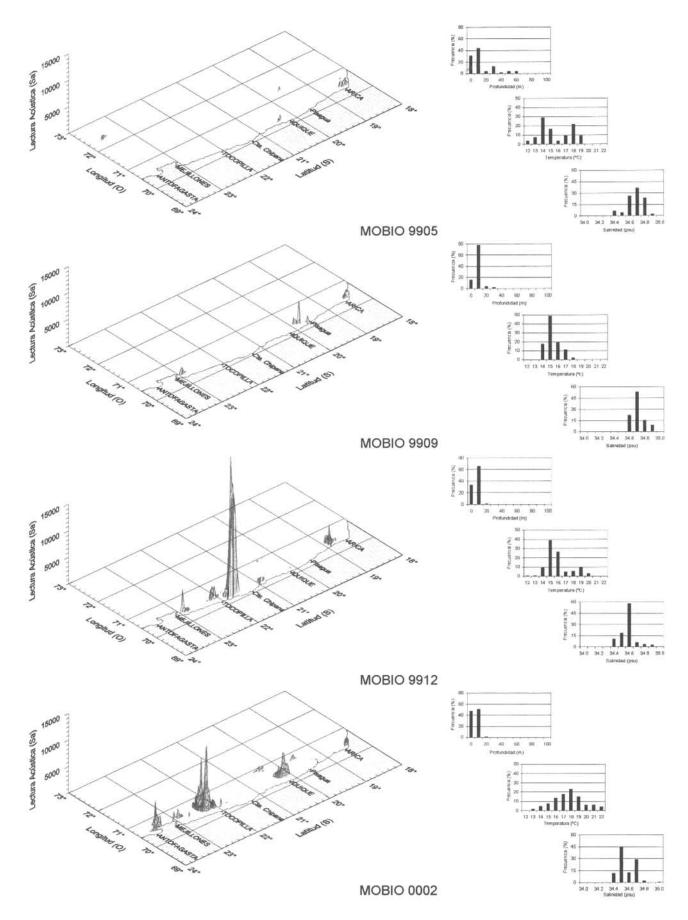


Figura 78. Distribución espacial de anchoveta. Cruceros MOBIO 9905, 9909, 9912 y 0002.

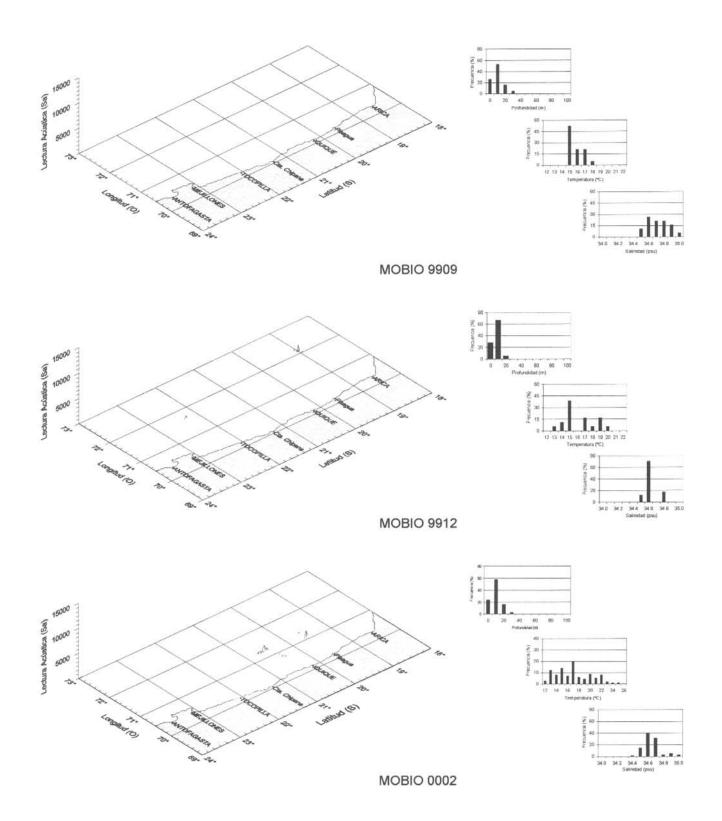


Figura 79. Distribución espacial de jurel. Cruceros MOBIO 9905, 9909, 9912 y 0002.

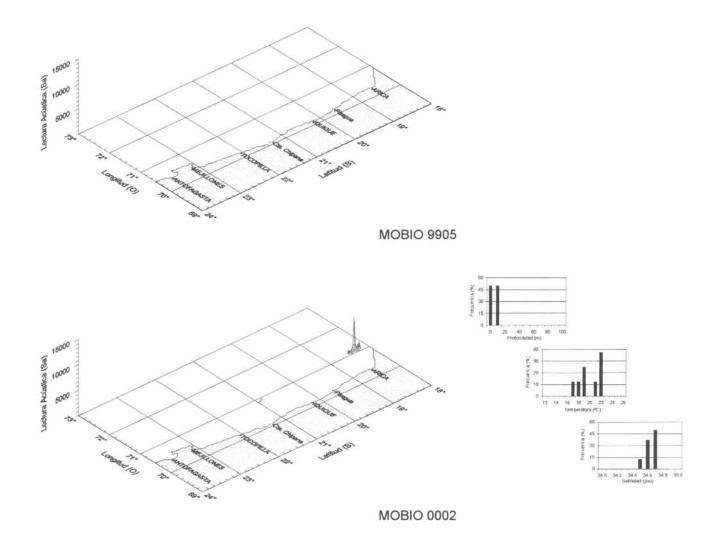


Figura 80. Distribución espacial de sardina. Cruceros MOBIO 9905, 9909, 9912 y 0002.

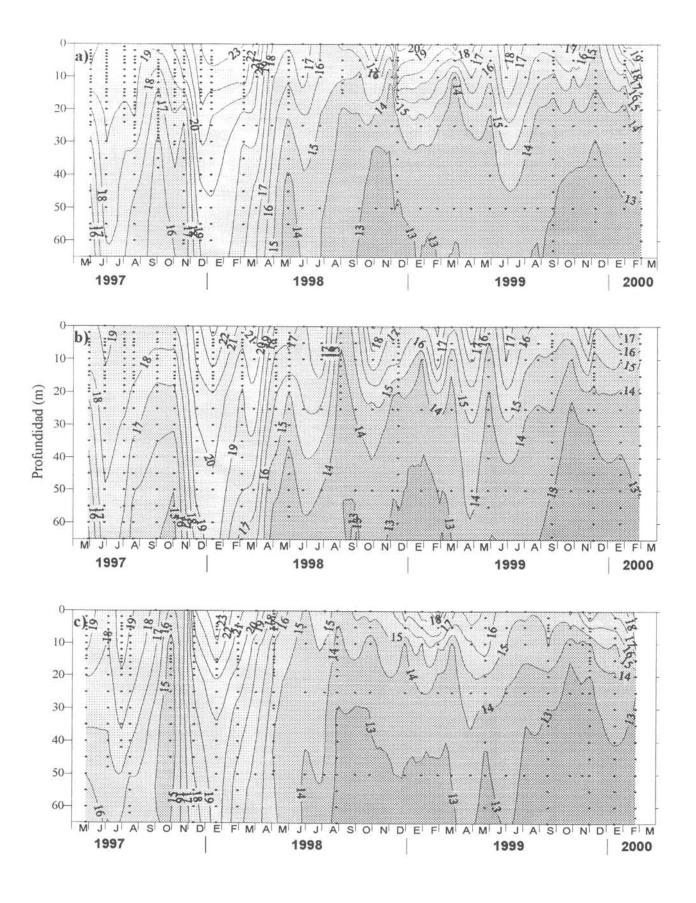


Figura 81.- Distribución temporal de temperatura en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 2000.

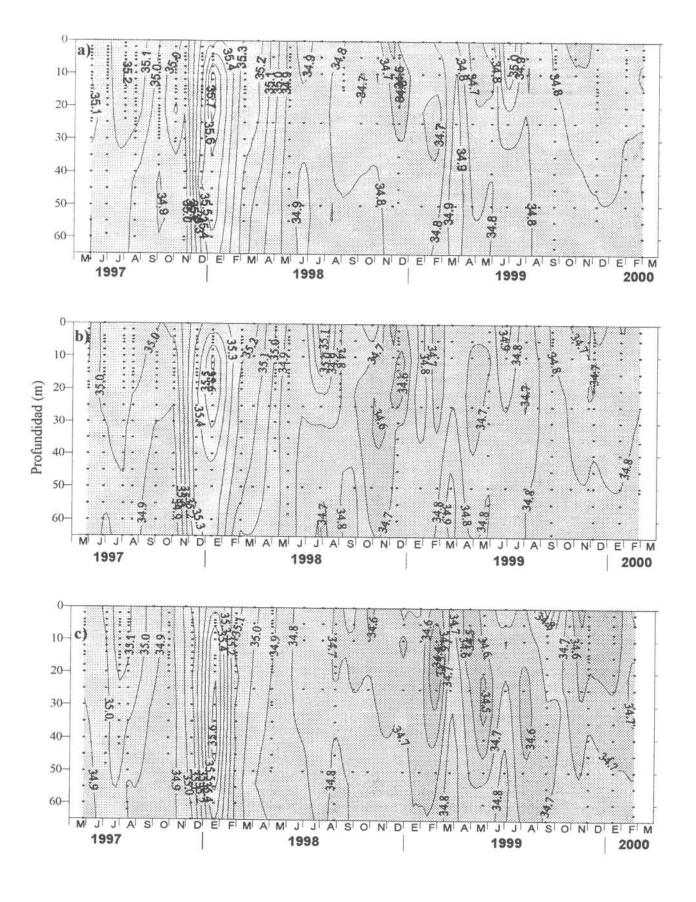


Figura 82.- Distribución temporal de salinidad en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 2000.

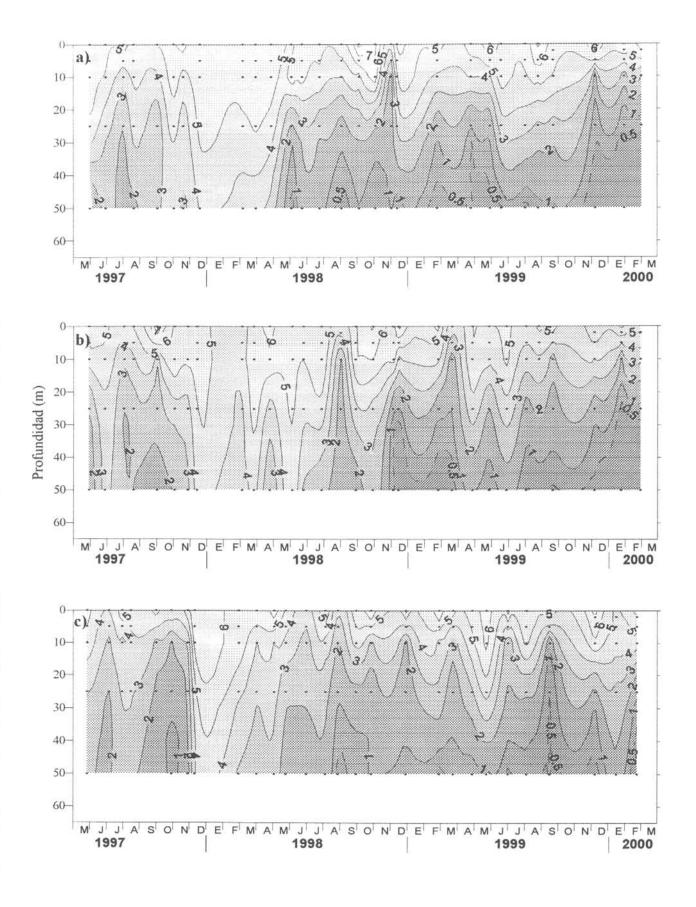


Figura 83.- Distribución temporal de oxígeno en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 2000.

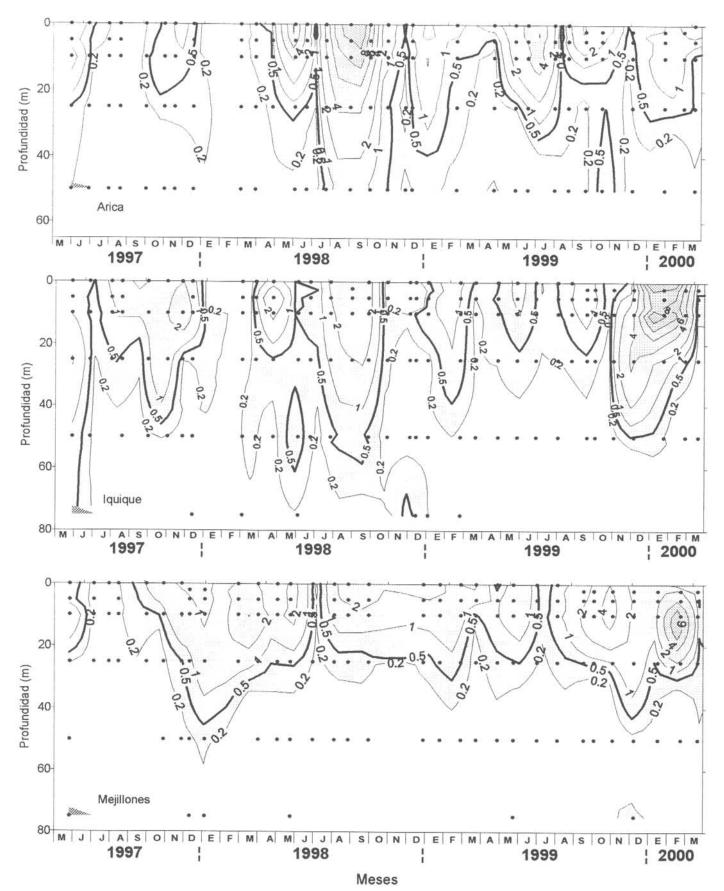
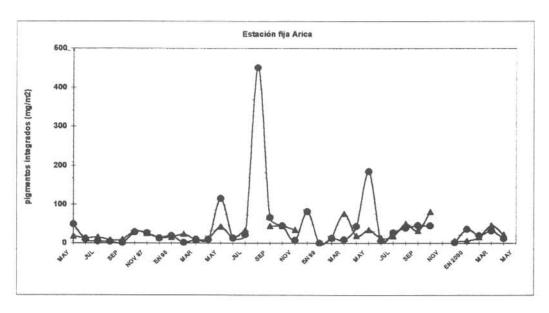
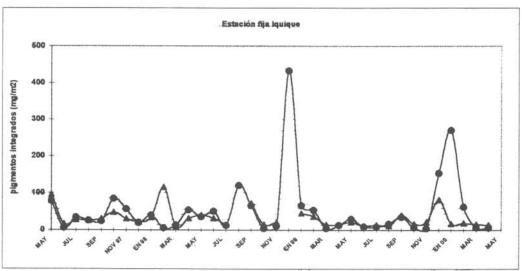


Figura 84. Distribución temporal de la clorofila a (μg/L) en las estaciones de monitoreo de Arica, Iquique y Mejillones.





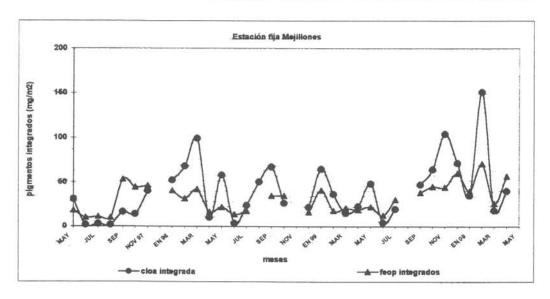
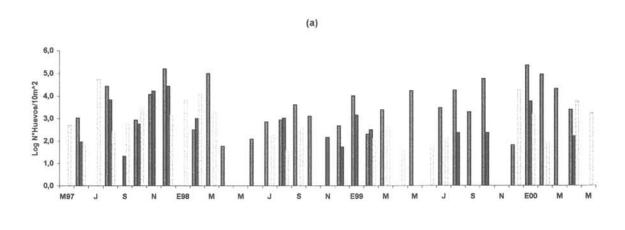


Figura 85. Distribución temporal de la clorofila a y los feopigmentos integrados (mg/m2), en las estaciones de monitoreo, entre mayo de 1997 y mayo del 2000.



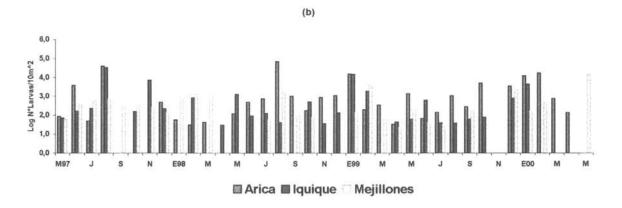
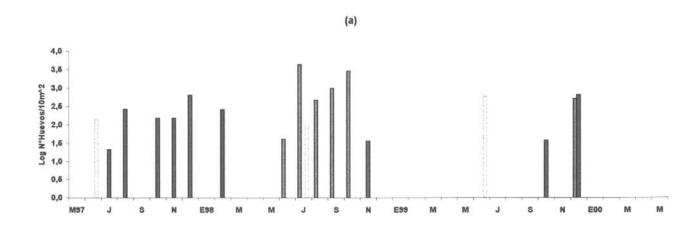


Fig. 86 Distribución y abundancia temporal de(a) huevos y (b) larvas de anchoveta en estaciones fijas de Arica, lquique y Mejillones. Mayo 1997 - Mayo 2000.



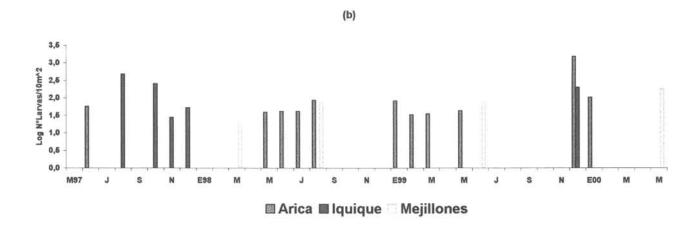
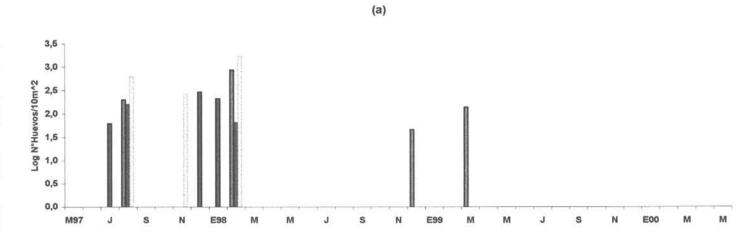


Fig. 87 Distribución y abundancia temporal de(a) huevos y (b) larvas de sardina en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Mayo 2000.



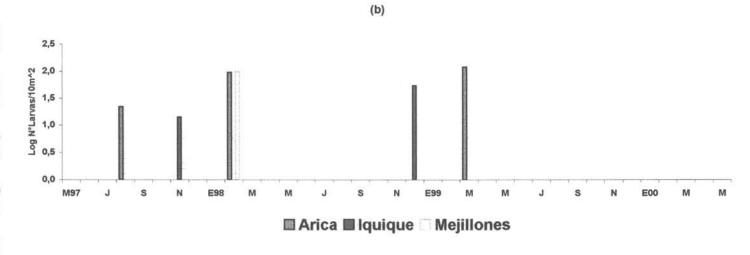
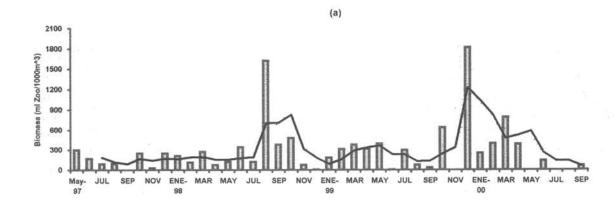
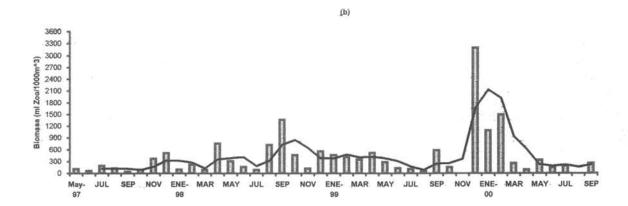


Fig. 89 Distribución y abundancia temporal de(a) huevos y (b) larvas de caballa en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Mayo 2000.





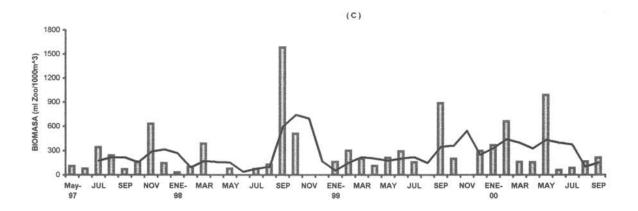


Fig. 90 Distribución y abundancia temporal de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones.

Mayo 1997 - Septiembre 2000.

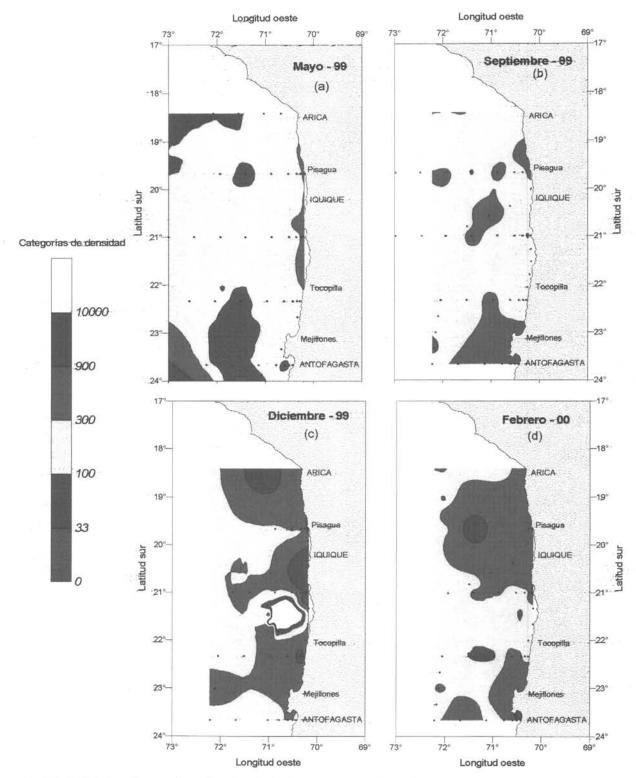


Fig. 91.- Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica. Cruceros trimestrales 1999-2000. (ml de zooplancton/1000m^3 de agua filtrada) (a) Otoño 1999, (b) Invierno 1999, (c) Primavera y (d) Verano 2000.