



INFORME FINAL

FIP Nº 98 - 08

# Monitoreo acústico estacional de las condiciones bio - oceanográficas en las Regiones I y II (Etapa I)



octubre

1 9 9 9

## **REQUIRENTE**

**CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP**  
**Presidente del Consejo: JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ**

## **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP**  
**Director Ejecutivo: PABLO ALVAREZ TUZA**

• Octubre de 1999 •



## **JEFE DE PROYECTO**

**MAURICIO BRAUN A.**

## **AUTORES**

**MAURICIO BRAUN A.  
JOSÉ LUIS BLANCO G.  
JORGE OSSES R.  
JORGE CASTILLO P.  
HERNÁN MILES U.**



## I. RESUMEN EJECUTIVO

Entre el 22 de febrero y el 02 de marzo de 1999, se realizó a bordo del B/I "Abate Molina" un crucero de monitoreo que abarcó entre las latitudes 18°25'S, Arica (I Región) y 23°40'S, Antofagasta (II Región) y longitudinalmente desde la costa hasta una distancia máxima de 100 millas. Este crucero forma parte del proyecto FIP 98-08 "Monitoreo acústico estacional de las condiciones bio-oceanográficas en las regiones I y II (Etapa I)".

Se presentan los resultados del monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas y de la evaluación de la biomasa y distribución espacial de la anchoveta en las subzonas Arica - Iquique y Punta Lobos - Mejillones, durante el verano de 1999, incorporando la totalidad de los objetivos y las correcciones solicitadas por el FIP.

El track de muestreo empleado para la prospección estuvo configurado por 49 estaciones bio-oceanográficas dispuestas en 5 transectas perpendiculares a la costa, paralelas entre sí y equidistantes cada 80 mn, realizándose además 12 estaciones adicionales durante la navegación intertransectas y la ocupación de las tres estaciones costeras de vigilancia mensual. Para obtener los datos que permitieran estimar la biomasa y la distribución espacial de los principales recursos pesqueros pelágicos encontrados durante el crucero, se realizó un muestreo acústico especial en las subzonas costeras Arica - Iquique y Punta Lobos - Mejillones, mediante transectas en zig-zag con los vértices separados por 15 mn.

Las estaciones bio-oceanográficas se localizaron a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa. En ellas se obtuvieron registros de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto, clorofila a hasta una profundidad máxima de 300 m, penetración de la luz y pescas planctónicas mediante arrastres verticales desde profundidades



máximas de 100 m a superficie con una red modelo WP-2 de 297 micras de abertura de mallas, complementada con medidores de flujo TSK calibrados a objeto de poder cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance planctónico.

El muestreo cuantitativo del zooplancton consideró la determinación de la distribución geográfica y abundancia del ictioplancton de anchoveta, sardina, jurel y caballa y su variabilidad con respecto a cruceros precedentes realizados en la misma época y zona de estudio. En forma adicional se entrega un estimado de la biomasa zooplanctónica para la estación de verano de 1999, obtenido a través de la medición de biovolúmenes, aspecto no contemplado en las bases especiales y administrativas del proyecto.

Los resultados obtenidos indican que el recurso anchoveta fue detectado en toda el área costera de la zona de estudio, presentando densidades bajas entre Arica e Iquique, incrementándose desde Iquique hacia el sur de la zona prospectada. Longitudinalmente el recurso se detectó entre la costa y las 23 mn; batimétricamente se ubicó entre los 5 y 25 m, registrándose sobre el 80% de los cardúmenes en los primeros 10 m de profundidad, presentando la tendencia de localizarse en rangos de 16° a 19° C de temperatura y 34,5 a 34,7 psu de salinidad.

El jurel se detectó en densidades medias y bajas, con agregaciones esporádicas de alta densidad, su patrón de distribución se caracterizó por presentar dos sectores, uno oceánico que se localizó entre las 35 y 100 mn desde el límite norte de la prospección hasta el paralelo 22°20'S y el otro ubicado en las primeras 22 mn de la costa entre Punta Lobos ( 21°00'S) y Tocopilla (22°00'S). En el sentido vertical, se distribuyó entre los 5 y 125 m de profundidad, detectándose preferentemente entre los 5 y 15 m de profundidad.



La caballa se presentó en bajas densidades localizándose preferentemente entre las 10 y 30 mn en la mitad sur del área de estudio y batimétricamente se ubicó entre los 5 m y 15 m de profundidad

La sardina se detectó solamente en el sector ubicado entre las 10 y 25 mn desde caleta Chipana (21°20'S) hasta caleta Paquica (21°50'S) y a 45 mn al oeste de la costa en el paralelo 22°20'S entre los 5 y 35 m de profundidad, con una mayor frecuencia de cardúmenes en el estrato de los 15 m. Las temperaturas límites más frecuentes de la distribución de sardina fueron 15°, 17° y 19 °C, mientras que la salinidad fue de 34,6 psu .

La biomasa de anchoveta en el verano de 1999 y para las subzonas costeras Arica - Iquique y Punta Lobos - Mejillones, alcanzó a 1.370 y 182.632 t, respectivamente.

Los índices de cobertura (IC) señalan que la anchoveta fue la especie que presentó una mayor presencia en la zona de estudio, el jurel fue la especie que se presentó en segundo lugar, los recursos caballa y sardina tuvieron escasa presencia espacial.

Los índices de densidad (ID) señalan que, no obstante la escasa presencia espacial de la sardina, sus niveles de densidad fueron los más altos de las especies detectadas, superando a la anchoveta que aún cuando tuvo una mayor cobertura, sus niveles de densidad fueron menores. De manera similar, la caballa también registró niveles de concentración mayores que el jurel.

Los valores de temperatura superficial observados durante el crucero de verano de 1999, se encuentran entre 15,9 y 25,7°C, con una anomalía promedio de 0,2°C, lo que no concuerda con lo señalado por los índices globales, que indican la presencia de un período frío. Esta anomalía positiva en la temperatura, se extiende en la columna de agua hasta los 100 m de profundidad.



En la salinidad, se observan anomalías negativas en superficie, debido a una leve disminución de la presencia de aguas subtropicales, pero se incrementa en los primeros 40 m debido a una profundización e intensificación del mínimo subsuperficial de salinidad, correspondiente a aguas subantárticas.

En el verano de 1999, los principales centros de surgencia se ubican en el sector de la península de Mejillones y entre Punta Lobos y Pisagua.

La circulación en la columna de agua presentó un intenso flujo hacia el Ecuador y una pequeña intrusión desde el nor-oeste, concordando con los patrones normales de circulación en la zona.

La biomasa fitoplanctónica en prácticamente toda la zona muestreada, experimentó una disminución durante el verano de 1999, manteniéndose casi todas las transectas bajo un régimen de baja acumulación de biomasa fitoplanctónica.

La zona costera mantiene niveles de cloa cercanos a  $1\mu\text{g/L}$ . La excepción a este sistema se estableció en la transecta 3, en la que se midió valores altos de cloa los que llegaron a ser de en forma discreta de hasta  $6\mu\text{g/L}$  e integrada superiores a  $200\text{mg/m}^2$ . Con una profundización significativa del máximo de cloa.

Con excepción de los estadios de desarrollo agrupados bajo la denominación de "otras especies", anchoveta aparece como la más abundante en términos de dominancia numérica, con valores de 66,0% para los huevos y de 21,8% en el caso de las larvas, lo que señala una importante actividad reproductiva en el área de estudio. Las densidades de huevos y larvas fluctuaron entre 84 y 49.410 con una media en los 6.906 y entre 25 y 3.436 con una media en los 668 para las fases larvarias.



Durante el crucero de verano de 1999, la distribución y abundancia de huevos de sardina en época identificada como de reproducción secundaria (febrero-marzo), señala una importante actividad reproductiva en todo el rango latitudinal de la zona de estudio con totales de 953 huevos y 1.619 larvas, fluctuando estas abundancias entre 28 y 394 con una media en los 159 para el estadio de huevo y entre 24 y 384 con una media en los 101 para las fases larvarias.

Los huevos y larvas de jurel presentan escasos niveles de abundancia exhibiendo para cada uno de dichos estadios una dominancia numérica de 2,4% y 1,5%.

En verano de 1999 se determinaron 9 estaciones positivas para huevos y 6 para larvas de caballa con totales de 2.530 huevos y 470 larvas .

Como tendencia general, se presenta una disminución de la biomasa zooplanctónica hacia las estaciones más oceánicas y hacia el sur del área de estudio, exhibiendo la biomasa una tendencia a la homogeneidad, mostrando valores de rangos normales con sectores neríticos bien definidos con biomásas superiores a las que se registran en las zonas adyacentes. Las muestras estuvieron constituidas en general por copépodos, quetognatos y eufaúsidos, presentándose en escasas ocasiones salpas coloniales de pequeño tamaño.





## II. INDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO .....	1
II. INDICE GENERAL.....	7
III. PERSONAL PARTICIPANTE.....	9
IV. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	11
V. OBJETIVOS .....	19
VI. INTRODUCCIÓN .....	21
VII. METODOLOGIA DE TRABAJO .....	27
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	49
IX. CONCLUSIONES .....	89
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	93

TABLAS

FIGURAS





### III. PERSONAL PARTICIPANTE

#### INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

##### **Oceanografía Física**

José Luis Blanco G.      Oceanógrafo  
Hernán Reyes R.      Operador Marino

##### **Oceanografía Biológica**

##### **Ictioplancton**

Mauricio Braun A.      **Jefe de Proyecto**  
Hernán Miles U.      Técnico

##### **Fitoplancton – Clorofila a, Penetración de la luz**

Jorge Osses R.      Profesor de Química

##### **Acústica**

Jorge Castillo P.      Ingeniero Pesquero

#### **EMPRESA PESQUERA EPERVA S.A.**

José Raúl Cañón C.      Oceanógrafo  
Guillermo Pizarro      Técnico Pesquero





## IV. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

- Tabla 1. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO-9902, Verano 1999.
- Tabla 2. Categorías por densidad.
- Tabla 3. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Crucero MOBIO 9902.
- Tabla 4. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de *Vinciguerria lucetia*.
- Tabla 5. Resultados históricos de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I Abate Molina en la frecuencia de 38 KHZ, por longitud de pulso.
- Tabla 6. Indices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) por especie, con datos cada 0,5 y 2 mn.
- Tabla 7. Estimados de biomasa de anchoveta por subzona. Crucero MOBIO 9902.

### FIGURAS

- Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bioceanográficas. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.
- Figura 2. Dirección e intensidad del viento medido en las estaciones. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.



- Figura 3. Distribución superficial de temperatura, anomalía de temperatura superficial, profundidad de la isoterma de 15°C y anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.
- Figura 4. Distribución superficial de salinidad, anomalía de salinidad, densidad (sigma-t) y concentración de oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.
- Figura 5. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 5. Latitud 18°25`S. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.
- Figura 6. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 4. Latitud 19°40`S. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.
- Figura 7. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 3. Latitud 21°00`S. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.
- Figura 8. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 2. Latitud 22°20`S. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.
- Figura 9. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 1. Latitud 23°40`S. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.



- Figura 10. Distribución vertical de anomalía de temperatura y salinidad en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Crucero MOBIO 9902.
- Figura 11. Diagrama t-s por transecta. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.
- Figura 12. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db y 200 db y Anomalía geopotencial de 200 referida a 500 db. Crucero MOBIO 9902.
- Figura 13. Distribución superficial de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) y valores integrados de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\text{mg/m}^2$ ).
- Figura 14. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Crucero MOBIO 9902.
- Figura 15. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Crucero MOBIO 9902.
- Figura 16. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Crucero MOBIO 9902.
- Figura 17. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Crucero MOBIO 9902.
- Figura 18. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Crucero MOBIO 9902.
- Figura 19. Diagramas de distribución funcional entre la clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) e integrada ( $\text{mg/m}^2$ ) y la temperatura (a, b), salinidad (c, d) y profundidad de la isoterma de 15°C (e, f).



- Figura 20. Diagramas de distribución funcional entre la clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) y la integrada ( $\text{mg/m}^2$ ) versus la profundidad del disco Secchi (m).
- Figura 21. Distribución y abundancia de Huevos de (a) Anchoveta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Caballa. Crucero MOBIO 9902. Febrero-Marzo 1999.
- Figura 22. Distribución y abundancia de Larvas de (a) Anchoveta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Caballa. Crucero MOBIO 9902. Febrero-Marzo 1999.
- Figura 23. Distribución y abundancia de Huevos y Larvas de *Vinciguerria lucetia*. (a) Huevos Verano 1999, (b) Larvas Verano 1999, (c) Huevos Primavera 1998 y (d) Larvas Primavera 1998. Crucero MOBIO 9902. Febrero-Marzo 1999.
- Figura 24. Variación temporal de la intensidad de desove de Huevos y Larvas de anchoveta, sardina y jurel para el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 1999.
- Figura 25. Distribución y abundancia estacional de Huevos de anchoveta. Período Otoño 1996 a Verano de 1999.
- Figura 26. Distribución y abundancia estacional de Larvas de anchoveta. Período Otoño 1996 a Verano de 1999.
- Figura 27. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1982/1999.
- Figura 28. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1982/1999.



- Figura 29. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros Verano. Período 1982-1999.
- Figura 30. Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta. Cruceros Verano. Período 1982-1999.
- Figura 31. Distribución y abundancia de Huevos de Sardina. Cruceros Verano. Período 1982-1999.
- Figura 32. Distribución y abundancia de Larvas de Sardina. Cruceros Verano. Período 1982-1999.
- Figura 33. Distribución y abundancia de Huevos de Jurel. Cruceros Verano. Período 1982-1999.
- Figura 34. Distribución y abundancia de Larvas de Jurel. Cruceros Verano. Período 1982-1999.
- Figura 35. Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas de anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/1999.
- Figura 36. Distribución geográfica de anchoveta, jurel, caballa y sardina en el crucero de verano de 1999 MOBIO 9902.
- Figura 37. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de anchoveta, jurel, caballa y sardina como histogramas de frecuencias de los cardúmenes detectados. Crucero MOBIO 9902.



- Figura 38. Distribución temporal de temperatura en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Febrero 1999.
- Figura 39. Distribución temporal de salinidad en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Febrero 1999.
- Figura 40. Distribución temporal de oxígeno disuelto (ml/L) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a Febrero 1999.
- Figura 41. Distribución temporal de la clorofila y los feopigmentos integrados ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ), en las estaciones de monitoreo.
- Figura 42. Diagramas de distribución de la clorofila a y los feopigmentos ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), a los niveles superficial, 10, 25 y 50 m, en la estación fija realizada en Arica.
- Figura 43. Diagramas de distribución mensual de la clorofila a y los feopigmentos ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), a los niveles superficial, 10, 25 y 50 m, en la estación fija realizada en Iquique.
- Figura 44. Diagramas de distribución mensual de la clorofila a y los feopigmentos ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), a los niveles superficial, 10, 25 y 50 m, en la estación fija realizada en Mejillones.
- Figura 45. Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Marzo 1999.



Figura 46. Distribución y abundancia temporal de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Marzo 1999.

Figura 47. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup> de agua filtrada). Crucero MOBIO 9902. Febrero-Marzo 1999.





## 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, en la estación del verano de 1999.

### 2. Objetivos específicos

- 2.1 Describir y analizar el patrón estacional de la 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 Estimar por métodos hidroacústicos, la biomasa de los principales recursos pesqueros pelágicos encontrados en el crucero, en los focos principales de abundancia.
- 2.4 Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual en la estación de verano, 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 incluye el siguiente objetivo adicional.

- 3.1** Describir y analizar la distribución de la biomasa zooplanctónica total, en verano de 1999.



## VI. INTRODUCCIÓN

El sector pesquero se ha convertido en una de las áreas productivas importantes de la economía del país, es así, como durante el año 1998, las exportaciones nacionales correspondientes al sector pesquero, generaron 1.673,8 millones de dólares, cifra inferior en un 10,6% a la obtenida en igual fecha del año anterior. Con respecto a las divisas percibidas por el total de las exportaciones chilenas el sector pesquero aportó, aproximadamente, un 11,3% (IFOP, 1999).

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 en su máximo superior esperado.

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 y a la fecha (semana N°25, 21 al 27 de junio) el desembarque total acumulado en 1999 es de 208.318 t, cifra 3.264% mayor respecto a igual período de 1998.



Actualmente las capturas de sardina están constituidas por ejemplares bajo la talla de primera madurez sexual, lo cual implica que el stock se está reproduciendo, pero sus reclutamientos han sido débiles y no han podido restaurar una biomasa desovante mínima.

La otra especie importante es el jurel, en 1985 se llegaron a capturar más de 500 mil toneladas, sin embargo las capturas han disminuido incluso con el levantamiento de la medida de regulación de la talla mínima de primera captura, registrándose en 1997 la cifra de 191 mil toneladas y en 1998 se obtuvieron 26 mil toneladas.

Los antecedentes expuestos anteriormente, permiten señalar que la industria de reducción de la I y II regiones, depende casi total y exclusivamente de la recuperación del stock de anchoveta.

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, evento ENSO (El Niño y la Oscilación del Sur). Para la I y II Regiones, su captura durante 1996 alcanzó las 815.719 t, 1.341.900 t en 1997, 141.242 t en 1998 y a la fecha (semana N°25, 21 al 27 de junio) el desembarque acumulado para esta especie registra un volumen total de 495.787 t, cifra 333% mayor respecto a igual período de 1998.

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.



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 más de 45 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 detectan nuevamente cambios oceanográficos en el Pacífico ecuatorial, siendo éstos de carácter frío, manifestándose débilmente en nuestras costas a partir de 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 permanecerá hasta el verano y probablemente otoño de 1999, lo que implica que de ser exitoso el último reclutamiento de la anchoveta, esta mostraría sus primeros signos de recuperación a fines de junio de 1999. El proceso de reclutamiento que afecta tanto a las fluctuaciones anuales como a la dinámica de largo plazo de las poblaciones de peces, todavía y después de muchas décadas de investigación es pobremente comprendido. Una razón se debe a las enormes dificultades logísticas y técnicas para seguir de manera

24



rigurosa la secuencia de eventos de manera cuantitativa desde la maduración y desove de una generación de peces a partir de la fase de huevo hasta los estados de larva, post-larva y juvenil y la posible madurez de los sobrevivientes de la nueva generación (Peterman *et al.*, 1988).

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 1999, a objeto de mantener un sistema regular, oportuno y periódico de observación de las condiciones de la pesquería y de su ambiente bioceanográfico, incorporando estaciones costeras de vigilancia mensual que permitan aumentar la frecuencia de observación, complementando de manera eficiente la base de datos disponible.





## VII. METODOLOGIA DE TRABAJO

### 1. Zona de estudio

El área de estudio estuvo comprendida entre Arica - I Región y Antofagasta - II Región, efectuándose un total de 5 transectas perpendiculares a la línea de costa equidistantes cada 80 mn, las que se ubicaron frente a Arica ( $18^{\circ}25'S$ ), Punta Junín ( $19^{\circ}40'S$ ), Punta Lobos ( $21^{\circ}00'S$ ), Punta Copaca ( $22^{\circ}20'S$ ) y Bahía Moreno ( $23^{\circ}40'S$ ), desde la costa hasta una distancia máxima de 100 millas náuticas, realizándose además 14 estaciones bio-oceanográficas adicionales durante la navegación entre transectas.

De acuerdo a los objetivos planteados y a la característica de distribución contagiosa de los recursos objeto del presente estudio, la evaluación de la biomasa de anchoveta en los focos de concentración se realizó mediante un muestreo del tipo adaptativo, intensificando el muestreo entre Arica e Iquique desde 1 hasta 15 mn de la costa y entre Punta Lobos ( $21^{\circ}00'S$ ) y Mejillones. En ambas zonas el muestreo acústico se realizó mediante transectas en zig-zag con los vértices separados por 15 mn.

### 2. Crucero

Durante el período comprendido entre el 22 de febrero y el 02 de marzo de 1999, el Instituto de Fomento Pesquero, IFOP, realizó a bordo del B/I "Abate Molina" el crucero **MOBIO9902**, correspondiente a la estación de verano, incorporando además la ocupación mensual (enero a marzo de 1999) de las tres estaciones costeras de vigilancia localizadas a 2 mn frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones ( **Fig. 1**, **Tabla 1**).



### 3. Metodología por objetivo

#### Objetivo 2.1

**Describir y analizar el patrón estacional de la 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 Colecta de muestras y registro de datos

Se realizaron 49 estaciones oceanográficas distribuidas 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 (**Fig. 1**).

Para cada una de las estaciones de la grilla de muestreo se obtuvieron registros continuos de temperatura (°C), salinidad con 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**.



### 3.1.1 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 m, 47 mm de diámetro), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL. Las muestras se almacenaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  en ambiente anhidro, utilizando como desecante  $\text{CaCl}_2$  para su posterior análisis.

y

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.  $0^{\circ}\text{C}$ . La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación descrita en Parsons *et al.* (1982), 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 fue bajado con un cable medido previamente a intervalos de 1 m. El disco se arrió hasta que este fuera apenas perceptible, por el costado sombreado del barco, registrándose la profundidad, luego se continuó bajándolo hasta que desapareciera completamente. Entonces, se izó lentamente hasta que nuevamente fuera visible consignándose esta segunda lectura. La lectura final del disco se obtuvo al promediar ambas lecturas.

### 3.1.1 Procesamiento de la información

Se realizó una regresión lineal usando el método de los mínimos cuadrados entre los datos registrados mediante el CTD y los datos obtenidos de las muestras discretas, de esta manera se verificó que los datos correspondieran a los mismos estratos, disminuyendo así, el error por profundidad generado por el balance del buque.



Posteriormente se calculó la diferencia entre los valores y se revisó si ésta era constante en el tiempo o presentaba alguna variación progresiva. La diferencia encontrada entre los valores de salinidad y los del análisis de las muestras discretas, es constante en el tiempo y presentó valores entre -0,0018 y +0,0014. No siendo necesaria una corrección, ya que se encuentran en el límite de la precisión del salinómetro. A continuación, se revisaron cada uno de los perfiles de temperatura, salinidad y oxígeno, a objeto de validar la información. Para ello se tuvieron presentes los perfiles típicos para el área y época, las características oceanográficas generales del sector, el estado del mar y la operación y funcionamiento de los instrumentos.

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). Para el cálculo de anomalía geopotencial se utilizó la ecuación de LaFond (1951).

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981c); por conveniencia se anotan omitiendo el factor  $10^{-3}$ .

Para la determinación de la anomalía de temperatura y salinidad superficial y vertical 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 y densidad (Sigma-t). Asimismo, se confeccionaron gráficos de distribución vertical para todas las transectas y diagramas **t-s**.



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  $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{L}$ .

Para la adecuada representación de la estructura biológica de toda la columna de agua, se calcularon los valores totales de la biomasa fitoplanctónica en la columna de agua, integrando con interpolación lineal, usándose el promedio aritmético de muestras adyacentes para representar el promedio de la clorofila presente en el estrato entre muestras (Venrick, 1978). Este cálculo permitió representar la clorofila-a en unidades de área ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) y descarta la posibilidad de no representar adecuadamente los máximos sub-superficiales de biomasa fitoplanctónica, que se producen especialmente en período estival (primavera-verano).

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). Los datos de viento corresponden al valor predominante observado durante la ejecución de la estación.



## **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 Diseño de muestreo**

El diseño de muestreo contempló estaciones de muestreo cuantitativo del zooplancton, las que se realizaron en todas las transectas y en cada una de las estaciones programadas según lo indicado en 3.1, además de la ocupación de las tres estaciones costeras de frecuencia de observación mensual.

### **3.2.2 Calibración de flujómetros TSK**

Para calibrar los flujómetros se les remolcó a lo largo de una distancia conocida de agua a distintas velocidades, registrando en forma separada el número de revoluciones para cada prueba. Las velocidades de calibración incluyeron valores lo suficientemente lentos como para definir el punto de fricción de cada aparato y lo suficientemente altos para alcanzar el rango de velocidades a las que los flujómetros fueron sometidos durante la ejecución del crucero de monitoreo y de las estaciones costeras; graficando luego los metros por revolución en función de las revoluciones por segundo.

Los flujómetros utilizados durante el crucero de monitoreo y las estaciones costeras, fueron calibrados a 10 mn al oeste de Iquique, antes del inicio del crucero, 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:

<b>Crucero MOBIO9902</b>	<b>TSK 5721</b>	<b>V = 0,164588</b>	<b>* N - 0,030983</b>
<b>Estaciones costeras</b>	<b>TSK 4896</b>	<b>V = 0,170096</b>	<b>* N - 0,023923</b>

### 3.2.3 Descripción de la red modelo WP-2

Esta es una red cilindro-cónica con una abertura de 57 centímetros (cm) de diámetro (0,25 m<sup>2</sup> de área de boca) y una longitud total de 261 cm. La red está compuesta por dos secciones, la anterior de forma cilíndrica, tiene 57 cm de diámetro y 95 cm de longitud y está confeccionada con malla sintética monofilamento de 297 micras de abertura y posee dos bandas de lona de 10 cm en sus extremos anterior y posterior, destinadas a fijar la red al aro (sector anterior) y para utilizar en forma opcional un mecanismo de estrangulación para pescas planctónicas estratificadas (sector posterior).

La sección posterior es de forma cónica con 57 cm de diámetro anterior, 11 cm de diámetro posterior y 166 cm de largo y está confeccionada con malla de características similares a la sección cilíndrica. La red termina en una sección separable (copo colector) consistente en una bolsa colectora fabricada con malla de iguales características a la descrita para la sección filtrante y a la que se fija mediante una sección tubular de aluminio y abrazaderas metálicas.

El área efectiva de filtración de esta red es de 2,996 m<sup>2</sup> y la relación área filtrante/área de la boca (R) es de 6,48, la cual puede considerarse altamente favorable para evitar la oclusión de las mallas en circunstancias de pescas prolongadas o de gran densidad de plancton (Smith *et al.* (1968)).



### 3.2.4 Colecta de las muestras

Durante el crucero de monitoreo y en las estaciones costeras de frecuencia de observación mensual, se realizaron pescas planctónicas a través de lances verticales con una red modelo WP-2 (UNESCO, 1968), complementada con un medidor de flujo marca TSK el que permitirá cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance.

Las pescas cuantitativas de zooplancton orientadas a determinar la abundancia de los huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, se realizaron mediante arrastres verticales desde profundidades máximas de 100 m hasta la superficie, o desde 5 m sobre el fondo, en el caso de registros batimétricos menores a la profundidad límite de muestreo. La red fue calada a una velocidad aproximada de 0,8 m/s e izada a 0,6 m/s. La profundidad real de muestreo fue corregida mediante la medición del ángulo del cable a máxima profundidad, a través de un inclinómetro manual, fluctuando éste entre 2 y 36°.

Las muestras obtenidas en cada una de las estaciones fueron fijadas inmediatamente después de extraídas del copo colector de la red, 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 estas muestras fueron extraídas del colector, para evitar de esta manera un posible deterioro de los ejemplares capturados.

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 climática de carácter complementario.



### 3.2.5 Procesamiento de las muestras y análisis de la información

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 la
- 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 Castilla, (1971); 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).

Para efectos comparativos el número de huevos y larvas obtenido en las diferentes pescas, se estandarizó a una base común en términos de número de huevos y larvas,



presentes en una unidad de área estándar de 10 m<sup>2</sup>, de acuerdo a 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).

$w$  = volumen de agua filtrado (m<sup>3</sup>).

$c$  = número de huevos o larvas en la muestra.

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

$$d = L_o * \cos \theta$$

donde :

$L_o$  = 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 (m<sup>3</sup>/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.

$a$  y  $b$  = constantes

Basado en los valores cuantitativos de los análisis y con el propósito de contar con antecedentes comparativos entre las fases de desarrollo de las especies ictioplanctónicas, 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 de anchoveta, sardina, jurel y caballa se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada y el software SURFER 6.0.



Para efectos de caracterizar las variaciones del ictioplancton de anchoveta, sardina, jurel y caballa, se emplearon datos estandarizados de los niveles de abundancia del ictioplancton de las especies objetivo obtenidos en veranos precedentes para la zona Antofagasta - Arica desde la costa hasta una distancia máxima de 100 mn hacia el oeste.

El error del estimado de abundancia del ictioplancton de las especies objetivo del proyecto, fue calculado de acuerdo a las siguientes relaciones.

#### A.- Estimación de la densidad de huevos y/o larvas por estaciones positivas

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

donde:

n = número de estaciones positivas

Y<sub>i</sub> = número de huevos y/o larvas en la estación positiva i;

#### B.- Estimación de la varianza del estimador $\bar{y}$

se calculó por :

$$\hat{V}[\bar{y}] = \left[ \frac{1}{n} \right] \frac{1}{n-1} \left\{ \sum y_i^2 - n\bar{y}^2 \right\}$$

$$\hat{\sigma}_{\bar{y}} = \sqrt{\hat{V}[\bar{y}]}$$

Una medida de la eficiencia de la estimación esta dada en términos del coeficiente de variación :



$$CV[\bar{y}] = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{y}}$$

El cual es también una medida de estimación de abundancia de huevos y/o larvas según sea el caso.

Para el análisis de la variable temperatura superficial v/s niveles de abundancia de larvas de anchoveta y sardina se consideran los rangos y promedio de la temperatura superficial obtenido de acuerdo al criterio de la desviación típica y un índice de la intensidad y concentración del desove, estimado a través de la densidad promedio por estaciones positivas.

### 3.3 Objetivo 2.3

**Estimar por métodos hidroacústicos, la biomasa de los principales recursos pesqueros pelágicos encontrados en el crucero, en los focos principales de abundancia.**

#### 3.3.1 Calibración electroacústica del sistema

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 utilizó un blanco estándar de cobre diseñado para la frecuencia de 38 KHz, según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Acústica del ICES y por el



fabricante (Foote *et al.*, 1987). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de  $\pm 0,5$  dB, siendo aceptable con  $\pm 1$  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 al presente crucero se efectuaron en Valparaíso el 21 de noviembre de 1998, antes del inicio de la prospección. 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 según:

donde:

$$G_1 = G_0 + \frac{TSm - TSb}{2}$$

$G_1$  = nueva ganancia del transductor

$G_0$  = ganancia antigua

$TSm$  = intensidad de blanco medida (dB)

$TSb$  = intensidad de blanco teórico (dB)

40



Para ajustar los parámetros de las lecturas del econtegrador ( $S_a$ ) se aplicó el siguiente procedimiento:

$$G_1 = G_0 + \frac{10 \log \frac{S_{a(m)}}{S_{a(t)}}}{2}$$

siendo:

$$S_{a(t)} = \frac{4\pi r_0^2 S_{bs} (1852)^2}{\Psi r^2}$$

donde:

$S_{bs}$  = 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).

$S_{a(t)}$  = salida teórica del econtegrador.

$S_{a(m)}$  = salida medida del econtegrador.

### 3.3.2 Muestreo acústico

El muestreo acústico se realizó mediante transectas perpendiculares a la costa separadas por 80 mn, cubriéndose el área de estudio con un total de 5 transectas. La prospección se realizó en forma continua durante la navegación, discretizándose la información en intervalos de 0,5 mn (ESDU). Se prospectó hasta los 300 m de profundidad, econtegrándose los registros desde la superficie hasta los 300 m.

De acuerdo a los objetivos planteados y a la característica contagiosa de los recursos objeto del presente estudio, la evaluación de la biomasa de anchoveta en los focos de concentración se realizó mediante un muestreo del tipo adaptativo, intensificando el



muestreo entre Arica e Iquique desde 1 hasta 15 mn de la costa y entre Punta de Lobos (21°00'S) hasta Mejillones. En ambas zonas el muestreo acústico se realizó mediante transectas en zig-zag con los vértices separados por 15 mn.

### 3.3.3 Identificación de especies

La identificación de especies fue realizada mediante la aplicación del método acústico (Guzmán *et al*, 1983), que considera el análisis de la forma geométrica de los cardúmenes y su relación con la señal acústica, según la siguiente formulación:

$$S_v = \frac{C1 * V^2}{L * D}$$

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 econtegrador.
- L = longitud de la agregación (m).
- D = altura media de la señal remitida por la agregación (m).

### 3.3.4 Distribución de los recursos

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



Los mapas de distribución espacial se confeccionaron realizando una interpolación según el método de la distancia inversa al cuadrado entre las ESDU's y transectas cercanas, trazando líneas de isodensidad según las categorías señaladas anteriormente.

### 3.3.5 Índices 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 realiza según:

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

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 éstos. El procedimiento de cálculo es:

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

donde:

k = número de observaciones acústicas con presencia de recurso

z = número total de observaciones acústicas en el crucero.

Sa<sub>ij</sub> = lecturas acústicas en la i-ésima ESDU de la j-ésima transecta.

C<sub>e</sub> = factor de ecointegración, obtenido en base a un TS<sub>kg</sub> de -32,5 dB/kg (t/mn<sup>2</sup>/Sa).

IC = índice de cobertura (%)

ID = índice de densidad en t/mn<sup>2</sup>.



### 3.3.6 Estimación de la biomasa

La biomasa por cada subárea se calculó según el siguiente procedimiento.

Un estimador apropiado para evaluar la biomasa ( $\hat{B}$ ) está dado por:

$$\hat{B} = A \hat{R} \hat{C}_b$$

donde:

- $A$  = área de estudio en millas náuticas cuadradas
- $\hat{R}$  = estimador de razón de densidad media por número de intervalos básicos de muestreo.
- $\hat{C}_b$  = coeficiente de ecointegración ( $t/mn^2/Sa$ ).

El coeficiente de ecointegración se calcula según:

$$C_b = \frac{(4 * \pi * 10^{\frac{TS_{kg}}{10}})}{1000}$$

Donde  $TS_{kg}$ , corresponde a 1kg de pescado, siendo la razón ( $\hat{R}$ ) correspondiente a las lecturas acústicas del ecointegrador ( $Sa$ ) por ESDU, según la norma internacional, calculándose según:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

donde:

- $n$  = número de transectas de la muestra
- $x_i$  = densidad de la transecta  $i$ -ésima.
- $y_i$  = número de ESDU (según la norma internacional), en la transecta  $i$ -ésima.



La lectura acústica del ecoinTEGRADOR por ESDU, corresponde a la expresión:

$$S_a = 4\pi * S_v * R_o^2 * (1852m) / (r_2 - r_1(mn^2))$$

donde:

- $S_a$  = lecturas promedio del ecoinTEGRADOR por ESDU, en este caso se señala como la razón ( $\hat{R}$ )
- $S_v$  = coeficiente volúmetrico de dispersión ( $m^2/m^2$ ).
- $R_o$  = profundidad de referencia del blanco (m).
- $r_2, r_1$  = límites superior e inferior de la ecoinTEGRACIÓN ó de los estratos programados (m).
- 1.852 = factor de transformación de m a mn.
- m y  $mn^2$  = metros y millas náuticas cuadradas.

### 3.4 Objetivo 2.4

**Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual en la estación de verano, 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.**

Las estaciones costeras de monitoreo ubicadas a 2 mn al oeste de los puertos de Mejillones, Iquique y Arica, fueron realizadas desde enero a marzo de 1999 a bordo de embarcaciones pesqueras. En ellas se obtuvo muestras de agua para el análisis de salinidad, oxígeno disuelto, clorofila a y registros de temperatura en superficie y a las profundidades estandares de 10, 25 y 50 m, utilizando botellas Niskin de 1,7L equipadas con termómetros de inversión. Las muestras de oxígeno fueron fijadas a



bordo y su análisis se realizó en laboratorio en tierra antes 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 les hizo un tratamiento de frío 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 del crucero estacional. 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 anteriormente.

### **3.5 Objetivo 2.5**

**Describir y analizar la distribución de la biomasa zooplanctónica total, en verano de 1999.**

Con posterioridad a la extracción del ictioplancton y a objeto de evitar posibles daños a los huevos y larvas de peces que pudieran dificultar su identificación y posterior clasificación, se procedió a la determinación de la biomasa zooplanctónica, como medida estimativa de la productividad secundaria de la zona de estudio.



Para la muestra total de zooplancton se determinó su 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 corresponderá al promedio de ambas determinaciones. Se excluyeron solamente de las mediciones aquellos organismos cuyo volumen exceda los 5 ml.

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

$$Y = 1.000 \left( \frac{x}{w} \right)$$

donde:

Y = ml de zooplancton por 1.000 m<sup>3</sup>

x = ml de zooplancton

w = Volumen de agua filtrada por la red (m<sup>3</sup>)





## VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

### Objetivo 2.1

Describir y analizar el patrón estacional de la 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 ambientales

##### 1.1 Viento

El viento medido en cada una de las estaciones oceanográficas durante el desarrollo del crucero, presentó gran variabilidad en intensidad, con una dirección predominante del segundo y tercer cuadrante (**Fig. 2**). La magnitud del viento alcanzó un máximo de 9,26 m/s y una media de 4,3 m/s. Respecto del verano de 1998 (Braun *et al*, 1999) estos vientos son en promedio de mayor intensidad, sin embargo los máximos valores observados son menores. Considerando que las estaciones son realizadas durante diferentes días y horas, la variabilidad en dirección e intensidad estaría asociada al ciclo diario.

##### 1.2 Temperatura

La temperatura superficial durante el crucero de verano, presenta una distribución característica para la zona, donde los valores aumentan de costa a océano y de sur a norte (**Fig. 3**). Los valores observados se encuentran entre 15,93 y 25,77°C, con un gradiente costero de significativa intensidad, especialmente entre Arica y Punta



Lobos, hacia el sur se debilita notoriamente. Los mínimos valores se encuentran en el sector costero entre Pisagua y Punta Lobos.

La anomalía de temperatura superficial, con respecto a los promedios de largo plazo de Blanco (1996) (**Fig. 3**), es en promedio para el área de  $0,2^{\circ}\text{C}$ , lo que se puede considerar como normal. Valores mayores de  $2^{\circ}\text{C}$  se ubican en el sector costero entre Punta Lobos y Tocopilla y valores negativos, que alcanzan hasta  $-3,6^{\circ}\text{C}$ , se presentan frente a Pisagua.

La isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  (**Fig. 3**), que representa la base de la termoclina entre la latitud  $18^{\circ}\text{S}$  y  $24^{\circ}\text{S}$ , durante períodos normales (Enfield, 1980; Blanco y Díaz, 1985), presentó su distribución característica, ésto es que los valores aumentan de costa hacia el océano, con una profundidad promedio de 30 m y una máxima de 98 m a 100 millas a la cuadra de Antofagasta.

Respecto de la profundidad históricamente registrada (Blanco, 1996) (**Fig. 3**), la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  se encuentra a 20/30 m más profunda en dos sectores, uno entre Arica y Tocopilla, que penetra desde el sector oceánico hasta unas 20 mn frente a Punta Lobos. El otro núcleo se ubica en el área oceánica frente a Antofagasta. En el sector costero entre Pisagua y Punta Lobos, esta isoterma se ubica a menor profundidad que los valores promedio, producto de la importante surgencia que se presenta en ese sector.

El hundimiento de la isoterma en los núcleos de mayor profundidad es producto de giros anticiclónicos que generan un ascenso del nivel del mar y una depresión de las isotermas.

La distribución de temperatura entre la superficie y 400 m de profundidad (**Figs. 5 a 9**), muestra una capa de mezcla de 10 a 20 m de espesor en el sector oceánico y 50



menor hacia la costa. La termoclina se encuentra bien desarrollada, disminuye su espesor de norte a sur y presenta un gradiente del orden de  $2^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ . En el sector costero, en los primeros 50 - 80 m se aprecia un ascenso de las isotermas, por debajo de esa profundidad se evidencia un hundimiento, que es mayor en las transectas 1 y 2 (sector sur del área de estudio).

La anomalía de temperatura en la columna de agua (**Fig. 10**) calculada sobre la base de los promedios de largo plazo de Blanco **op. cit.**, para la transecta 3 ( $21^{\circ}\text{S}$ ), presenta anomalías positivas en los primeros 100 m de profundidad por fuera de los 20 mn, alcanzando valores de  $4^{\circ}\text{C}$  a 30 m de profundidad, los que estarían asociados a la intrusión de aguas más cálidas por el sector oceánico y que generan una profundización de la termoclina. Bajo los 100 m de profundidad los valores son negativos, alcanzando hasta  $-1^{\circ}\text{C}$  en el sector oceánico bajo los 300 m. En el sector costero, la anomalía es negativa y alcanza valores menores de  $-1^{\circ}\text{C}$ , producto de la intensa surgencia observada.

Los valores de la anomalía de temperatura registrada durante el crucero, tanto en superficie como con profundidad, muestran un cambio en la tendencia a disminuir que se observaba desde el invierno de 1998 (Braun **et. al.** 1999).

### 1.3 Salinidad

La distribución de salinidad superficial (**Fig. 4**), al igual que la de temperatura, aumenta sus valores de sur a norte y desde la costa hacia el sector oceánico. Los valores registrados están entre 34,5 y 35,5 psu. Los mínimos valores ( $< 34,7\text{ psu}$ ) se observan a lo largo de casi toda la costa, con una mayor extensión frente a Iquique, Tocopilla y Antofagasta. Los máximos valores ( $> 35,2\text{ psu}$ ) se encuentran por fuera de las 70 mn entre Arica y Punta Lobos.



La anomalía de salinidad (**Fig. 4**), respecto de los promedios mensuales de largo plazo de Blanco (1996), presentó en el área un promedio de  $-0,13$  psu. Los valores positivos se encuentran por fuera de las 70 mn entre Arica y Punta Lobos (sector achurado en la figura). El resto de la zona se encuentra con valores negativos, ubicándose los mínimos valores en las primeras 20 mn entre Pisagua y Punta Lobos.

La distribución vertical de salinidad (**Figs. 5 a 9**) presenta altos valores en la capa superficial, los que dan origen a una haloclina que se ubica entre los 20 y los 50 m de profundidad. Centrado en los 70 m se encuentra el mínimo subsuperficial de salinidad, con valores que aumentan de sur a norte, este mínimo muestra los mínimos valores en el área oceánica en las transectas de más al norte y entre las 20 y 40 mn en las de más al sur, con un claro ascenso hacia el sector costero. Centrado en los 200 m se observa el máximo correspondiente a aguas de origen ecuatorial, con un espesor que fluctúa entre 100 y 150 m. Bajo el máximo subsuperficial los valores disminuyen hasta menos de  $34,6$  psu a 400 m.

La anomalía de la salinidad (**Fig. 10**) en la transecta 3 ( $21^{\circ}\text{S}$ ), calculada respecto de los promedios de largo plazo de Blanco (1996), muestra entre la superficie y los 30 m de profundidad, valores positivos (sector achurado en la figura) que alcanzan a más de  $0,3$  psu en los primeros 10 m por fuera de las 70 mn. Bajo los 40 m y en el sector costero, los valores son negativos, con un mínimo de  $-0,3$  psu a 100 m por el sector oceánico.

En general, las anomalías positivas que se encuentran en el sector oceánico en la capa superficial y en los primeros 30 m son producidas por la presencia de agua Subtropical y las anomalías negativas en el sector costero son producidas por el agua de menor salinidad que asciende producto de la surgencia. Las anomalías negativas que se ubican centradas entre 70 y 90 m de profundidad, son generadas por la profundización



e intensificación del mínimo subsuperficial de salinidad, correspondiente al agua Subantártica.

#### 1.4 Densidad

La densidad superficial, en valores de sigma-t (**Fig. 4**), aumenta de norte a sur y de la costa hacia el sector oceánico, con una distribución de las isopicnas similar a la presentada por las isotermas. Los valores registrados se encuentran entre 23,3 y 25,29 kg/m<sup>3</sup>. En las primeras 20 millas entre Arica y Punta Lobos se observa un intenso gradiente de densidad, el que tiene su mayor extensión frente a Iquique. Hacia el sur el gradiente costero disminuye.

Al igual que en la distribución superficial, las isopicnas en la columna de agua (**Figs. 5 a 7**) siguen patrones similares a los observados en la distribución de las isotermas. La picnoclina se ubica entre 20 y 80 m de profundidad como promedio, con un gradiente mayor de 0,4 kg/m<sup>3</sup>/10 m. Las isopicnas muestran un ascenso en los primeros 100 m de la columna de agua en el sector costero.

#### 1.5 Oxígeno

La concentración de oxígeno disuelto superficial (**Fig. 4**), presenta una media de 5,7 ml/L y su rango de variación es entre 4,8 y 7,45 ml/L. Valores superiores a 5,5 ml/L se observan a lo largo de toda la costa, alcanzando valores mayores de 6,5 ml/L frente a Pisagua, Punta Lobos y península de Mejillones. El agua oceánica entre Arica y Punta Lobos presenta valores menores de 5 ml/L. Los altos valores en el sector costero confirman que el agua que alcanza la superficie en la surgencia es de origen Subantártico.



La concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua (**Figs. 5 a 7**) presenta una fuerte disminución en los primeros 100 metros (oxiclina) y una capa de más de 200 metros de espesor con valores inferiores a 1 ml/L, los valores aumentan levemente bajo los 400 m. Los mínimos valores también presentan un ascenso hacia el sector costero, no llegando a la superficie.

El límite superior del mínimo de oxígeno (<1 ml/L), correspondiente al agua Ecuatorial Subsuperficial, se ubica entre 30 y 80 m. El límite inferior no fue posible determinarlo ya que éste se encuentra bajo el último nivel de muestreo.

## 1.6 Masas de agua

En el área se identifican cuatro masas de agua (**Fig. 11**). 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; Blanco y Díaz, 1985; Blanco *et al*, 1986; Kelly y Blanco, 1986; Castillo *et al*, 1992).

Las formas de las curvas t-s revelan, cambios en la composición relativa de las masas de agua, tanto en la dirección este-oeste como norte-sur. Las mayores variaciones en la composición relativa de estas masas de agua ocurre fundamentalmente en la capa superficial, correspondiente al AST y ASAA. En menor grado, se observan cambios importantes en el AESS, mientras que el AIAA prácticamente no sufre modificaciones en sus valores t-s característicos del límite superior, en las distintas estaciones del año. El orden de las masas de agua en la vertical se mantiene a lo largo del año, ubicándose la AST en superficie, bajo ella el ASAA, seguida por el AESS y finalmente el AIAA.

El AST cubre gran parte del área oceánica, con un espesor de 30 a 40 m, con salinidades y temperaturas superiores a 34,9 psu y 23°C, respectivamente; alcanzando los valores máximos de 35,5 psu en salinidad y 25°C en temperatura. El ASAA se ubica



entre los 40 y 80 m de profundidad, con salinidades de 34,5 a 34,8 y temperaturas de 13 a 16°C, aumentando su participación de norte a sur y de este a oeste. El AESS presenta valores característicos en su núcleo de 34,8 a 34,9 en salinidad y 11 a 14°C en temperatura. El espesor de esta masa de agua es de casi 150 m en el sector norte y de 200 en el sur y su núcleo se encuentra centrado aproximadamente en los 150 m. Bajo los 400 m se presenta el límite superior del AIAA con valores inferiores a 34,6 en salinidad y 8 a 9°C en temperatura.

### 1.7 Circulación geostrófica

La circulación geostrófica superficial, característica para la zona (Silva y Fonseca, 1983), corresponde a un flujo paralelo a la costa hacia el sur penetrando entre dos flujos al norte. En el nivel de 200 metros el flujo es predominantemente hacia el sur y corresponde a la conocida corriente de Gunther (Gunther, 1936) que transporta agua Ecuatorial Subsuperficial desde el Ecuador.

Mediante la anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db y a 200 db (**Fig. 12**) se aprecia un flujo relativo muy intenso hacia el norte, con una tendencia general paralelo a la costa. El flujo hacia el sur se observa a la cuadra de Punta Lobos ingresando desde fuera de las 100 mn en forma diagonal hacia el sur. Este ingreso de aguas desde el noroeste da origen a un gran giro que se evidencia claramente en las características térmicas y salinas del agua y en la mayor profundización de las isotermas.

En el nivel de 200 m (**Fig. 12**), la anomalía geopotencial referida a 500 db, muestra un flujo débil, con un cambio de dirección frente a Iquique; de Iquique a Antofagasta el flujo es hacia el sur y de Iquique a Arica es hacia el norte, contrario al patrón normal de circulación.



Complementariamente, en la columna de agua se puede estimar indirectamente de las secciones de salinidad y oxígeno, perpendiculares a la costa, que los núcleos del ASAA y el AESS se ajustan al esquema clásico de circulación hacia el norte y hacia el sur, donde como principal flujo subsuperficial se presenta la corriente de Gunther (Gunther, 1936) con dirección al sur.

## **1.8 Comentario General**

El evento cálido observado desde mediados de 1997 hasta principios de 1998 y que dio origen a uno de los eventos de El Niño de mayor magnitud registrado (CPPS, 1998), presenta en mayo de 1998 un rápido cambio de las anomalías en la zona ecuatorial, pasando a anomalías negativas de la temperatura propias de un episodio frío (La Niña) (BAC, 93-101, 1998). En febrero de 1999, continúan presentándose anomalías negativas en la zona ecuatorial, las que van en descenso. En enero comienzan a aparecer algunas ligeras anomalías positivas frente a la costa del continente sudamericano entre Colombia y el norte de Chile (BAC, 1999).

Lo anterior, complementado con la información obtenida durante el crucero, nos permite confirmar que la situación frente a la costa norte, se encuentra en una fase más normal que la observada a principios del 98, ligeramente cálida en la zona oceánica y fría en la costa.

Como una apreciación personal, basada en la información del crucero, la disponible en los diferentes boletines, páginas web y la experiencia de muchos años de investigación en la zona, la proyección para los próximos meses es que el aumento de la temperatura debido al verano, detendrá la transición hacia un período frío y es posible que se mantengan las condiciones como normales hasta mediados de 1999, para dar inicio a una nueva fase cálida hacia fines del año.



## 2. Análisis de pigmentos vegetales

### 2.1 Biomasa fitoplanctónica superficial

La biomasa fitoplanctónica superficial expresada como clorofila a (cloa), feopigmentos (feop) y clorofila total (clot), (**Fig. 13**) indica que la zona de mayor agregación de estas variables se localizó en la transecta 3 (Lat. 21°00'S), en donde los valores de cloa fueron de 4  $\mu\text{g/L}$  en un núcleo pegado a la costa, llegando a 2  $\mu\text{g/L}$  a 5 mn de la costa para posteriormente disminuir a valores inferiores de 0,2  $\mu\text{g/L}$ . Esta disminución provocó la formación de un gradiente considerable en esta transecta, el que no se presentó con la misma intensidad en las restantes transectas, en las que en general se midió valores cercanos o inferiores a 1  $\mu\text{g/L}$ . Respecto de los feop éstos se distribuyeron de la misma manera, pero la concentración de éstos en toda la zona es inferior a 0,5  $\mu\text{g/L}$ . La clot presentó la misma distribución y magnitudes que la cloa.

La biomasa integrada de cloa, feop y clot (**Fig. 13**) presentó la misma distribución que los valores superficiales, con valores que llegaron a ser superiores a los 200  $\text{mg/m}^2$  en la zona costera de la transecta 3, más allá de la influencia del gradiente los valores de cloa disminuyen a menos de 25  $\text{mg/m}^2$ , valores típicos de sistemas oceánicos. Los feop integrados presentaron valores cercanos a 60  $\text{mg/m}^2$  en la zona costera, siendo inferiores a 25  $\text{mg/m}^2$  en toda la zona oceánica y en las restantes transectas.

La semejanza en la distribución de los pigmentos superficiales y los integrados entre la zona costera y las 10 mn, indica que los máximos de biomasa se distribuyeron homogéneamente en la columna de agua, sin formar máximos subsuperficiales. Al mismo tiempo la concentración de pigmentos típicos de sistemas oceánicos (*i.e* < 0,5  $\mu\text{g/L}$ ) y en algunos casos en la zona costera de las transectas 1, 4 y 5, indican la presencia de masas de agua oligotróficas propias de la temporada de verano.



## 2.2 Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica

La biomasa fitoplanctónica en las transectas 1, 2, 4 y 5 (**Figs. 14, 15, 17 y 18**) no formó acumulaciones significativas presentando valores que no superaron  $1 \mu\text{g/L}$  a distancias no mayores de 20 mn de la zona costera. Los feopigmentos en ningún caso llegaron a ser significativamente altos con valores inferiores a  $0,5 \mu\text{g/L}$  en todas las transectas. La estructura biológica más significativa que se observó en la zona oceánica de las transectas 1 y 5 es la presencia de un máximo profundo de cloa y clot a una profundidad de 50 m. Estos valores están asociados a la presencia de giros en la zona oceánica, los que fueron encontrados cuando se analizó, en primera instancia, información satelital del sistema TOPEX/ERS-2 y luego con los cálculos de anomalía geopotencial (ver anexo oceanografía física, Fig.12).

Esta asociación ha sido observada en pocas ocasiones *in situ* en el norte de Chile, siendo esta una de las pocas oportunidades en las que se ha logrado reunir información de terreno, y que sólo ha sido producto del azar más que un diseño experimental que de cuenta de este proceso. El determinar cuantitativamente la importancia de estos giros oceánicos debe ser objetivo de un proyecto que permita disponer de tiempo de buque y equipamiento ( e.g. correntómetros, sistemas de incubación y análisis de muestras), recursos con los que en la actualidad no se cuenta. La importancia de estas estructuras es que se las encontró asociada a valores de cloa mayores (*i.e.*  $< 1 \mu\text{g/L}$ ) que los considerados normales para la zona oceánica (*i.e.*  $< 0,5 \mu\text{g/L}$ ), por lo que eventualmente podrían ser lugares que permitirían el desarrollo de larvas de peces pelágicos, debido a una mayor oferta ambiental de alimentación, utilizando como único indicador de biomasa a la cloa.

La única transecta en la que se midió valores altos de biomasa, vale decir entre  $1$  y  $7 \mu\text{g/L}$ , fue la transecta 3 (**Fig. 16**), situando estos valores entre la superficie y los 25 m de profundidad, y longitudinalmente entre la costa y las 10 mn. Este núcleo está



restringido espacialmente entre la costa y las 5 mn formando un gradiente intenso tanto horizontal como vertical.

La distribución y magnitudes de los pigmentos fotosintéticos y de degradación, indican un fuerte efecto estacional de las variables físicas en la estructura biológica de la columna de agua, observándose un patrón estacional marcado respecto de la cloa medida durante los meses de noviembre y diciembre de 1998, es decir, lflorecimientos típicos de sistemas productivos durante la primavera y fines de ésta, para disminuir considerablemente durante el verano.

### **2.3 Asociación entre la biomasa fitoplanctónica y las características físicas de las masas de agua**

Un objetivo de largo plazo (decadales) y gran escala ( $> 1.000 \text{ km}^2$ ) en la comprensión del efecto de las variables físicas sobre las características biológicas de la masa de agua, es cuantificar el grado de funcionalidad entre la temperatura y la cloa, debido a que la evidencia entregada en informes anteriores (Braun *et al.*, 1999) indica que mayoritariamente las agregaciones más altas de biomasa fitoplanctónica se encuentran en las cercanías de centros de surgencia, los que han sido caracterizados como lugares de temperaturas más frías que las masas de agua circundantes, al mismo tiempo y durante el fenómeno de El Niño, la intrusión de masas de agua cálidas y salinas hacia la zona costera, trajo asociadas concentraciones muy bajas de cloa (i.e.  $0,2\mu\text{g/L}$ ) típicas de sistemas oligotróficos. Estas distintas asociaciones deberían permitir establecer algún grado de funcionalidad entre el campo físico y el biológico. No obstante, los resultados obtenidos en cruceros precedentes ( ver Braun *op cit.*) indican que esta asociación no es lineal, siendo del tipo más bien exponencial, habiéndose explorado otras alternativas, como un ajuste logarítmico, los cuales no entregaron un mayor grado de ajuste.



Durante el verano de 1999 la cloa y la temperatura no se relacionaron en forma significativa (**Fig. 19**), ésto se debe al menos a dos factores; el primero dice relación a que a temperaturas desde los 20°C hasta los 25,4°C, la cloa mantienen una concentración cuasi constante.

A temperaturas inferiores de 20°C, típicas de sistemas de afloramiento, los valores de cloa están en el rango 0,2 a 6 µg/L, ésto se puede deber a que aunque las características de las masas de agua sean adecuadas para el crecimiento fitoplanctónico exponencial, el muestreo se realiza en diferentes estadios de "envejecimiento" de la masa de agua que afloró. Esto significa que a veces se muestrea en un lugar que esta recién siendo colonizado y otras en que la producción biológica a llegado a su apogeo. Una manera de obtener información que ayude a recopilar antecedentes respecto de la edad y actividad fitoplanctónica en una parcela de agua, es realizar mediciones de producción primaria, ya que otras mediciones más rápidas y de menor costo, tales como el índice fotosintético utilizando un bloqueador de la fotosíntesis, como el DCMU, no son concluyentes per se, debido a que las muestras analizadas tienen diferentes abundancias y composiciones específicas, cada uno con respuestas fisiológicas y tasas de fijación de carbono diferentes (Keller, 1987). Todo ésto lleva asociado costos como los indicados anteriormente respecto de los giros oceánicos.

La cloa integrada **vs** la temperatura (**Fig. 19**) presenta la misma tendencia descrita para la cloa superficial, indicando que ambas variables se distribuyeron en forma semejante y solamente varían en las magnitudes de sus respectivas concentraciones. Respecto de la salinidad y la profundidad de la isoterma de 15°C no se observó ninguna asociación funcional.



## 2.4 Asociación entre la concentración de clorofila y la transparencia de la columna de agua

La transparencia de la columna de agua, expresada como la profundidad del disco Secchi en metros, es un indicador semi cuantitativo de los niveles de material particulado en la columna. Un buen indicador del nivel de partículas en suspensión en la columna de agua es la clorofila por lo que establecer el nivel de funcionalidad entre ésta y el disco Secchi es una buena alternativa para la descripción del nivel de partículas en la columna y por lo tanto del nivel de cloa, en ausencia de mediciones cuantitativas de clorofila. En el caso de este crucero la cloa, la clot y los feop superficiales versus el disco Secchi presentan un alto nivel de funcionalidad (**Fig. 20**). Las mismas variables pero integradas para toda la columna no presentaron ningún grado de ajuste con el disco Secchi (**Fig. 20**).

## 2.5 Distribución de la biomasa fitoplanctónica por estratos

La biomasa fitoplanctónica en prácticamente toda la zona muestreada, experimentó una disminución durante el crucero de febrero, manteniéndose casi todas las transectas bajo un régimen de baja acumulación de biomasa fitoplanctónica, esta disminución está asociada a la baja estacional esperada para la zona. Por que no obstante lo anterior, siempre la zona costera mantiene niveles de cloa cercanos a  $1\mu\text{g/L}$ . La excepción a este sistema se estableció en la transecta 3, en la que se midió valores altos de cloa los que llegaron a ser en forma discreta de hasta  $6\mu\text{g/L}$  e integrada superiores a  $200\text{ mg/m}^2$ . Con una profundización significativa del máximo de cloa. Este antecedente permite indicar que la zona se encuentra bajo un régimen normal de concentración de cloa, lo que indicaría que la zona esta bajo un régimen también normal de producción biológica.



En la zona oceánica se pudo describir por primera vez que los giros presentes en forma habitual en la zona, afectan las características biológicas de la columna de agua, permitiendo en algunos casos que la biomasa se acumule formando máximos subsuperficiales, los que llegan a ser superiores a  $1 \mu\text{g/L}$ , al mismo tiempo otros giros de gran extensión implican que por el tipo de circulación no pueden mantener biomazas en niveles superiores a  $0,2 \mu\text{g/L}$ , por lo que en general se les considera típicos de sistemas oligotróficos.

Respecto del efecto de las estructuras físicas sobre la distribución de la cloa se mantuvo la funcionalidad observada entre la cloa, los feop y la clot y la temperatura, aunque en ciertas zonas en las que el afloramiento es reciente la biomasa fitoplanctónica es baja y en otros es alta debido al proceso propio de acomodación biológica de la parcela de agua aflorada. Este proceso es normal y esperado para sistemas de surgencia productivos.

El disco Secchi mantuvo su alto grado de funcionalidad con los pigmentos superficiales, por lo que su utilización para predecir los niveles de cloa superficial se mantiene inalterable. No así con los valores integrados de biomasa, por lo que esta herramienta no es adecuada para conocer el estado general de toda la columna de agua, vale decir, la presencia y magnitud de máximos subsuperficiales.



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

El procesamiento y análisis de las 49 muestras de zooplancton, colectadas durante el crucero MOBIO9902, realizado en verano del año en curso, permitió determinar la presencia de 104.596 huevos y 97.902 larvas, de los cuales 75.015 huevos (71,7%) y 24.928 larvas (25,5%) fueron identificados a nivel específico (**Tabla 3**).

En forma adicional, se incorpora la determinación de una quinta especie no contemplada en las bases especiales y administrativas del proyecto que corresponde al pez linterna *Vinciguerria lucetia*.

#### 3.1 Anchoveta, *Engraulis ringens*

Con excepción de los estadios de desarrollo agrupados bajo la denominación de “otras especies”, anchoveta aparece como la más abundante en términos de dominancia numérica con valores de 66,0% para los huevos y de 21,8% en el caso de las larvas, registrándose 10 estaciones positivas para huevos y 32 para larvas, con totales de 69.063 huevos y 21.382 larvas, lo que señala una importante actividad reproductiva en el área de estudio. Las densidades de huevos y larvas fluctuaron entre 84 y 49.410 con una media en los 6.906 y entre 25 y 3.436 con una media en los 668 para las fases larvarias (**Tabla 3**).



Los huevos de anchoveta se encuentran presentes en el 20,4% de las estaciones, las cuales se distribuyen en el rango latitudinal comprendido frente a Arica y entre Punta Lobos y Punta Copaca, caracterizándose por presentar niveles de abundancia decrecientes en sentido norte-sur, de tal forma que el 71,6% del total de los huevos de la especie se obtuvo frente a la localidad de Arica, zona que alberga sólo una estación positiva, presentándose entre Punta Lobos y Punta Copaca el 90% de las estaciones positivas restantes.

En el marco de estas áreas de mayor abundancia, las estaciones con las densidades más relevantes ( $> 11.000$  huevos/ $10\text{m}^2$ ) se ubican en la franja costera de 1 mn de amplitud, destacando las localizadas en las latitudes  $18^{\circ}23'S$  con 49.419 y en los  $22^{\circ}20'S$  con 10.919 huevos / $10\text{m}^2$ , respectivamente (**Fig. 21a**). En relación a la distribución espacial de esta fase de desarrollo, se observa un desove eminentemente costero, el cual es concordante con el patrón de distribución histórico de huevos de esta especie para la época de verano. En este sentido, el desove de anchoveta, que es fundamentalmente costero, debe estar afectado por las ondas atrapadas a la costa, desconociéndose la magnitud de su efecto.

La distribución geográfica de las larvas (**Fig. 22a**) presenta una cobertura espacial significativamente más amplia, aspecto que se expresa en un incremento de 220% en la frecuencia de las estaciones positivas. Junto con ello se aprecia la persistencia del área de elevadas abundancias descrito para la zona comprendida entre Punta Lobos y el límite sur de la zona prospectada, la que contiene el 78% de las larvas y el 69% de las estaciones positivas. La estación con el mayor número de larvas ( $3.436/10\text{m}^2$ ) se localizó a 5 mn al oeste de Punta Copaca.



### 3.2 Sardina, *Sardinops sagax*

En el contexto de las especies objetivo del estudio, *S. sagax*, constituye la tercera y segunda en importancia con una dominancia numérica de 0,9% para los huevos y 1,7% para las larvas, respectivamente, (**Tabla 3**).

Durante el crucero de verano de 1999, la distribución y abundancia de huevos de sardina, en época identificada como de reproducción secundaria (febrero-marzo), señala una importante actividad reproductiva en todo el rango latitudinal de la zona de estudio con totales de 953 huevos y 1.619 larvas, fluctuando estas abundancias entre 28 y 394 con una media en los 159 para la fase de huevo y entre 24 y 384 con una media en los 101 para las fases larvarias.

Para la fase de huevos, no obstante observarse un decremento con respecto a la primavera de 1998, éstos incrementan su rango de distribución geográfica encontrándolos desde Arica hasta Antofagasta, circunscribiéndose su distribución a la zona nerítica comprendida entre Tocopilla - Bahía Moreno y Arica.

Las estaciones con las densidades más elevadas son aquellas asociadas a la costa, las que se ubican en las latitudes 22°20'S y 23°40'S, cada una de las cuales presenta un nivel de abundancia de 394 y 215 huevos/10m<sup>2</sup> (**Fig. 21b**). Cabe señalar que al igual que los huevos de anchoveta, la mayor frecuencia de estaciones positivas para huevos de sardina, se localizó desde Punta Lobos hacia el límite austral de la zona explorada.

Las larvas de sardina se registran en 16 estaciones, lo que significa un incremento de 167% con respecto a la fase de huevos en la frecuencia de estaciones positivas. Paralelamente se observa un aumento del índice de densidades promedio de especímenes por estaciones totales del orden de 74%.



El patrón de distribución espacial de larvas de sardina consigna una mayor frecuencia de estaciones positivas desde Punta Lobos hacia el sur al igual que lo descrito para larvas de anchoveta, registrándose la mayor densidad (384 larvas) a 1 mn al oeste de Antofagasta (**Fig. 22b**).

### 3.3 Jurel, *Trachurus murphyi*

Los huevos y larvas de jurel presentan escasos niveles de abundancia exhibiendo para cada uno de dichos estadios una dominancia numérica de 2,4% y 1,5% (**Tabla 3**).

Las estaciones con presencia de huevos señala que el desove presentó un carácter preferentemente oceánico (**Fig. 21c**). La distribución latitudinal de huevos de jurel, muestra claramente que el área de desove de esta especie se localizó desde 40 mn al norte de Punta Junín hasta Punta Copaca y longitudinalmente estuvieron presentes desde las 20 a las 100 mn, presentando el desove una tendencia oceánica en la postura, con densidades que fluctuaron entre 23 y 1.412 huevos/10m<sup>2</sup> con una media en los 309. Las estaciones situadas a 40 mn frente a Punta Junín y a 70 mn al oeste de Punta Lobos fueron las que presentaron las mayores abundancias, importando en conjunto al total de huevos de la especie más del 89%.

El patrón de distribución latitudinal de las larvas es totalmente diferente al presentado por los huevos de esta especie, pero con una mayor cobertura hacia el nor-oeste de la zona prospectada, registrándose estos entre Arica y Punta Junín desde las 20 hasta las 100 mn, zona donde se identificó al registro de mayor relevancia cuantitativa (740 larvas) a 70 mn de la costa frente a Arica (**Fig. 22c**).



### 3.4 Caballa, *Scomber japonicus*

En verano de 1999, se determinaron 9 estaciones positivas para huevos y 6 para larvas de caballa con totales de 2.530 huevos y 470 larvas (**Tabla 3**).

Las estaciones con presencia de huevos se localizaron mayoritariamente y a excepción de la estación de 1 mn frente a Arica, entre Punta Lobos y Antofagasta, siendo el desove de carácter preferentemente oceánico. La distribución latitudinal de huevos de caballa, muestra claramente que el área de desove de esta especie se localizó desde Tocopilla hacia el sur, donde las estaciones positivas se hicieron presentes desde 1 hasta las 100 mn, con densidades que fluctuaron entre 36 y 1.320 con una media en los 281 huevos/10m<sup>2</sup>. La estación situada a 70 mn frente a Punta Lobos fue la que presentó la mayor densidad con 1.320 larvas (**Fig. 21d**).

Las larvas de caballa se registran frente a Arica, Punta Lobos y Antofagasta con niveles de abundancia comprendidos entre 28 y 207 larvas con una media en los 78, presentándose la mayor abundancia a 1 mn frente a Bahía Moreno (**Fig. 22d**).

### 3.5 Pez linterna, *Vinciguerria lucetia*

Se identificaron 25 estaciones positivas para huevos y 41 para larvas con totales de 14.723 huevos y 48.378 larvas/10 m<sup>2</sup>, lo que representó una frecuencia y dominancia numérica igual a 51,0% y 14,1% y 83,7% y 49,4% para cada estadio de desarrollo, respectivamente (**Tabla 4**).

La **figura 23** muestra el patrón de distribución latitudinal y longitudinal de huevos y larvas de pez linterna en verano de 1999, y en ella es posible observar que la distribución geográfica para estas fases de desarrollo fue prácticamente máxima,



especialmente en el estadio de larvas, exhibiendo los huevos una menor cobertura longitudinal que se extiende desde las 10 hasta las 100 mn.

Los registros positivos a huevos con las densidades más significativas se localizaron a 20 mn al oeste de Arica y a 70 mn frente a Punta Copaca con abundancias iguales a 8.506 y 3.120 huevos /10 m<sup>2</sup>, respectivamente. Con respecto a las fases larvarias éstas presentan una mayor frecuencia de registros positivos, lo que se traduce en una mayor densidad promedio por estaciones positivas y totales (**Tabla 4**).

Las densidades más relevantes para larvas de pez linterna (> 3.600 larvas), se ubicaron a 70 mn al oeste de Arica y a 100 mn frente a Punta Lobos, cuyas abundancias en conjunto importan al total de la especie el 23,6%.

Con respecto a la primavera de 1998, y de acuerdo a lo indicado por los huevos, éstos experimentan una disminución en la intensidad y concentración del desove, presentando una tasa de cambio igual a 87,5%. Por su parte las fases larvarias acusan con respecto a la primavera de 1998 un leve descenso en su intensidad igual a 2,8%.

### **3.6 Variación temporal de la intensidad de desove de anchoveta, sardina y jurel**

Las densidades promedio por estaciones positivas de anchoveta, sardina y jurel, utilizada como índice de la intensidad del desove, muestra tendencias generales distintas para las fases de huevos y larvas durante el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 1999.

Para anchoveta, el estadio de huevos, exhibe una tendencia general ascendente, con tres picos de abundancia significativamente importantes registrados en primavera de



1997, invierno de 1998 y primavera de 1996, existiendo descensos importantes en la intensidad de desove durante los períodos verano/otoño de 1997, otoño/invierno de 1996, verano de 1999 y el menos significativo se presenta en verano/otoño de 1998.

Con respecto a las fases larvarias, éstas muestran una tendencia general descendente con mínimos de magnitudes similares, los que se presentan en los períodos de verano/otoño de 1996, 1997 y 1998, registrándose las máximas abundancias en los inviernos de 1997 y 1996, lo cual es coherente con el pico primario del desove que caracteriza el ciclo reproductivo de esta especie, ya que biológicamente, la anchoveta presente en la costa del Pacífico Sur, se caracteriza por su corta vida, alrededor de 5 años, con un importante potencial reproductivo, presentando desoves fraccionados durante todo el año. En el caso de la zona de estudio, el pico primario de desove se centra principalmente entre los meses de julio y septiembre, reclutándose a la pesquería en el período estival, entre noviembre y marzo, existiendo una estratificación temporal y geográfica en el sentido latitudinal del proceso de reclutamiento, iniciándose en Arica para finalizar hacia fines de febrero e inicios de marzo en Mejillones.

Con respecto a la primavera de 1998, ambas fases de desarrollo experimentan una disminución, siendo de mayor magnitud en los huevos, lo que se traduce en porcentajes de cambio iguales a 48,9% y 4,3%, respectivamente (**Fig. 24**).

Desde el punto de vista de su distribución espacial, y como suele acontecer, los huevos presentan en general una distribución eminentemente costera, la cual no sobrepasa las 20 mn, lo que es coherente con el patrón histórico de distribución de huevos para la época de verano; colonizando las larvas un área geográfica mayor, producto de procesos que las afectan como por ejemplo, advección y dispersión entre otros (**Figs. 25 y 26**).



Para sardina, se presenta una situación distinta para huevos y larvas, es así como el estadio de huevos con respecto a la primavera de 1998, experimenta una drástica y significativa disminución con una tasa de cambio igual a 92%. Por su parte las larvas de sardina incrementan su intensidad y concentración en un 53%, constituyéndose el verano de 1999 en el tercer registro más importante de este período (**Fig. 24**).

En relación a jurel, cabe mencionar que durante los cruceros estacionales realizados en 1998, no hubo registros positivos para huevos y larvas de esta especie, presentándose en verano de 1999, índices de intensidad de desove para el estadio de huevos, similares a los reportados en invierno de 1997, aunque menores. En el caso de las fases larvarias, el registro de este verano se constituye en el más relevante del período analizado.

### **3.7 Desove de Verano**

Los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa, estimada como densidad promedio por estaciones totales, para la zona norte del país durante los veranos de los años 1982 – 1999, señala la persistencia y marcada predominancia del desove de anchoveta respecto de sardina, jurel y caballa, situación que se ve corroborada mediante el examen del parámetro comunitario dominancia numérica. Se exceptúa la fase de huevos y larvas de anchoveta asociada a los cruceros realizados en verano de los años 1982, 1987 y 1989 en los cuales se aprecia una predominancia en los niveles de abundancia de sardina (**Figs. 27 y 28**).

Al contrastar los resultados de anchoveta obtenidos en el verano de 1999 con los reportados en cruceros anteriores, se observa una situación distinta para ambos estadios del desarrollo, produciéndose en esta oportunidad una disminución en la cobertura geográfica de los huevos y un significativo incremento para la fase de larvas, lo que se traduce en tasas de cambio respecto a 1998, iguales a -35,1% y 223%,



respectivamente, ocupando los huevos la tercera de las mayores áreas registradas en cruceros precedentes, constituyéndose en el 4° registro más importante de la serie 1982/1999. Con respecto a las larvas su registro corresponde al tercero más importante de la serie analizada (**Figs. 27, 28, 29 y 30**).

Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas de huevos, acusan con respecto al verano de 1998, un importante decremento igual a  $-36,4\%$ , mientras que las fases larvarias experimentan un incremento en su concentración del orden de  $141\%$ .

Con respecto a sardina, cabe destacar que tanto las fases de huevos como larvas experimentan un importante incremento con respecto al verano de 1998, tanto en su cobertura geográfica como en su intensidad, exhibiendo las larvas densidades similares a las registradas en verano de los años 1983, 1992 y 1994. En relación a la intensidad del desove, los estadios de huevos incrementan su concentración en  $354\%$  (**Figs. 31 y 32**).

Al respecto cabe señalar que las larvas de ambas especies, es decir, sardina y anchoveta exhibieron en verano de 1999 un importante aumento en sus índices de intensidad de desove, lo cual es coherente con el pico secundario del desove que caracteriza el ciclo reproductivo de estas especies, aseveración que es avalada particularmente en el caso de la anchoveta por los altos índices gonádicos registrados especialmente frente a Arica para el período que se extiende desde el 22 de febrero hasta el 14 de marzo, todos sobre un  $5,5\%$ . Además, cabe destacar que después de tres meses de aplicación de una veda de reclutamiento, en febrero de 1999 se inició nuevamente la captura de este recurso, observándose la presencia de anchovetas desovando durante el primer trimestre del presente año.



La comparación de resultados obtenida para jurel en función de la serie de tiempo analizada revela una importante presencia de huevos y larvas de esta especie, dado que durante los cruceros realizados en verano de 1997 y 1998 no hubo registros positivos para huevos y larvas de jurel, constituyéndose el verano de 1999 en el 2° registro más importante de la serie analizada para el caso de los huevos y en el más importante para las fases larvarias (**Figs. 33 y 34**).

Con respecto al ictioplancton de caballa, se detecta con respecto al verano de 1998, un aumento en la cobertura geográfica de huevos y una disminución en las fases larvarias. Cabe mencionar que ambos estadios de desarrollo experimentan una disminución en su intensidad igual a -33,7% y -88,1%, respectivamente.

### **3.8 Densidad larval y su relación con la temperatura superficial**

Para intentar relacionar las características asociadas a la abundancia de larvas de sardina y anchoveta con respecto a la temperatura superficial, se utiliza la variación con respecto a la fase de larvas en atención a su mayor tiempo de permanencia en el plancton y consecuentemente su período de vulnerabilidad a las redes de plancton, inclina a pensar que su número refleja en forma más representativa la tendencia general del desove.

Durante los cruceros de verano y para el período 1982/1999, se observa una tendencia general creciente para larvas de anchoveta y decreciente para el caso de sardina. En términos generales, el comportamiento de ambas especies ha sido pulsátil a través del tiempo, exhibiendo la sardina pulsos relevantes en el verano de los años 1982 y 1989, siendo este último el más importante y donde se reportan las más altas abundancias asociadas a temperaturas mínimas y máximas iguales a 15,1 y 26,7°C, respectivamente, para luego presentar un descenso importante y experimentar un nuevo pulso en 1994. Desde 1994 y hasta el verano de 1999 se han presentado los niveles más bajos de



abundancia. Con respecto a las fases larvarias de anchoveta, éstas han presentado un crecimiento sostenido en sus abundancias a partir del verano de 1988 con máximos en los años 1991, 1999, 1989 y 1994. Las máximas abundancias registradas en el verano de 1991 estuvieron asociadas a aguas con temperaturas superficiales que fluctuaron entre 16,1 y 26,7°C, (**Fig. 35**) con un gradiente costero de significativa intensidad.

### **Objetivo 2.3**

**Estimar por métodos hidroacústicos, la biomasa de los principales recursos pesqueros pelágicos encontrados en el crucero, en los focos principales de abundancia.**

## **4. Calibración electroacústica**

En la **Tabla 5** se entregan los resultados de la calibración electroacústica del sistema EK-500 del B/I "Abate Molina".

Estos resultados muestran la alta consistencia de los parámetros de funcionamiento del sistema acústico, particularmente en los últimos 3 años, con desviaciones que no superan los 0,5 db, aceptándose hasta con 1 db. Es necesario mencionar que las calibraciones deben ser realizadas con los transductores libres de incrustaciones orgánicas, puesto que su presencia puede inducir desviaciones en los resultados respecto a las comparaciones históricas.

### **4.1 Distribución geográfica de los recursos**

#### **4.1.1 Total de especies**

En general en el verano de 1999, la anchoveta fue la especie más frecuente y más abundante, la sardina se registró solamente entre Caleta Chipana y al oeste de Caleta Gatico, estando ausente en los otros sectores. El jurel estuvo presente en toda la zona



de estudio predominando las bajas densidades, la caballa tuvo una presencia similar a la sardina, ubicándose en bajas densidades desde Punta Lobos al sur.

#### 4.1.2 Anchoveta

Durante el verano de 1999 (MOBIO 9902), la anchoveta fue detectada en prácticamente toda el área costera de la zona de estudio, no apareciendo en el mapa de distribución ya que sólo el sector costero no fue prospectado, por lo que se puede suponer que también estuvo presente en dicho sector. Su patrón de distribución, se caracterizó por presentar densidades menores entre Arica e Iquique aumentando hacia el sur Iquique, sus límites occidentales llegaron en general hasta las 23 mn de la costa, con la excepción de los sectores localizados a 40 y 68 mn al oeste de Caleta Barrancos (20°30'S) y del paralelo 22°20'S. Las mayores concentraciones de anchoveta se registraron a 15 mn de Punta Gruesa (20°20'S); entre la 11 y 18 mn desde Punta de Lobos (21°00'S) hasta Punta Arenas (21°30'S) y; a 1, 31 y 58 mn al oeste del paralelo 22°20'S (**Fig. 36**).

En el sentido vertical, la anchoveta se ubicó entre los 5 y 25 m, registrándose la mayor frecuencia de cardúmenes (sobre el 80%) en los primeros 10 m de profundidad (**Fig. 37**), asociado a las isotermas de 13° a 24 °C, presentándose las mayores frecuencias (sobre el 70%) entre los 16° y los 19° C, las salinidades que limitaron la distribución de anchoveta variaron entre 34,4 y 34,7 psu, presentándose sobre el 80% de los cardúmenes entre 34,5 y 34,7 psu.

#### 4.1.3 Jurel

En general durante el verano de 1999, el jurel se detectó en densidades medias y bajas, con agregaciones esporádicas de alta densidad, su patrón de distribución se caracterizó por presentar dos sectores, uno oceánico que se localizó entre las 35 y las 74



100 mn, desde el límite norte de la prospección hasta el paralelo 22°20'S, dominado por las densidades bajas con sólo una agregación de mayor densidad ubicada a 67 mn al oeste de Caleta Patillos (20°45'S). El otro sector estuvo ubicado en las primeras 22 mn de la costa entre Punta Lobos (21°00'S) y Tocopilla (22°00'S) (**Fig. 37**), también se detectó la presencia de jurel en bajas densidades en las primeras 15 mn entre el paralelo 22°20'S a Punta Cobija (22°40'S) y a la cuadra de Antofagasta.

En el sentido vertical, el jurel se distribuyó entre los 5 y 125 m de profundidad (**Fig. 37**), detectándose preferentemente (sobre el 70%) entre los 5 y 15 m de profundidad, las isotermas que limitaron la distribución de jurel se caracterizaron por presentar una distribución polimodal, variando entre 13° y 26° C y centrándose entre los 16°-17° C (31 % de las agregaciones), 20°-21°C (20 %), 23°C (7%) y 25°C (6 %). Las salinidades variaron entre 34,4 y 35,3 psu centrándose entre 34,5 y 34,6 psu (69,7%).

#### 4.1.4 Caballa

Esta especie fue detectada en general en bajas densidades, con la excepción de la agregación relativamente mayor en el sector ubicado a 13 mn al oeste de Punta Chilena (21°30'S) (**Fig. 36**). La caballa se localizó preferentemente entre las 10 y 30 mn desde Punta de Lobos (21°00'S) y Punta Blanca (21°10'S); desde las 13 hasta las 71 mn de la costa en el paralelo 22°20'S y a 15 mn al oeste de Antofagasta.

Batimétricamente, la caballa se localizó entre los 5 y los 15 m de profundidad. Las isotermas que limitaron la distribución batimétrica de la caballa variaron entre 16° y 25°C presentando una distribución bimodal centrada en los 17°-18°C (42%) y 22°C (15%), las salinidades variaron entre 34,5 y 34,8 psu centrada en los 34,5 y 34,7 psu con el 94% de las agregaciones (**Fig. 37**).



#### 4.1.5 Sardina

Esta especie se detectó solamente en el sector ubicado entre las 10 y 25 mn desde Caleta Chipana (21°20'S) hasta Caleta Paquica (21°50'S) y a 45 mn al oeste de la costa en el paralelo 22°20'S, la escasa presencia de esta especie no permitió la realización de un mapa de distribución.

Verticalmente, esta especie se detectó entre los 5 y 35 m de profundidad, con una mayor frecuencia de cardúmenes en el estrato de los 15 m (**Fig. 37**). Las temperaturas límites de la distribución de sardina variaron entre 15° y 22°C, con una mayor frecuencia en los 15°C (23%), 17°C (30,8%) y 19°C (15,4%), mientras que la salinidad fue de 34,6 psu.

#### 4.2 Índices de cobertura y densidad

En la **Tabla 6** se presentan los índices de cobertura (IC) e índices de densidad (ID) por especie y para toda la zona de estudio. Con el fin de hacer comparables los resultados obtenidos en el presente proyecto con la información histórica, también se entregan los índices de cobertura y densidad con los datos agrupados en base a IBM's de 2 mn.

Los IC indican que la anchoveta fue la especie que presentó una mayor presencia en la zona de estudio, el jurel fue la especie que se presentó en segundo lugar, después de la anchoveta, la caballa y la sardina tuvieron escasa presencia espacial. Los índices de densidad indican que no obstante la escasa presencia espacial de la sardina, sus niveles de densidad fueron los más altos de las especies detectadas, superando a la anchoveta que aún cuando tuvo una mayor cobertura, sus niveles de densidad fueron menores. De manera similar, la caballa también registró niveles de concentración mayores que el jurel.



### 4.3 Estimados de biomasa de anchoveta

Se estimó la biomasa de anchoveta en dos subzonas, la primera se localizó entre Arica e Iquique desde 1 hasta 15 mn de la costa y la segunda se ubicó entre Punta Lobos (21°00'S) y Mejillones desde 1 hasta las 25 mn de la costa. En ambas subzonas el muestreo acústico se realizó mediante transectas en zig-zag con los vértices separados por 15 mn.

En la **Tabla 7** se entregan los resultados de los estimados de biomasa por subzona. De allí se desprende que la mayor concentración de anchoveta se registró en la subzona 2.

### Objetivo 2.4

**Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual en la estación de verano, 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.**

### 5.1 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. 38**) ubicadas frente a Arica, Iquique y Mejillones, presenta una gran variación en profundidad de las isotermas y por lo tanto en los valores en la columna de agua, estas profundizaciones son producidas por ondas atrapadas a 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 enero en Iquique 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, sin embargo, hacia fines de 1998 y principios de 1999 en que se encuentran aguas de menor temperatura bajo los 30 m de profundidad, producto de la intensificación de la surgencia.

La salinidad (**Fig. 39**) 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 de 35,6, 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 psu, característicos del agua Ecuatorial Subsuperficial y que alcanzan la superficie producto de la surgencia. De agosto a febrero 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.

El oxígeno (**Fig. 40**) 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 isoclinas 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 psu o de aguas



subantárticas de alto contenido de oxígeno ( $>3$  ml/l) y salinidades levemente menores que las ecuatoriales ( $< 34.8$  psu).

## 5.2 Distribución temporal de la biomasa fitoplanctónica en las estaciones de monitoreo

La distribución temporal de los pigmentos, en las estaciones realizadas en Arica, Iquique y Mejillones, puede ser analizada en forma general utilizando los valores de integración de los pigmentos en la columna (**Fig. 41**).

En Arica (**Fig. 41**) los niveles de cloa integrada comenzaron a recuperarse en mayo de 1998, con valores de hasta  $128 \text{ mg/m}^2$ , ya que anteriormente se habían observado valores oligotróficos que llegaron a ser de hasta  $5 \text{ mg/m}^2$  en el mes de septiembre de 1997. El año 1998 comenzó como un año poco productivo durante enero y marzo con valores casi constantes de  $18 \text{ mg/m}^2$ , para aumentar considerablemente en mayo de 1998. Posteriormente, en junio y julio el sistema se volvió a deprimir con valores inferiores entre  $19$  y  $37 \text{ mg/m}^2$ , típicos de oligotrofia, para pasar a un aumento explosivo en agosto que llegó a  $450 \text{ mg/m}^2$ . Durante el mes de diciembre, esta variable bajó en forma considerable a  $82 \text{ mg/m}^2$ . Esta tendencia a la disminución persiste durante 1999 llegando a ser de hasta  $13 \text{ mg/m}^2$ , esto está asociado a una situación de tipo estacional.

En Iquique, la cloa integrada (**Fig. 41**) presentó fluctuaciones mensuales considerables, especialmente entre julio y agosto en donde varió de  $18,37$  a  $120,42 \text{ mg/m}^2$ , para posteriormente en diciembre aumentar a  $450 \text{ mg/m}^2$ . Esto indica que esta estación pasó de un sistema marcadamente oligotrófico, que preponderó entre junio de 1997 a julio de 1998, a un sistema muy productivo en menos de un mes, vale decir el periodo entre julio y agosto en adelante. Posteriormente durante el periodo del verano de 1999 los niveles vuelven a disminuir a cercanos de  $50 \text{ mg/m}^2$ .



En el caso de Mejillones, la cloa integrada (**Fig. 41**) 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, en la que este valor llegó a  $112 \text{ mg/m}^2$ . En el periodo comprendido entre los meses de julio y agosto, este valor estuvo entre  $24$  a  $50 \text{ mg/m}^2$ . Posteriormente, este valor se mantuvo en  $67 \text{ mg/m}^2$  en septiembre y comenzó a disminuir hasta llegar a  $26$  y  $21 \text{ mg/m}^2$ , entre octubre y diciembre. En 1999 la situación se mantuvo en los mismos rangos descritos, vale decir  $65$  y  $36 \text{ mg/m}^2$  entre enero y febrero, pero sí se debe indicar que, no obstante estos valores bajos de integración, se cuantificó valores de cla entre  $1$  y  $2, 2 \text{ } \mu\text{g/l}$ , entre la superficie y los  $5$  metros.

### 5.2.1 Distribución de la biomasa fitoplanctónica por estratos

En Arica (**Fig. 42**) se observa que la cloa estuvo deprimida durante prácticamente todo el periodo del año 1997, con un único valor alto para la zona, durante mayo (i.e.  $1,98 \text{ } \mu\text{g/L}$ ) y noviembre de 1997 (i.e.  $2,33 \text{ } \mu\text{g/L}$ ), durante el resto del periodo los valores no superaron los  $0,8 \text{ } \mu\text{g/L}$ .

Durante 1998 la cloa siguió deprimida en alrededor de  $0,3 \text{ } \mu\text{g/L}$ , para comenzar a incrementar en abril y mayo llegando hasta los  $8,5 \text{ } \mu\text{g/L}$ . Este aumento fue estacional ya que posteriormente disminuyó a ca.  $1 \text{ } \mu\text{g/L}$ . A continuación, con la llegada del periodo primaveral la cloa aumentó a valores de  $19,4$  y  $15,64 \text{ } \mu\text{g/L}$ , entre la superficie y  $10$  m, disminuyendo a  $6,68$  y  $1,94$ , entre los  $25$  y  $50$  m, para comenzar a disminuir en diciembre a valores en el rango  $1,5$  y  $4,6 \text{ } \mu\text{g/L}$ , entre la superficie y los  $10$  m. Durante 1999 la cloa siguió disminuyendo, llegando a valores de  $1 \text{ } \mu\text{g/L}$ , solamente en la superficie.

En Iquique (**Fig. 43**) es posible observar la alta variabilidad de la cloa a nivel superficial, con máximos de  $1$  a  $3,8 \text{ } \mu\text{g/L}$  en los meses de julio a noviembre de 1997, con el valor



más alto en septiembre, aunque en éste caso, este fue el único valor alto en toda la columna, en el resto de las estaciones la distribución de la cloa es homogénea hasta los 10 m, con la sola excepción de noviembre que presentó un máximo subsuperficial de 3,53  $\mu\text{g/L}$  a 10 m de profundidad.

Durante 1998 se midió valores superficiales altos solamente a partir del mes de agosto (i.e. 8,38  $\mu\text{g/L}$ ). Entre los meses de enero y julio los valores de cloa no llegaron a ser superiores de 0,7  $\mu\text{g/L}$ , llegando a 0,06  $\mu\text{g/L}$  en los meses de febrero y marzo. En diciembre la cloa se mantuvo alta al igual que en agosto, con valores superficiales de 13,3  $\mu\text{g/L}$  pero en esta ocasión se formó un pronunciado máximo subsuperficial de 26  $\mu\text{g/L}$  a 25 m de profundidad, prácticamente el doble de la concentración de la superficie. En enero de 1999, la cloa se mantuvo alta entre la superficie y los 10 m, vale decir 2 a 6  $\mu\text{g/L}$ , en febrero la cloa comienza a disminuir aunque siempre se mantuvo en valores altos, superiores a 1 y llegando a 2  $\mu\text{g/L}$  entre la superficie y los 25 m. Esto indica que esta zona se mantiene en forma constante bajo un régimen de alta acumulación de biomasa fitoplanctónica.

La información de cloa para la estación de Mejillones (**Fig. 44**), indica que para todo el periodo estudiado se observan incrementos de cloa en los meses de septiembre y octubre de 1997, con valores de 1 y 2  $\mu\text{g/L}$ , los que además no presentaron máximos subsuperficiales. Durante 1998 se presentaron dos máximos superficiales uno en marzo que fue de 1,1  $\mu\text{g/L}$  que estuvo asociado a un máximo subsuperficiales de 8,8  $\mu\text{g/L}$  lo que es considerable y que disminuyó a 4  $\mu\text{g/L}$  a 25 m. En mayo de 1998 se midió el segundo máximo del año con 2.6  $\mu\text{g/L}$ , el que se encuentra distribuido en forma homogénea entre la superficie y los 10 m. En el resto de los meses muestreados los valores de cloa son típicos de sistemas poco productivos (i.e. inferiores a 1 llegando a 0,08  $\mu\text{g/L}$ ). Para el periodo de enero y febrero de 1999, la cloa tendió a mantener valores cercanos a 1  $\mu\text{g/L}$  solamente en la superficie, observándose una disminución general de la biomasa bajos los 5 m de profundidad.



### 5.3 Huevos y larvas de peces

En anchoveta hay una clara evidencia de actividad reproductiva en las estaciones mensuales de muestreo, para el período que se extiende desde mayo de 1997 a marzo de 1999, especialmente el estadio de larvas, sin embargo, para el caso de la sardina, jurel y caballa la actividad reproductiva fue muy baja principalmente en el recurso jurel.

#### 5.3.1 Anchoveta

La presencia casi continua de huevos durante el período comprendido desde mayo de 1997 a septiembre 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 durante el mismo período.

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 diciembre de 1998, a excepción de los meses de mayo y noviembre. 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 larvianas 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. 45**).

En la localidad de Arica, las máximas abundancias de huevos de anchoveta ( $>10.000$  huevos/ $10m^2$ ), se registran en agosto, noviembre y diciembre de 1997, marzo de 1998 y enero de 1999, con densidades iguales a 26.987, 11.837, 159.189, 97.364 y 10.025 huevos/ $10m^2$ , respectivamente; exhibiendo las fases larvianas máximas ( $>10.000$



larvas/10m<sup>2</sup>), en agosto de 1997, agosto de 1998 y enero de 1999, con densidades iguales a 39.703, 68.472 y 15.159 especímenes, 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/10m<sup>2</sup>), son registradas en noviembre y diciembre de 1997, con 16.906 y 27.087 huevos/10m<sup>2</sup>, respectivamente; exhibiendo las larvas máximas en agosto de 1997 y enero de 1999 con densidades iguales a 32.482 y 14.921 larvas/10m<sup>2</sup>. Durante 1998, las larvas presentaron abundancias que fluctuaron entre 29 y 1.273 con una media en las 253 larvas.

En Mejillones, se presenta prácticamente un registro continuo para ambos estadios de desarrollo desde mayo de 1997 a marzo de 1998, para ausentarse durante el 2° trimestre de 1998 y aparecer nuevamente desde julio a septiembre. Los meses de noviembre y diciembre de 1998, se consignan como meses sin muestreo y para el primer trimestre de 1999 se determinan nuevamente ambas fases del desarrollo.

### 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 larvianas.

En la estación costera de Mejillones, los valores de abundancia de huevos y larvas son extremadamente bajos con sólo 2 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 y 4.279 huevos/10m<sup>2</sup> en julio. En general las densidades larvianas oscilaron entre 39 y 85 larvas/10m<sup>2</sup>, presentándose durante enero y febrero del año en curso.

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 los primeros meses de 1999 (**Fig. 45**).

### 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. 45**).

### 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. 45**).

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, 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 46** 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 marzo de 1999 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 biomazas 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.



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 biomazas 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 reportados para el primer trimestre del año en curso son significativamente superiores a los observados en 1998. Finalmente, la localidad de Mejillones exhibe en términos muy generales un comportamiento muy parecido al descrito para Iquique, con un primer máximo registrado entre fines de 1997 y febrero-marzo de 1998 y un segundo y más importante registro a fines de 1998.

### **Objetivo Adicional 3.1**

**Describir y analizar la distribución de la biomasa zooplanctónica total, en verano de 1999.**

La biomasa zooplanctónica, expresada en mililitros (ml) de zooplancton presente en 1.000 m<sup>3</sup> de agua filtrada, presentó valores extremos de 54 y 1.268 ml/ 1.000 m<sup>3</sup>, con un promedio por estación de 270, predominando los valores comprendidos dentro del rango de densidades de 100-300.

La distribución espacial de la biomasa (**Fig. 47**) indica en términos generales que existe una zona costera de alta densidad zooplanctónica la cual se extiende desde Punta Lobos hasta Arica, con focos de máxima abundancia (> 1000 ml/ 1.000 m<sup>3</sup>) frente a Punta Junín y Punta Lobos, respectivamente. Al oeste de Arica y a una distancia de 70 mn de la costa se registran biomazas superiores a 300 ml, situación que también se presenta frente a Bahía Moreno. Hacia el extremo sur del área de estudio y entre Punta Copaca y Antofagasta es posible observar 3 focos puntuales de menor biomasa zooplanctónica, categorizados dentro del rango 33-100 ml/ 1.000 m<sup>3</sup>.



Como tendencia general, se presenta una disminución de la biomasa zooplanctónica hacia las estaciones más oceánicas y hacia el sur del área de estudio, exhibiendo la biomasa del zooplancton una tendencia a la homogeneidad, mostrando valores de rangos normales con sectores neríticos bien definidos con biomásas superiores a las que se registran en las zonas adyacentes.

En relación a la composición específica cualitativa de las muestras, cabe señalar que estuvieron constituidas en general por copépodos, quetognatos y eufaúsidos, presentándose en escasas ocasiones salpas coloniales de pequeño tamaño.





## IX. CONCLUSIONES

- El viento predominante fue del S y SW, registrándose un viento promedio de 4,3 m/s.
- Los principales centros de surgencia se ubican en el sector de la península de Mejillones y entre Punta Lobos y Pisagua.
- Los valores de temperatura observados durante el crucero de verano de 1999, no concuerdan con lo señalado por los índices globales, ya que se presentan anomalías ligeramente positivas en casi toda el área.
- La circulación en la columna de agua presentó un intenso flujo hacia el Ecuador y una pequeña intrusión desde el nor-oeste, concordando con los patrones normales de circulación en la zona.
- Se encontraron presentes las 4 masas de agua descritas para la zona, predominando en superficie el Agua Subtropical, que alcanzó valores superiores de 23°C en temperatura y 35,0 psu en salinidad.
- La zona se mantiene bajo un régimen de acumulación de biomasa fitoplanctónica normal, con la variabilidad propia descrita para otros años en la zona, esto indica que es mucho más productiva que durante El Niño para la misma época.
- La existencia de giros en la zona afecta la concentración de partículas en la zona oceánica, permitiendo que en un caso éstas se acumulen y en otras se dispersen, con efectos significativos sobre la estructura biológica de la columna de agua.



- Las variables físicas temperatura y transparencia mantienen la funcionalidad descrita para otros periodos del año. Este es otro antecedente que permite indicar la vuelta a la normalidad del ecosistema para el periodo de verano.
- Se detecta una importante actividad reproductiva de anchoveta a lo largo de toda la extensión latitudinal de la zona explorada, la cual se expresa tanto en los valores de la densidad promedio como en la frecuencia de estaciones positivas a huevos y larvas. Esta situación es coherente con el pico secundario del desove que caracteriza el ciclo de madurez gonadal de la especie.
- El desove de sardina experimenta un importante incremento con respecto al verano de 1998, tanto en su cobertura geográfica como en su intensidad, lo que se refleja en el índice de constancia o frecuencia, el que alcanza el 4° lugar para el caso de los huevos y el más alto para las larvas de la serie 1982/1999.
- La distribución espacial del desove se presenta estrechamente asociada a la zona adyacente a la costa, aspecto que afecta con mayor intensidad a anchoveta y sardina. Esta disposición es concordante con los antecedentes históricos y se considera es provocada por las condiciones ambientales propias de períodos estivales. En este sentido, el desove de anchoveta, que es fundamentalmente costero, debe estar afectado por las ondas atrapadas a la costa, desconociéndose la magnitud de sus efectos.
- Con relación a jurel, éste registró una actividad reproductiva importante y en función de la serie de tiempo analizada el verano de 1999, se constituye en el 2° registro más importante para el caso de los huevos y en el de mayor relevancia para las fases larvarias.



- Los índices de cobertura (IC) indican que la anchoveta fue la especie que presentó una mayor presencia en la zona de estudio, el jurel fue la especie que se presentó en segundo lugar, después de la anchoveta, la caballa y la sardina tuvieron escasa presencia espacial.
  
- Los índices de densidad (ID) indican que no obstante la escasa presencia espacial de la sardina, sus niveles de densidad fueron los más altos de las especies detectadas, superando a la anchoveta que aún cuando tuvo una mayor cobertura, sus niveles de densidad fueron menores. De manera similar, la caballa también registró niveles de concentración mayores que el jurel.
  
- La biomasa de anchoveta en el verano de 1999 y para las subzonas costeras Arica - Iquique y Punta Lobos - Mejillones, alcanzó a 1.370 y 182.632 t, respectivamente.





## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aron, A. 1980. Taxonomía, distribución y abundancia de las larvas de peces en la bahía de Concepción (36°04'S,73°02'W), Chile. Tesis para optar al título de biólogo Marino.
- BAC N° 93 a 99. 1998. Boletín de Alerta Climático. Mayo a diciembre 1998. Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- BAC N° 100 a 102. 1999. Boletín de Alerta Climático. Enero a marzo 1999. Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- 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: Normanichthyidae) del área de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Valparaíso, 17:81-95.
- Blanco, J. L. y M. Díaz. 1985. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-83 en la zona norte de Chile. Inv. Pesq. (Chile) 32:53-60.
- Blanco, J. L.; R. Kelly y J. Jara. 1986. Análisis de las condiciones oceanográficas en otoño de 1986. IFOP. Informe final de proyecto a Pesquera Coloso S. A. y Pesquera Guanaye Ltda., 28 p. En: Programa investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.



- 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.
- Borkman, D. & T. Smayda. 1998. Long term trends in water clarity revealed by Secchi-disk measurements in lower Narragansett Bay. ICES Journal of Marine Science. 55:668-679.
- 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.
- Braun, M. 1996. Ictioplancton. En: Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV. Informe Final FIP 95-03. 165 pp + Tablas y Figuras.
- Braun, M., J. L. Blanco, J. Osses y J. Castillo. 1999. Monitoreo Bioceanográfico Estacional de los Recursos Pelágicos en la I y II Regiones. Informe Final FIP N°97-02 Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 145 pp + Tablas y Figuras.



- Carpenter, J. H. 1965. The chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. and Oceanogr.*, 10: 141-143.
- Castillo, J.; M. Braun y J. L. Blanco. 1992. Cuantificación 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.
- Chiechowski, 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.)
- C.P.P.S. 1998. Informe Final de la XIII Reunión del Comité Científico del Programa ERFEN. Guayaquil, Noviembre 1998. Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- Enfield, D. 1980. "El Niño". Pacific eastern boundary response to interannual forcing. In: Resource management and Environmental uncertainty. pp. 213-254. M. Glantz Ed.
- 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.
- Frontier, S. 1966. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I) Programa des recoltés et techniques d'étude. 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 living 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.
- Hempel, G. 1979. Early life history of marine fish: the eggs state. University of Washington Sea Grant Programme, Seattle. 70 pp.



- Hjort, J. 1914. Fluctuacions in the great fisheries of northern Europe viewed in the lighth of biological research. Rapp. P.. - V. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 20: 1-228.
- Hjort, J. 1926. Fluctucions in the years classes of important food fishes. Rapp. P.. - Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 1: 5 - 38.
- Kelly, R. y J. L. Blanco. 1986. Características oceanográficas en el norte de Chile durante la declinación de El Niño 1982-83. Invest. Pesq. (Chile), 33: 77-90.
- Keller, A.A. 1987. Mesocosm studies of DCMU- enhanced fluorescence as a mesure of phytoplankton photosynthesis. Marine Biology. 96:107-114.
- Lasker, R. y K. Sherman (Eds). 1981. The early life history of fish: Recent studies. Rapp. P. -V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer. 178: 606 pp.
- 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., C. Chen, A. Bradshaw and K. Schleicher. 1980. A new high pressure equation of state for seawater. Deep Sea Res., 27a, 255-264.
- Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.
- 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. Los Ang. Cty. Mus. Nat. Hist. Sci. 7:1-145.



- Muñano, J. y J. Castillo. 1971. Primeros resultados de las investigaciones biológico-pesqueras de la "caballa" *Scomber japonicus peruanus* J. Y H. Serie Informes Especiales N°im-84. Inst. Del mar. Callao, Perú:39p.
- Murphy, G. T. (Chairman). 1974. Report of the fourth session of the panel of experts on stock assessment on peruvian anchoveta. Instituto del mar del Perú (Callao), Boletín 2: 605 - 719.
- 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.
- 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.
- O'Reilly, J.E. & C. Setlin. 1998. Seasonal, horizontal, and vertical distribution of phytoplankton chlorophyll a in the Northeast US continental shelf ecosystem. USA Dept. Commerce NOAA Technical Report NMFS 139, 119 pp.
- Parson, T. R., B. O. Jansson, A. R. Longhurst and G. Saeterdsdal (Editors). 1978. Marine Ecosystems and Fisheries Oceanography. Rapp. P. -V. Réun. Cons. Perm. int. Explor. Mer., 173: 1 - 240.
- 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.



- Peterman, R.M., M.J. Bradford, N.C. Lo and R.D. Methot. 1988. Contribution of early life stages to interannual variability in recruitment of northern anchovy (*Engraulis mordax*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45, 8-16.
- Retamales, R. y L. González. Aspectos reproductivos de la "caballa" (*Scomber japonicus peruanus*) en la zona norte de Chile (manuscrito).
- 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.
- 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.
- 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 Anchoqueta Peruana *Engraulis ringens* 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos". mimeo.
- Serra, J., O. Rojas y M. Aguayo. 1981. Caballa *Scomber japonicus peruanus* Jordan y Hubbs. Teleostomi, Perciformes, Scombridae. En: Corporación de Fomento de la Producción. Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales. Bases para un Desarrollo Pesquero. Santiago, Chile, IFOP, Complementación, Parte 3 sp. (Ap 82-19).
- Sharp, G. (Editor). 1981. Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. Lima, Perú, 20 April - 5 May, 1980. IOC Workshop Rep. 28 UNESCO, París: 323 pp.
- 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.
- Silva, N. y T. Fonseca. 1983. Geostrophic component of the oceanic flow off northern Chile. Conferencia Internacional sobre Recursos Marinos del Pacífico. Viña del Mar, Chile. pp559-70. P.Arana Eds.



- Sinclair, M. y M. J. Tremblay. 1984. Timing og spawning of Atlanctic herring (*Clupea harengus*) populations and the match-mismatch theory. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 1005-1065.
- Sinclair, M., M. J. Tremblay y P. Bernal. 1985. El Niño events and variability in a Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) survival index: support for Hjort's second hypothesis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42:602-608.
- Smith, P. E., R. C. Counts and R. I. Clutter. 1968. Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. J. Ciens. CIEM, 32(2): 232-48.
- Smith, P. E. 1972. The increase in spawning biomass of northern anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull. NOAA/NMFS, 70(3): 49 - 74.
- 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.
- Stauffer, G. D. 1980. Estimate of the spawning biomass of the northern anchovy central subpopulation for the 1979 - 1980 fishing season. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep. 21: 17 - 22.
- Stauffer, G. D. and K. R. Parker. 1980. Estimate of the spawning biomass of the northern anchovy central subpopulation for the 1979 - 1980 fishing season. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep. 21: 12 - 16.
- Sullivan, W. 1982. Ocean sciences in relation to living resources. Fisheries 7(3): 18 - 19.
- Thomas, A.C., F. Huang, P. Strub & C. James. 1994. Comparison of the seasonal and interannual variability of phytoplankton pigment concentrations in the Peru and California current systems. Journal of Geophysical Research. 99(C4):7355-7370.



- Trees, C.C., M.C. Kennicutt & J.M. Brooks. 1985. Errors associated with the standard fluorimetric determination of chlorophylls and phaeopigments. *Marine Chemistry* 17:1-12.
- UNESCO, 1968. Zooplankton sampling. Monographs on oceanographic methodology 2. Geneva. 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 Practical 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.
- Venrick, E. 1978. Systematic sampling in a planktonic ecosystem. *Fishery Bulletin*. 76(3): 617 – 627.
- Welschmeyer, N.A. 1994. Fluorimetric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and phaeopigments. *Limnology & Oceanography* 39(8):1985-1992.
- 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. Cruceiro MOBIO- 9902.

N° EST	FECHA AA MM DD	HORA HH MM GR	LAT MIN GR	LONG MIN GR	RED CÓDIGO	MALLA	RED	PROF. FLUÓMETRO ECOS. COD.	N°FIN.	CALLADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ARR.	ANG.	TEMP(°C) 0m	SALIN. ATMOSF. 0m	PRESIÓN ATMOSF.	SECA	TEMP/AIRE HUMEDA	SECCHI	OLAS ALT. DIR.	VIENTO DIR. VEL. TIP. CANT.	NUBES TIP. CANT.									
1	99	2	22	17	32	19	40.0	70	11.4	03	297	73 A07	450	1	19	1	25	65	10	20.00	34.68	12.0	25.5	23.5	4	4	21	18	02	4	0
2	99	2	22	18	40	19	40.0	70	15.5	03	297	178 A07	640	2	2	2	16	100	3	17.80	34.72	12.0	25.0	23.0	5	4	21	18	01	4	0
3	99	2	22	18	54	19	40.0	70	21.1	03	297	695 A07	654	1	56	2	13	100	4	18.40	34.85	13.0	22.0	12.0	5	3	21	18	01	4	0
4	99	2	22	21	47	19	40.0	70	31.5	03	297	745 A07	750	1	40	2	12	100	11	19.87	34.85	14.0	22.5	21.0	2	2	20	17	03	4	7
5	99	2	23	0	57	19	40.0	70	53.2	03	297	2387 A07	895	1	50	2	23	100	5	23.80	34.74	14.0	22.6	20.0	2	2	20	16	03	4	7
6	99	2	23	5	18	19	40.0	71	24.7	03	297	6000 A07	725	2	5	2	16	100	8	25.33	35.67	12.0	24.5	23.0	2	2	20	16	03	4	2
7	99	2	23	9	44	19	40.0	71	56.7	03	297	4800 A07	768	1	44	2	1	100	35	25.22	35.50	13.5	24.0	22.0	2	2	17	15	04	6	5
8	99	2	23	12	36	19	41.1	71	58.2	03	297	5000 A07	875	1	53	2	12	100	26	25.18	35.38	13.5	27.6	25.0	2	2	15	15	04	6	6
9	99	2	23	15	40	19	2.6	72	0.7	03	297	6000 A07	872	1	58	2	9	100	29	25.47	35.29	12.2	28.2	27.0	22	3	17	16	04	6	6
10	99	2	23	18	32	18	42.8	72	2.7	03	297	6000 A07	778	2	15	2	18	100	12	25.34	35.31	12.0	28.0	24.5	2	3	17	15	03	6	4
11	99	2	23	21	20	18	25.0	72	5.0	03	297	4400 A07	742	2	11	2	23	100	6	25.77	35.39	13.0	25.0	23.0	3	3	17	12	02	3	5
12	99	2	24	1	48	18	25.1	71	33.5	03	297	2087 A07	842	2	3	2	13	100	25	24.77	35.16	13.8	24.0	22.0	2	2	17	10	03	7	2
13	99	2	24	6	5	18	25.0	71	1.9	03	297	908 A07	705	2	22	2	23	100	17	24.03	34.89	12.0	23.0	21.5	2	2	17	10	03	3	7
14	99	2	24	9	30	18	25.0	70	41.0	03	297	695 A07	752	2	8	1	48	100	21	23.05	34.98	13.0	23.0	21.0	17	2	17	15	03	3	7
15	99	2	24	11	38	18	25.0	70	30.6	03	297	112 A07	690	1	58	2	15	100	4	19.70	34.92	13.5	25.0	23.0	2	2	17	15	01	3	7
16	99	2	24	12	40	18	25.0	70	25.0	03	297	71 A07	553	1	23	1	33	85	13	18.70	34.81	13.0	26.1	23.0	9	1	18	19	03	4	6
17	99	2	24	14	5	18	25.0	70	21.7	03	297	20 A07	142	0	20	0	18	15	12	19.46	34.55	12.5	28.0	23.0	3	1	18	17	03	4	6
18	99	2	25	10	4	20	23.8	70	38.2	03	297	1312 A07	710	1	51	2	4	100	3	24.12	35.07	14.0	25.0	23.0	17	3	20	17	03	2	4
19	99	2	25	13	52	20	36.0	71	4.9	03	297	5000 A07	780	2	2	2	22	100	24	20.87	34.82	13.8	30.7	25.0	14	3	20	18	02	2	2
20	99	2	25	17	51	20	48.2	71	31.4	03	297	5200 A07	730	2	16	2	2	100	8	21.23	34.65	12.0	25.0	21.5	22	3	20	18	03	2	2
21	99	2	25	21	37	21	0.0	71	56.6	03	297	4280 A07	775	1	52	2	18	100	24	24.23	34.70	13.0	24.0	22.0	2	2	20	15	03	2	2
22	99	2	25	21	40	21	0.0	71	25.0	03	297	5000 A07	810	2	6	2	16	100	25	25.51	35.35	13.5	23.3	21.0	2	2	20	14	02	2	2
23	99	2	26	5	42	21	0.0	70	53.0	03	297	3830 A07	758	1	56	2	16	100	14	24.87	35.09	12.0	22.5	21.0	2	2	20	22	02	0	0
24	99	2	26	8	47	21	0.0	70	31.9	03	297	112 A07	768	2	1	1	58	100	18	24.91	35.02	13.0	23.0	21.0	15	3	20	18	03	6	2
25	99	2	26	11	6	21	0.0	70	21.4	03	297	910 A07	749	2	1	2	3	100	21	24.19	34.93	13.0	25.0	23.0	17	3	20	18	02	6	2
26	99	2	26	12	38	21	0.0	70	16.1	03	297	93 A07	925	1	48	2	7	85	4	24.18	34.95	13.5	25.0	21.0	8	2	20	12	02	6	2
27	99	2	26	13	34	21	0.0	70	12.0	03	297	78 A07	480	1	27	1	26	70	15	21.17	34.83	12.0	24.8	21.0	4	2	19	17	03	6	2
28	99	2	26	18	5	21	22.4	70	15.7	03	297	148 A07	782	1	1	2	9	100	21	18.88	34.58	11.0	26.5	23.0	19	2	19	19	03	6	2
29	99	2	26	22	50	21	30.0	70	13.0	03	297	127 A07	730	2	5	2	9	100	15	18.07	34.66	13.0	23.0	21.0	10	2	19	00	00	8	3
30	99	2	27	11	59	21	51.0	70	19.4	03	297	770 A07	870	1	55	2	4	100	20	24.27	34.80	14.0	27.0	23.0	10	2	19	16	03	2	3
31	99	2	27	13	40	21	59.7	70	12.5	03	297	87 A07	512	1	38	1	50	80	2	23.30	34.72	13.5	27.0	23.0	6	2	19	19	03	2	3
32	99	2	27	22	33	22	37.5	70	28.1	03	297	760 A07	785	1	53	2	6	100	32	22.58	34.87	14.0	22.5	21.0	6	2	18	21	03	2	2
33	99	2	28	9	28	22	20.0	70	16.2	03	297	110 A07	685	1	52	1	51	100	3	20.67	34.56	14.0	21.4	20.0	7	4	23	17	02	7	2
34	99	2	28	10	26	22	20.0	70	20.7	03	297	430 A07	768	2	15	1	55	100	0	16.23	34.82	14.5	23.0	21.0	4	4	23	16	03	7	2
35	99	2	28	11	38	22	20.0	70	28.0	03	297	800 A07	770	2	10	2	0	100	27	18.72	34.55	14.5	25.0	23.0	17	4	23	20	03	7	1
36	99	2	28	13	36	22	20.0	70	38.9	03	297	1304 A07	748	2	0	2	4	100	32	21.05	34.55	14.0	27.9	23.0	7	4	21	18	03	7	1
37	99	2	28	16	25	22	20.0	70	58.5	03	297	4950 A07	850	1	58	2	1	100	36	21.90	34.37	12.0	24.0	21.0	16	4	21	18	04	2	4
38	99	2	28	20	35	22	20.0	71	30.9	03	297	5200 A07	868	1	48	1	47	100	32	20.70	34.58	13.0	23.0	20.0	4	2	18	18	04	2	4
39	99	3	1	0	35	22	20.0	72	3.2	03	297	4337 A07	985	2	5	1	97	100	30	22.66	34.78	14.5	22.4	20.0	3	2	18	18	04	6	8
40	99	3	1	4	15	22	39.6	72	6.2	03	297	4187 A07	825	1	58	1	54	100	27	24.50	34.94	13.0	22.0	20.0	20	5	20	17	04	6	8
41	99	3	1	7	16	22	59.5	72	8.6	03	297	4185 A07	705	2	6	2	7	100	6	23.56	34.80	13.0	22.0	18.3	23	3	21	18	03	6	5
42	99	3	1	10	15	23	8.5	72	11.6	03	297	4270 A07	873	2	13	1	57	100	28	23.12	34.85	14.5	23.0	21.0	20	5	20	17	04	6	8
43	99	3	1	13	22	23	40.0	72	14.4	03	297	4341 A07	812	1	53	2	55	100	26	22.82	34.88	14.5	24.4	21.0	20	5	20	17	04	6	8
44	99	3	1	19	2	23	40.0	71	41.4	03	297	5230 A07	745	1	57	1	55	100	9	22.98	34.95	13.0	23.5	20.5	20	5	20	17	04	6	8
45	99	3	1	23	38	23	40.0	71	8.8	03	297	6000 A07	788	1	49	2	0	100	20	23.43	35.05	14.0	21.0	19.0	8	20	17	04	6	8	
46	99	3	2	3	20	23	40.0	70	47.0	03	297	2350 A07	778	1	59	2	12	100	17	23.11	34.82	13.5	20.2	19.0	23	3	20	17	02	6	2
47	99	3	2	5	27	23	40.0	70	35.9	03	297	500 A07	685	1	55	1	51	100	13	20.98	34.60	13.0	18.0	18.0	18	3	20	17	03	0	0
48	99	3	2	6	50	23	40.0	70	30.6	03	297	140 A07	685	1	56	1	54	100	3	19.91	34.50	13.0	18.0	18.0	18	3	20	17	03	0	0
49	99	3	2	7	45	23	40.0	70	26.2	03	297	85 A07	620	1	37	1	38	80	21	20.82	34.55	13.5	18.5	17.0	9	3	20	17	03	0	0
M202-MEJILLONES	99	2	28	2	51	23																									

Tabla N° 2. Categorías por densidad

Categoría	Intervalo	Calificación de densidad (t/mn <sup>2</sup> )
I	1 - 75	Muy baja
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Densa
IV	301 - >	Muy densa

TABLA N° 3  
 DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES CRUCERO MOBIO 9902  
 HUEVOS

ESPECIE	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
Sardinops sagax	6	953	19	159	12.2	0.9
Engraulis ringens	10	69063	1409	6906	20.4	66.0
Trachurus murphyi	8	2468	50	309	16.3	2.4
Scomber japonicus	9	2530	52	281	18.4	2.4
Otras especies	39	29581	604	758	79.6	28.3
Total Huevos	46	104596	2135	2274	93.9	100.0

LARVAS

ESPECIE	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE LARVAS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
Sardinops sagax	16	1619	33	101	32.7	1.7
Engraulis ringens	32	21382	436	668	65.3	21.8
Trachurus murphyi	6	1457	30	243	12.2	1.5
Scomber japonicus	6	470	10	78	12.2	0.5
Otras especies	49	72974	1489	1489	100.0	74.5
Total Larvas	49	97902	1998	1998	100.0	100.0

**TABLA N° 4**  
**DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE HUEVOS Y LARVAS *Vinciguerria lucetia***  
**HUEVOS**

ESPECIE	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
Verano 1999	25	14723	300	589	51.0	14.1
Primavera 1998	35	165516	3522	4729	74.5	36.0

**LARVAS**

ESPECIE	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE LARVAS	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	DENSIDAD PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS	CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
Verano 1999	41	48378	987	1180	83.7	49.4
Primavera 1998	34	41267	878	1214	72.3	55.7

Tabla N° 5. Resultados históricos de las calibraciones electroacústicas del sistema ek-500 del B/I Abate Molina en la frecuencia de 38 KHZ, por longitud de pulso.

LUGAR	FECHA	TS			Sv			
		CORTO	MEDIO	LARGO	CORTO	MEDIO	LARGO	
I. Sta María	10.06.91	27.1	28.2	28.5	27.5	28.2	28.8	DUDOSA
I. Sta María	27.11.91	26.9	28	28.1	27.1	27.8	28.4	DUDOSA
Quintero	21.10.92	26.9	27.9	28.1	27	27.5	27.9	
Valparaíso	20.06.93	26.8	27.9	27.9	26.9	27.5	27.6	
Valparaíso	09.11.93	26.5	27.2	27.4	26.9	27.2	27.6	
Mejillones	27.02.94	26	27	27	26.1	26.7	27	
Mejillones	15.05.94	26.1	27.1	27.1	26.2	27	27.2	
Mejillones	06.01.95	27	27.6	27.8	27.1	27.7	28.1	
Valparaíso	12.07.95	25.7	26.5	26.5	25.8	26.3	26.7	
Pto Yates	04.09.96	26.8	27.9	27.9	26.9	27.6	28.1	
Mejillones	19.11.96	26.7	27.9	27.9	26.9	27.7	28	
Valparaíso	18.04.97	26.8	27.5	27.6	27.3	27.7	27.8	
Valparaíso	29.12.97	26.8	27.7	27.7	27.2	27.5	27.9	
Valparaíso	21.11.98	26.9	27.4	27.2	27.1	27.2	27.3	
Promedio		26.6	27.5	27.6	26.8	27.4	27.7	
Desviación		0.41	0.47	0.52	0.48	0.48	0.56	
Número		14	14	14	14	14	14	

Tabla N° 6. Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) por especie, con datos cada 0,5 y 2 mn.

Especie	IC (%) (0,5 mn)	ID (t/mn <sup>2</sup> )(0,5 mn)	IC (%) (2 mn)	ID (t/mn <sup>2</sup> )(2 mn)
Anchoveta	5,88	701,8	24,2	172,1
Sardina	0,54	801,7	2,2	207,5
Jurel	4,10	144,3	17,2	35,8
Caballa	1,33	152,6	5,5	38,3

Tabla N° 7. Estimados de biomasa de anchoveta por subzona. Crucero MOBIO 9902

	Subzona 1 (Arica-Iquique)	Subzona 2 (Punta Lobos-Mejillones)
Area (mn <sup>2</sup> )	700	1.440
Biomasa (t)	1.370	182.632
Densidad (t/mn <sup>2</sup> )	1,9	126,8



# FIGURAS

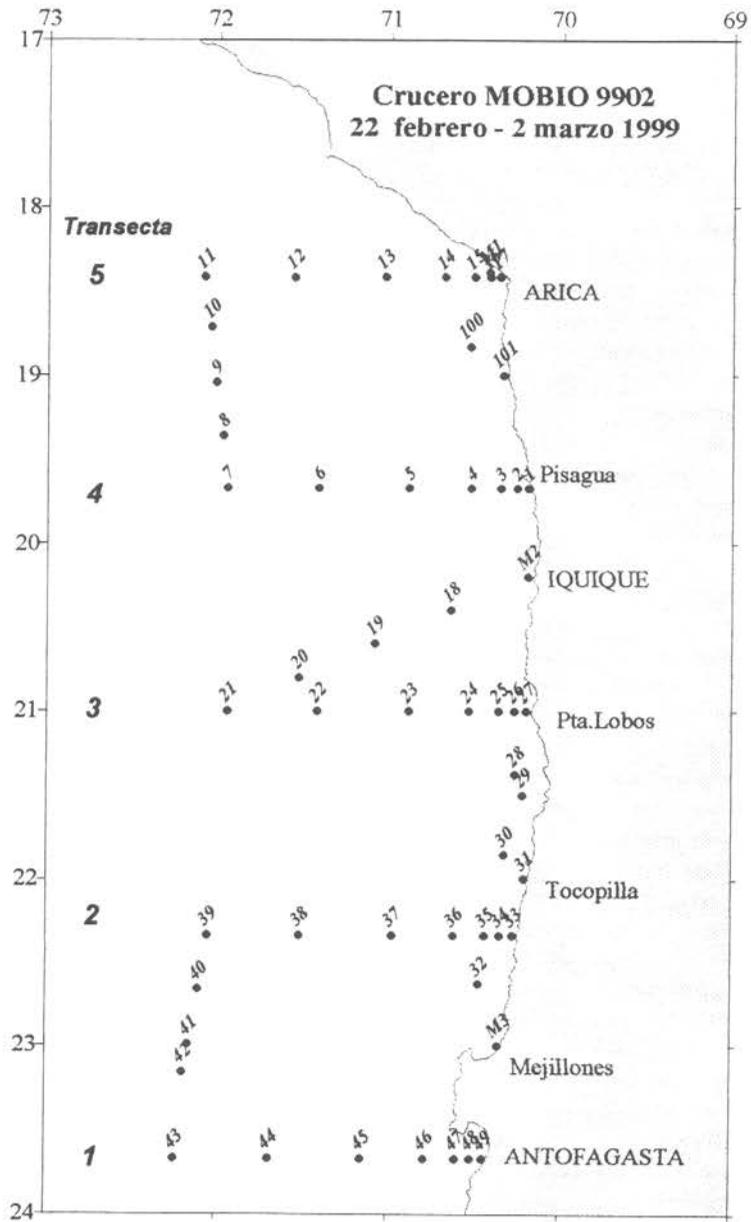


Figura 1.- Posición geográfica de las estaciones bioceanograficas. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999

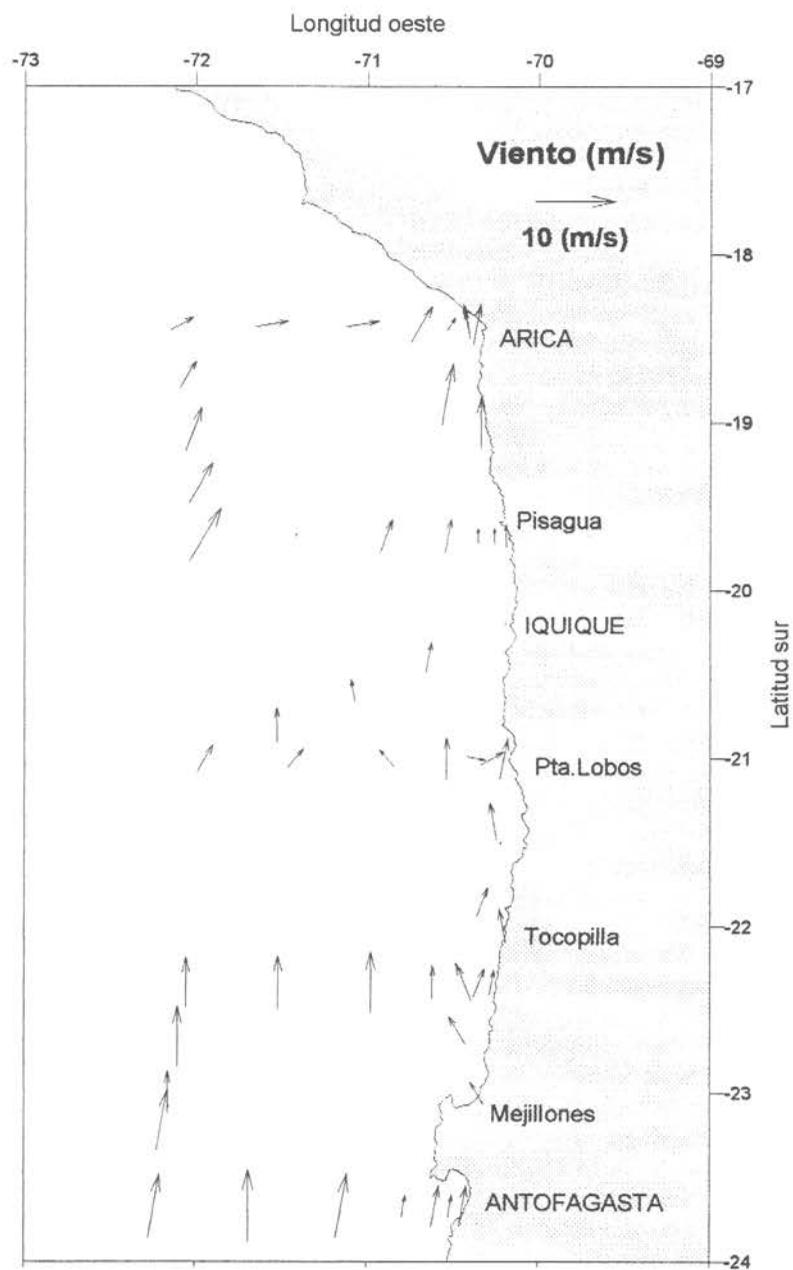
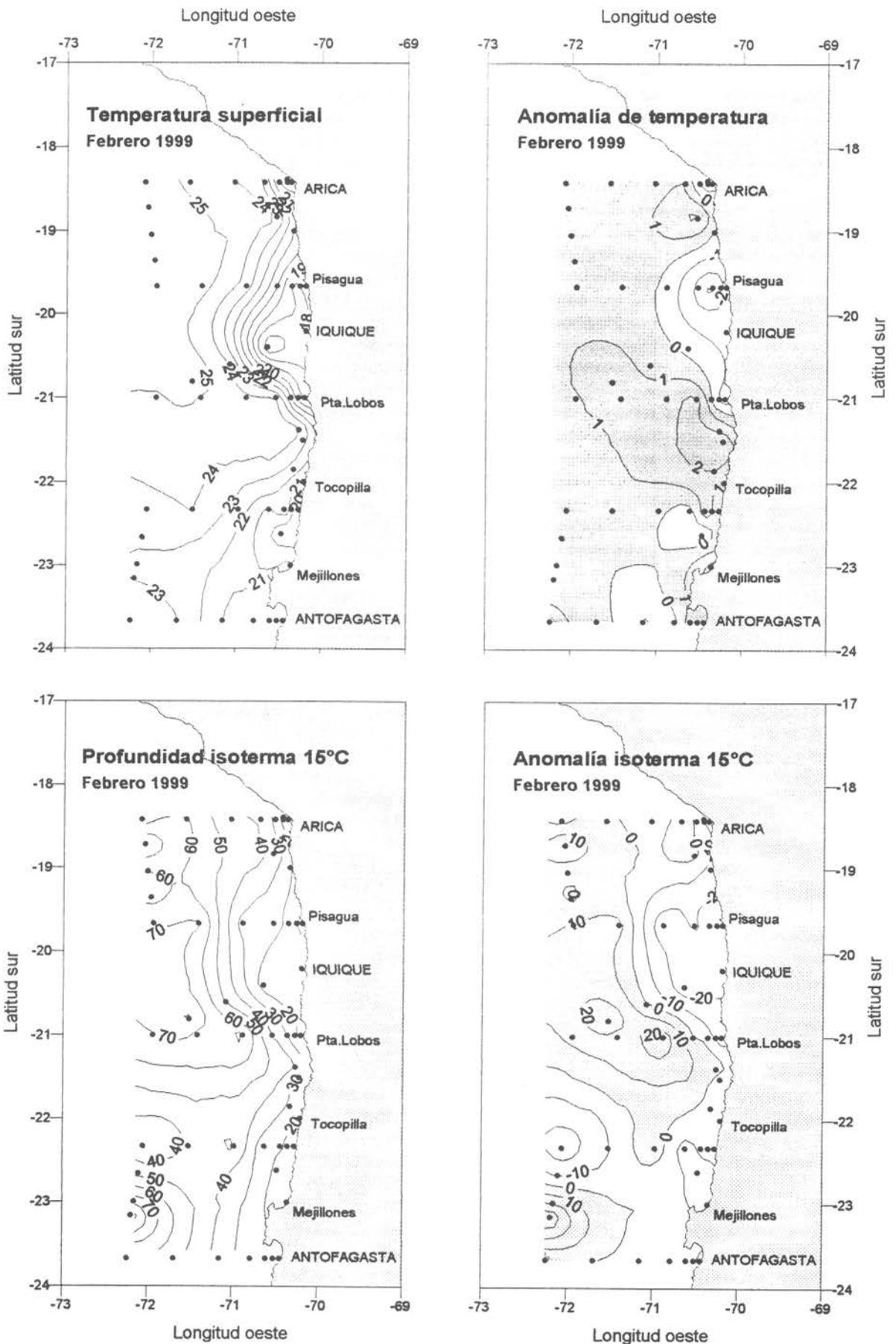
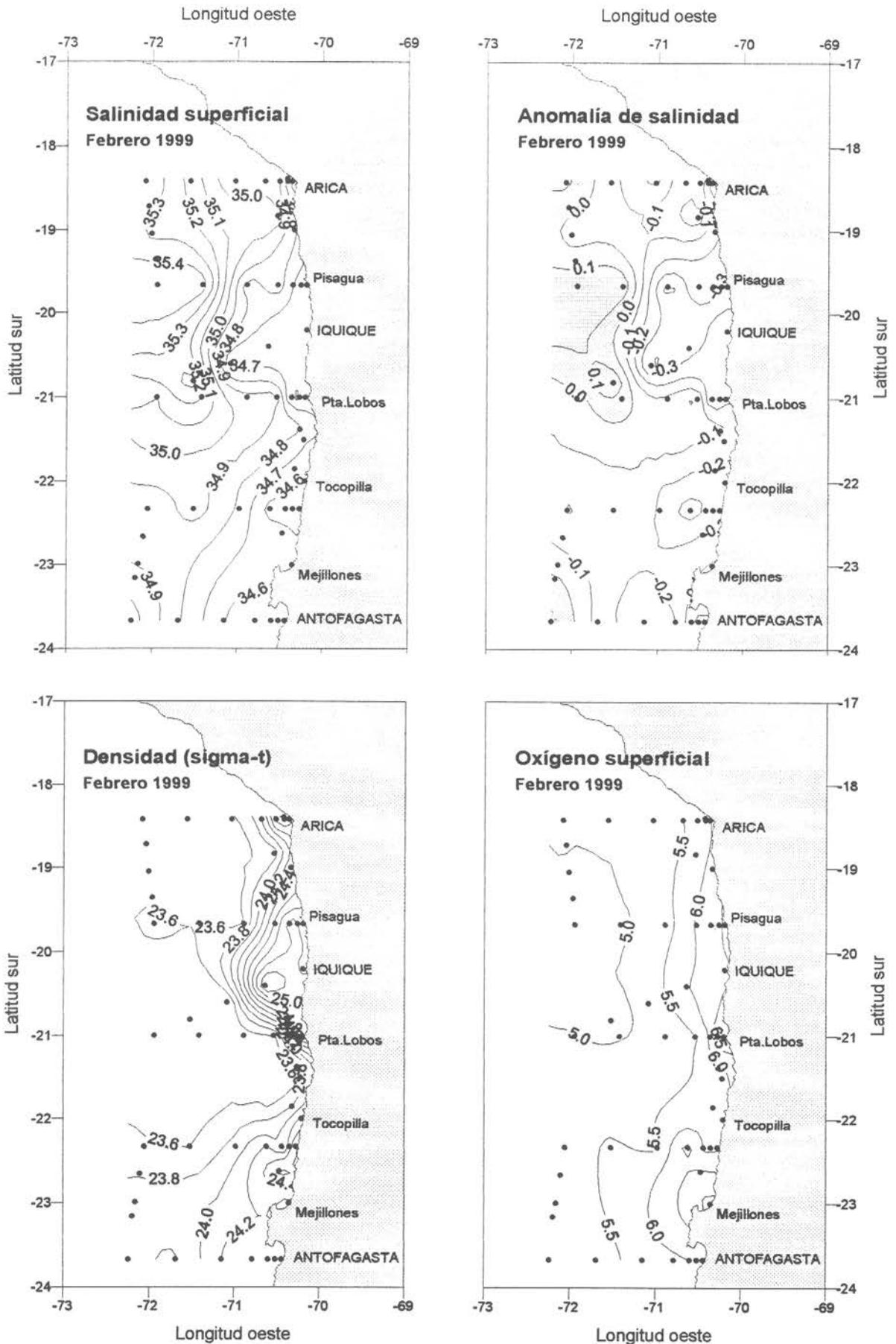


Figura 2.- Dirección e intensidad del viento medido en las estaciones.  
Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.



**Figura 3.- Distribución superficial de temperatura, anomalía de temperatura superficial, profundidad de la isoterma de 15°C y anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.**



**Figura 4.- Distribucion superficial de salinidad, anomalia de salinidad, densidad (sigma-t) y concentración de oxígeno disuelto. Crucero MOBIO 9902. Febrero 1999.**

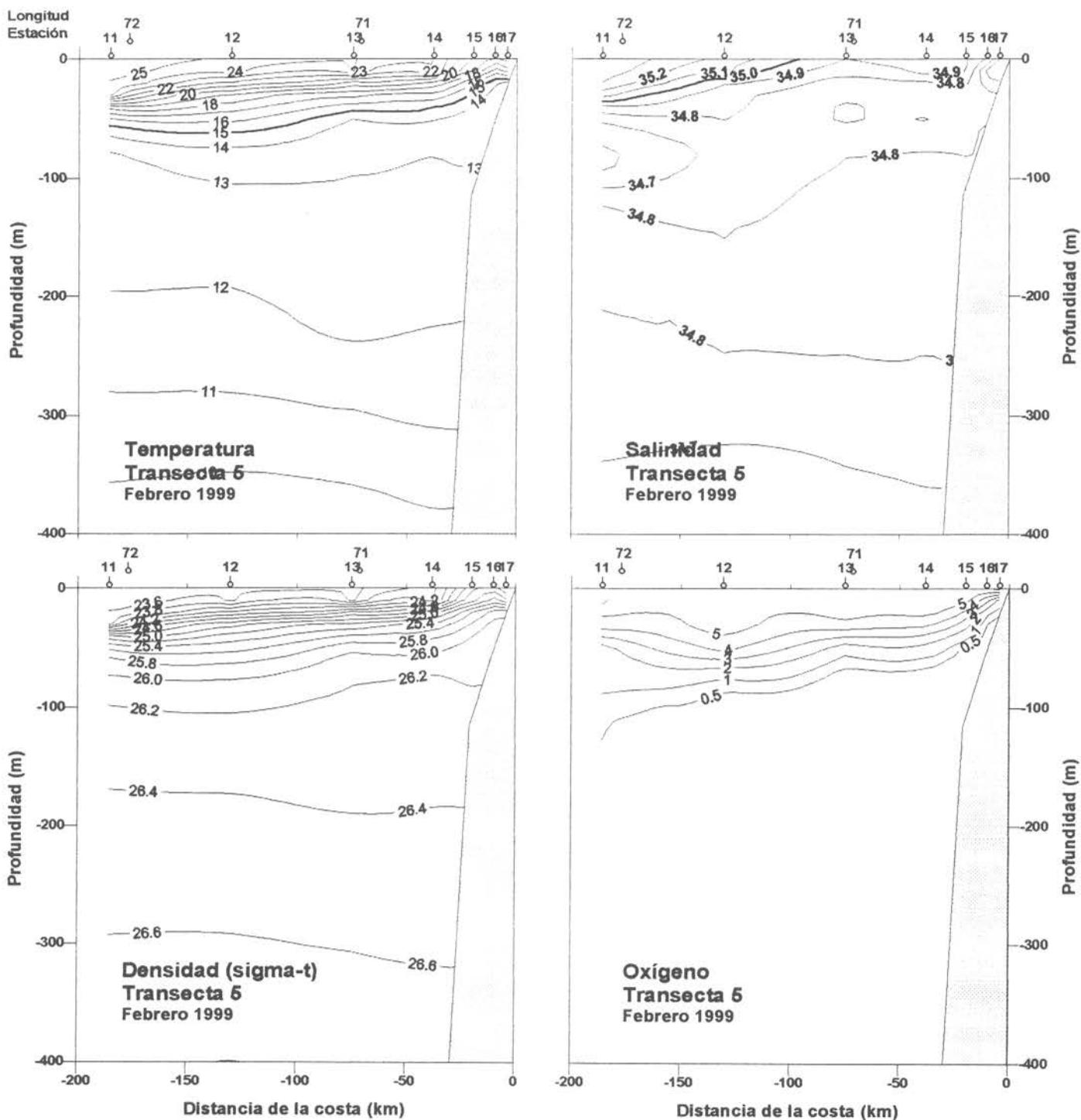


Figura 5.- Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Crucero MOBIO 9902.

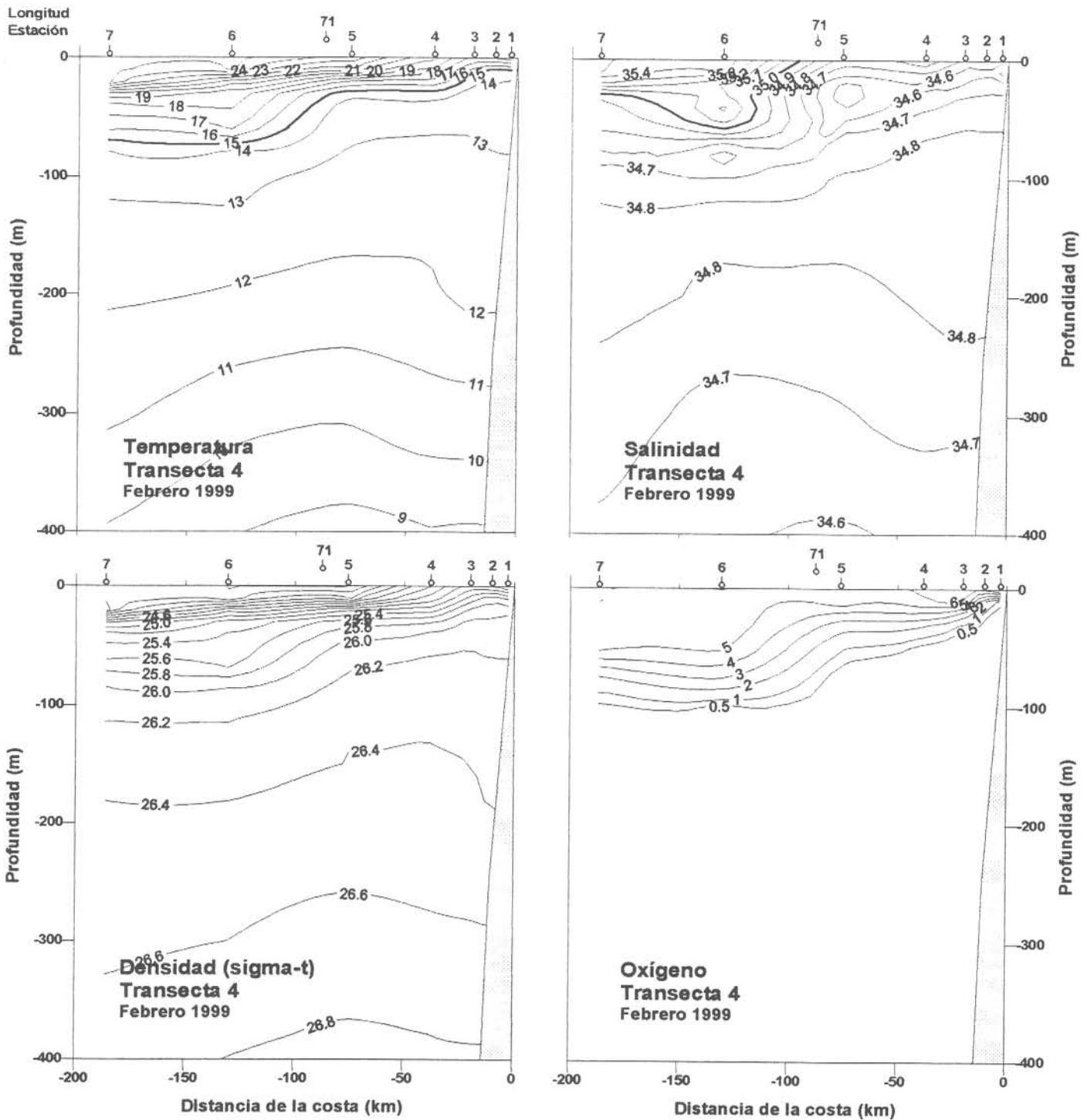


Figura 6.- Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Crucero MOBIO 9902.

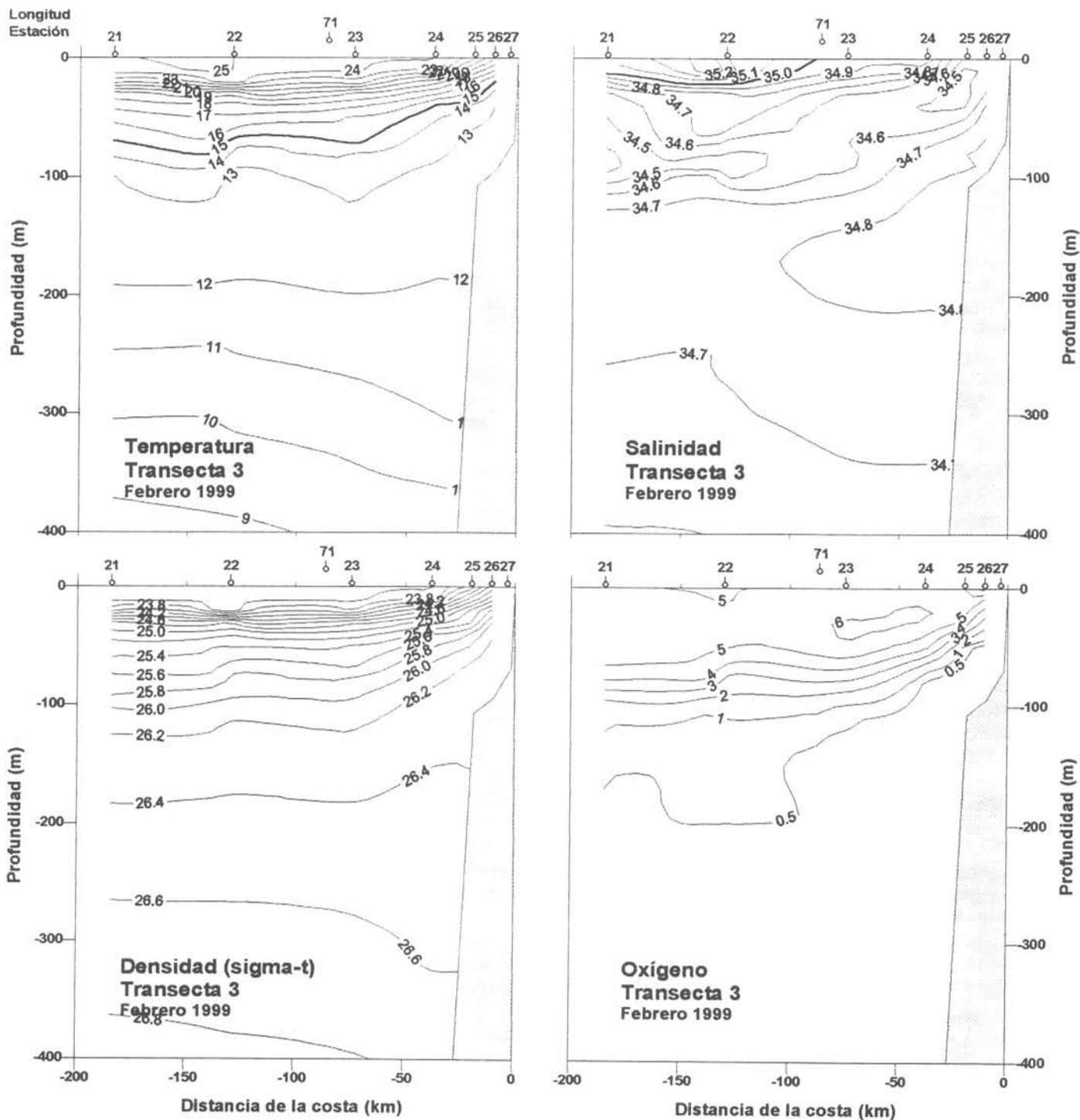


Figura 7.- Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Crucero MOBIO 9902.

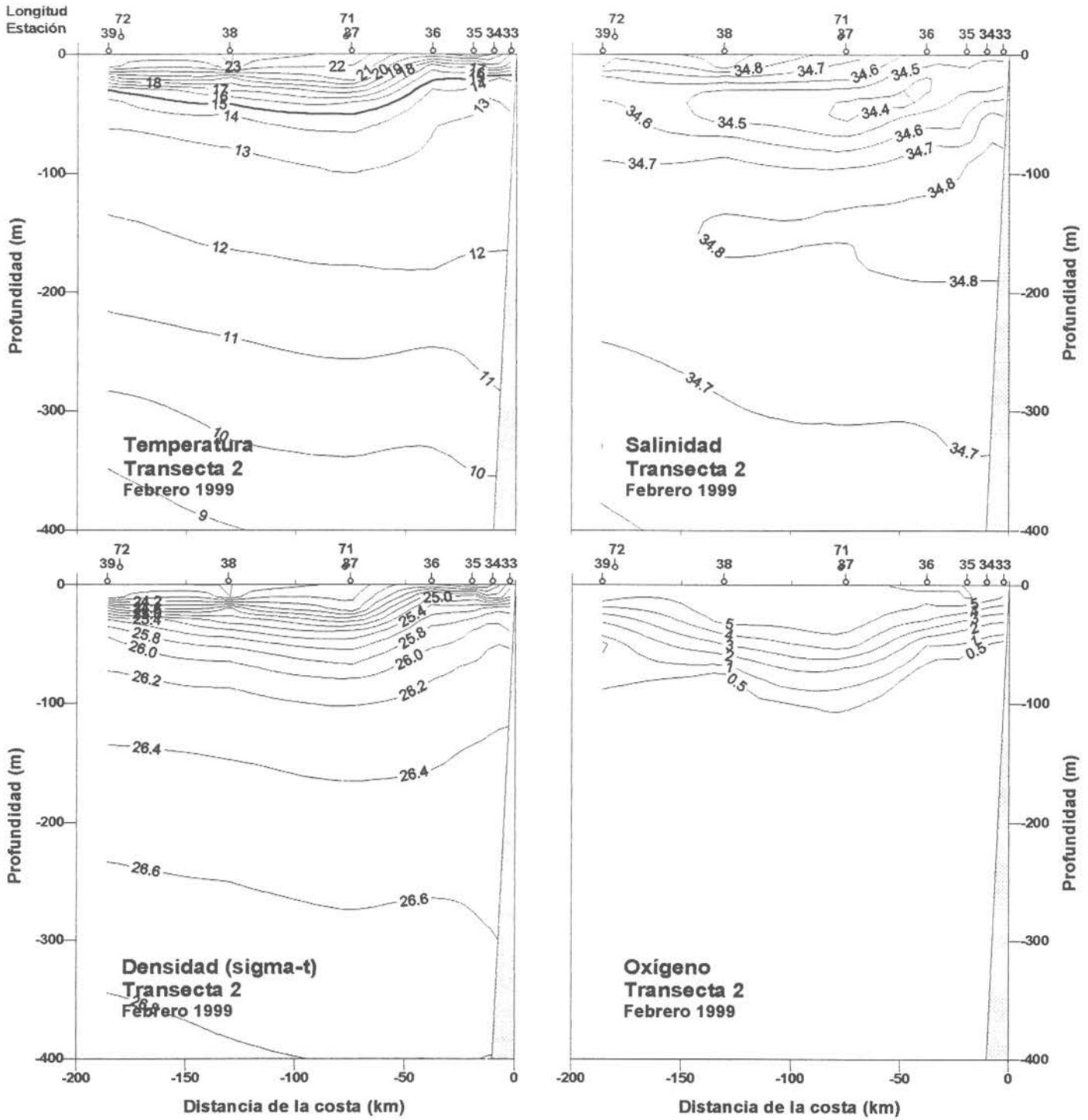


Figura 8.- Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Crucero MOBIO 9902.

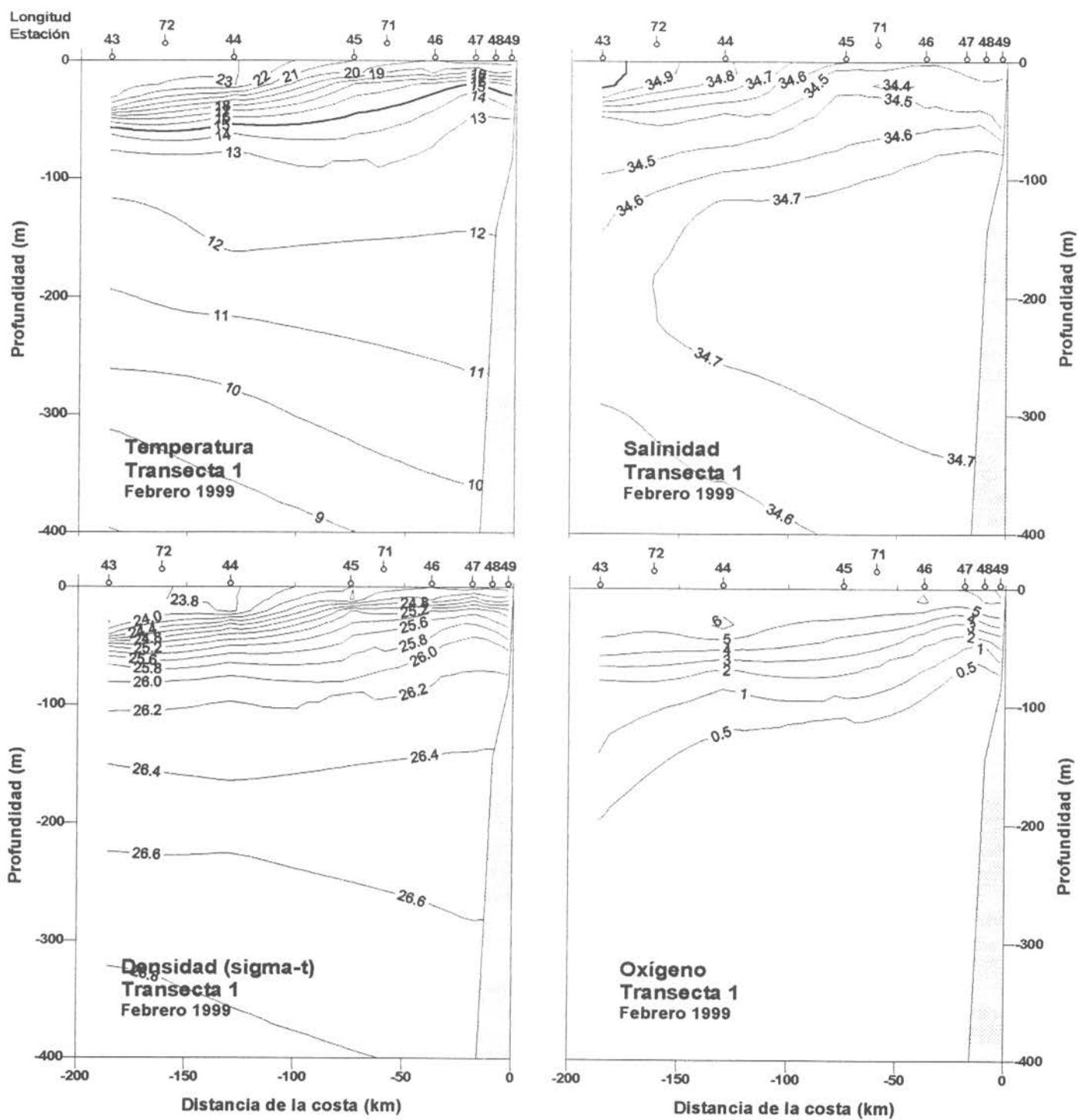


Figura 9.- Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Crucero MOBIO 9902.

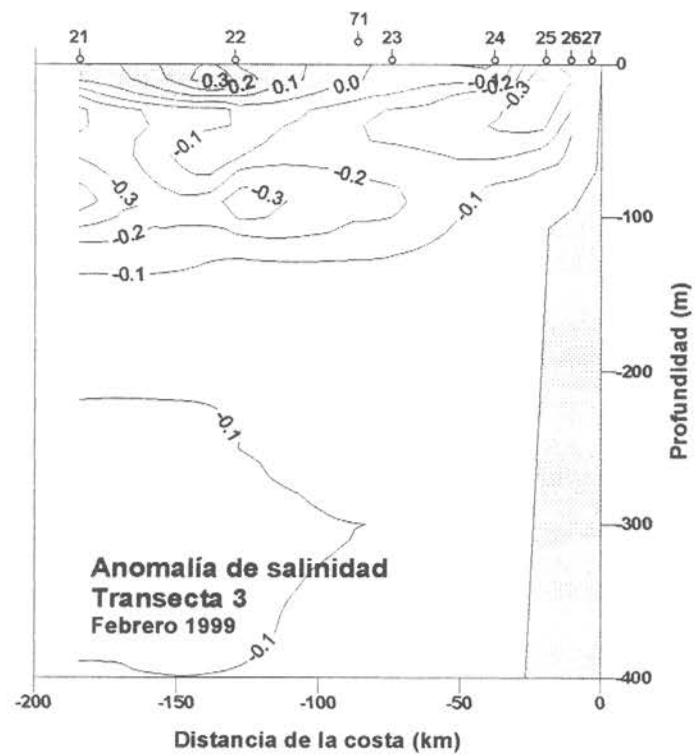
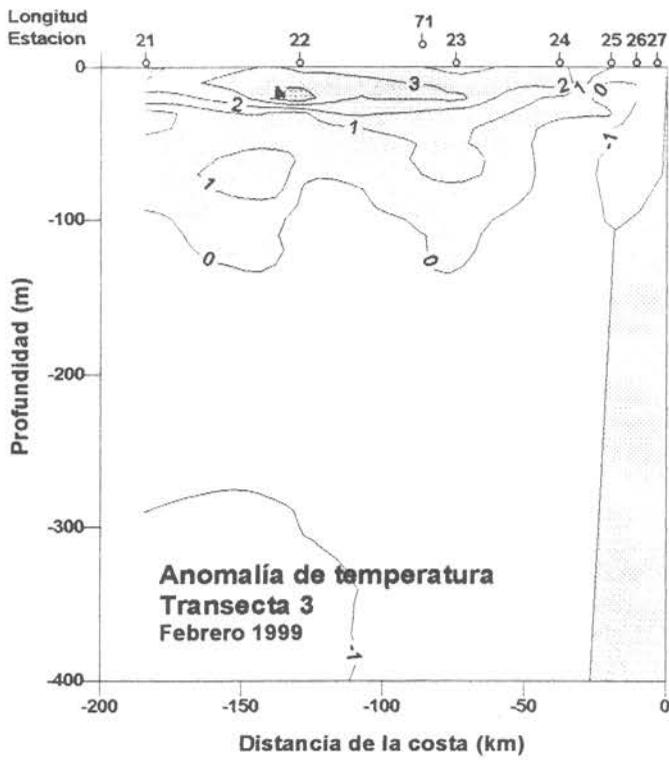


Figura 10.- Distribución vertical de anomalía de temperatura y salinidad en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Crucero MOBIO 9902.

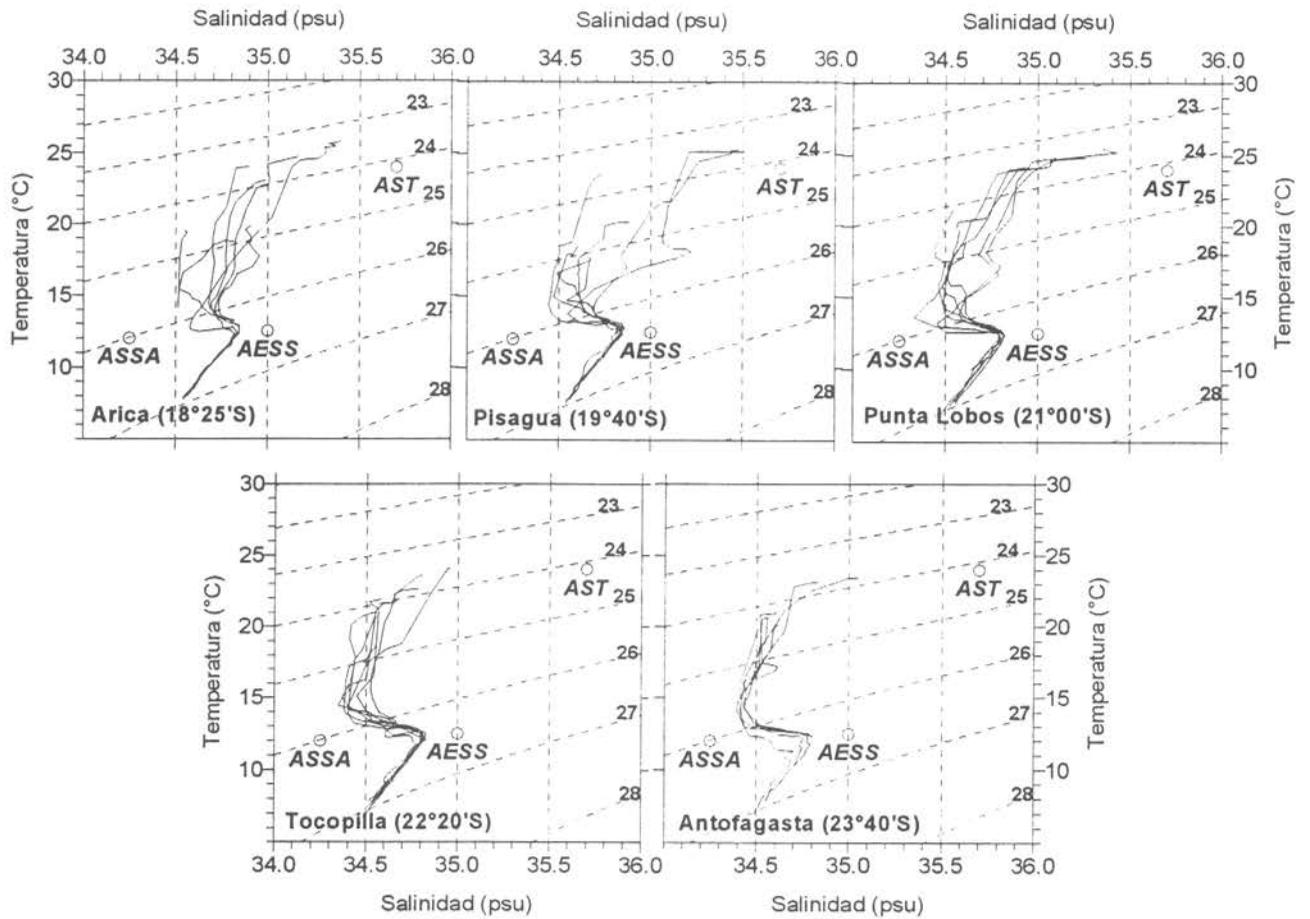
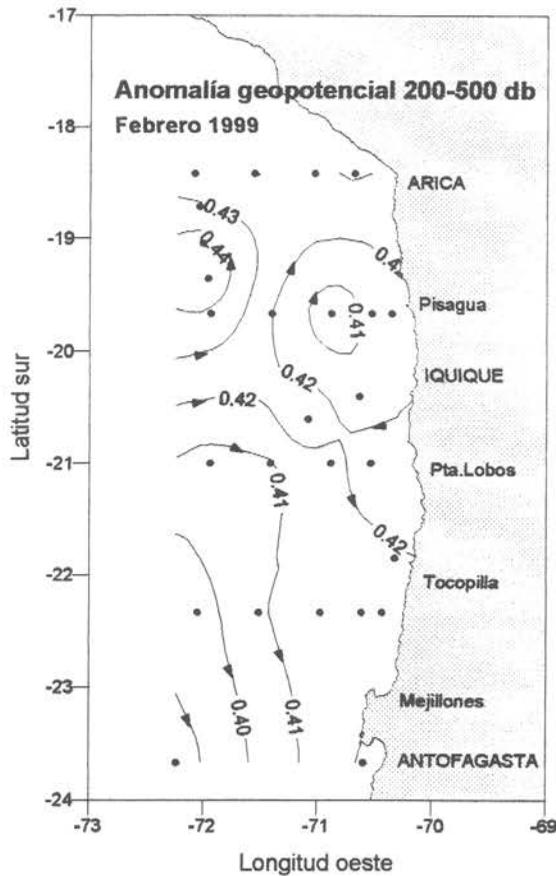
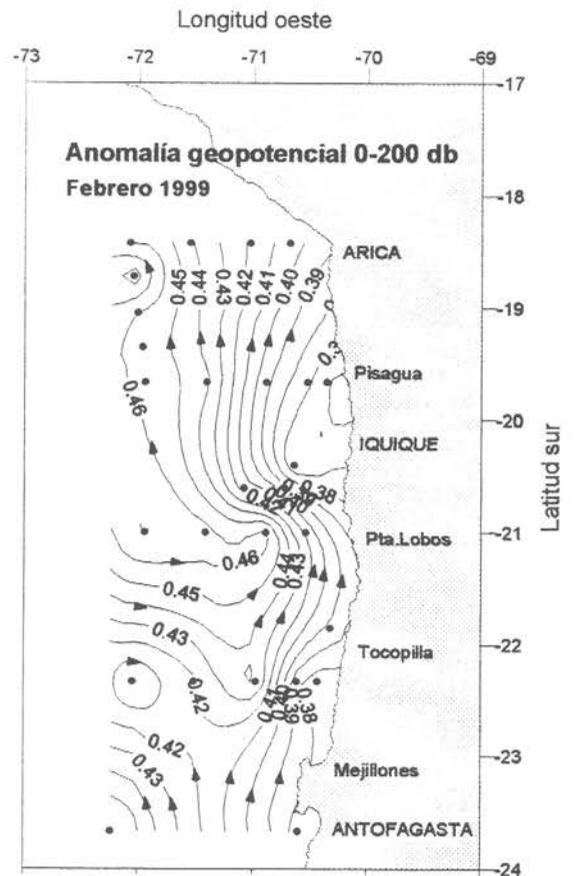
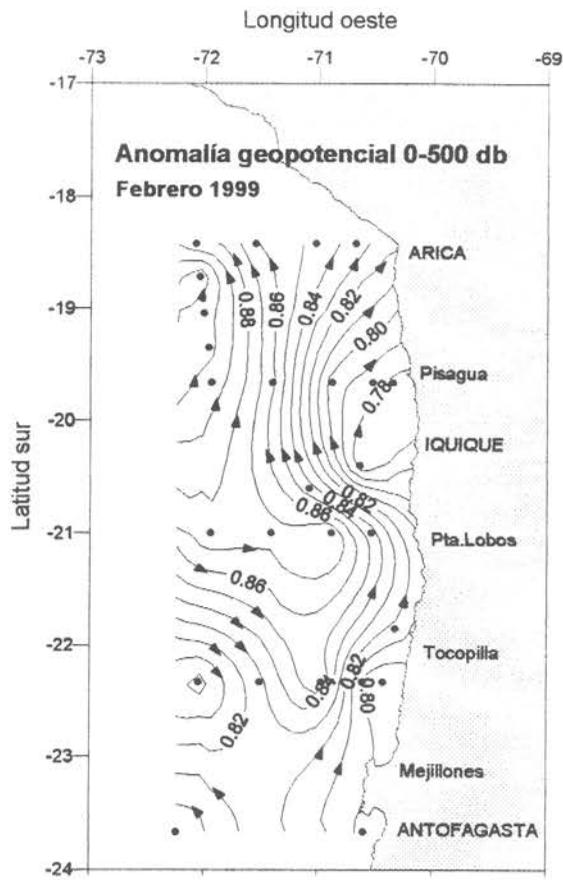


Figura 11.- Diagrama t-s por transecta. Crucero MOBIO9902. Febrero 1999



**Figura 12.- Anomalia geopotencial de superficie referida a 500 db y 200 db y Anomalia geopotencial de 200 referida a 500 db. Crucero MOBIO 9902.**

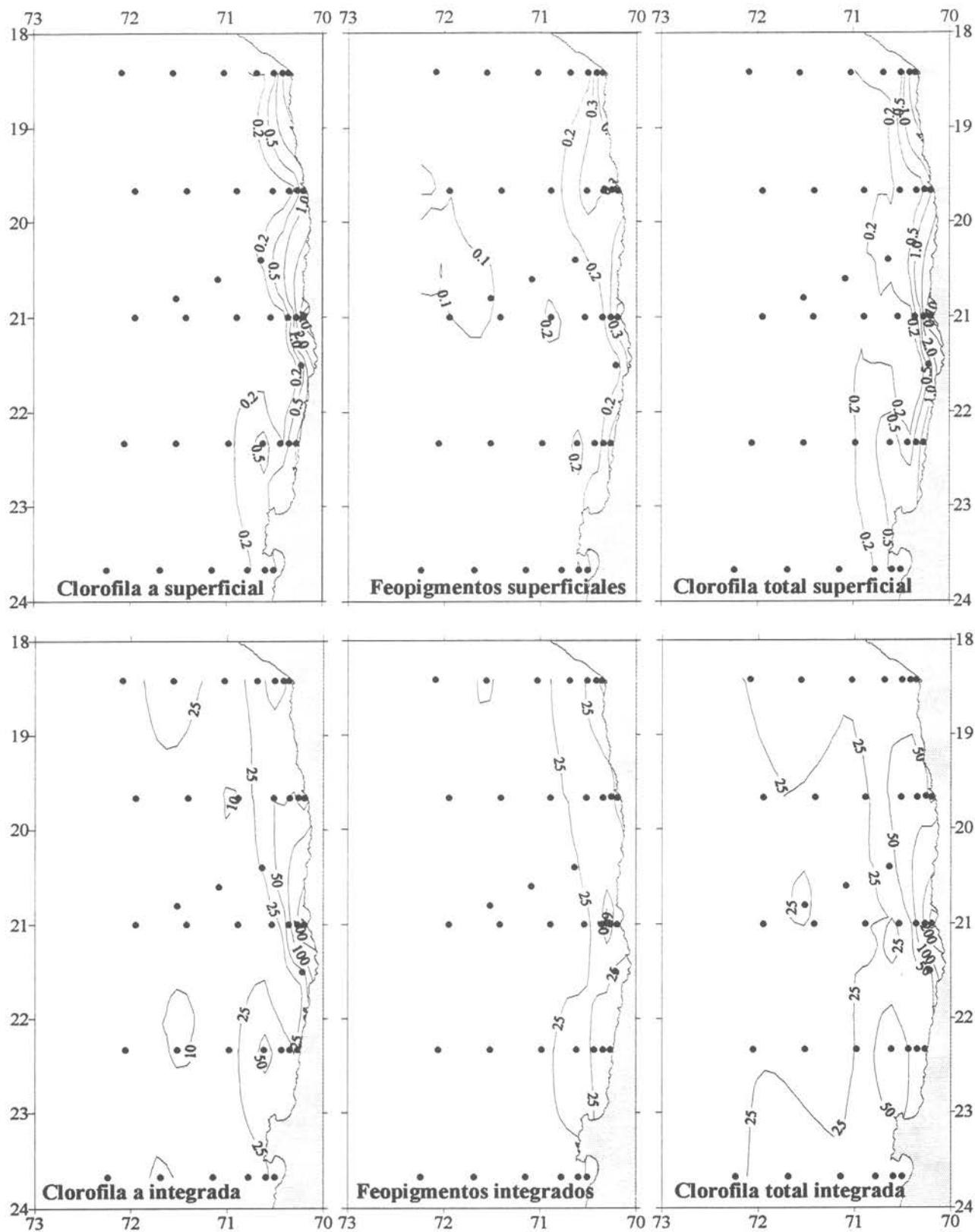


Figura 13. Distribución superficial de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) y valores integrados de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\text{mg/m}^2$ ).

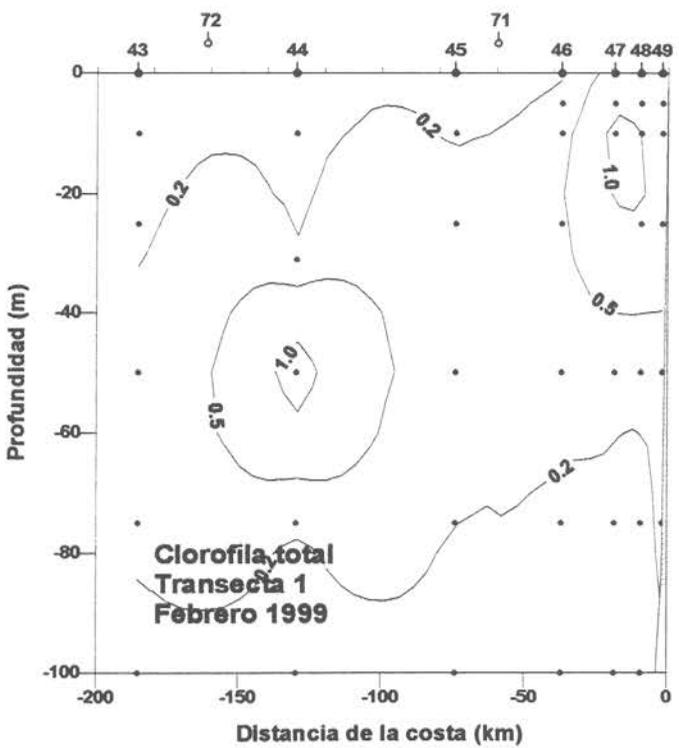
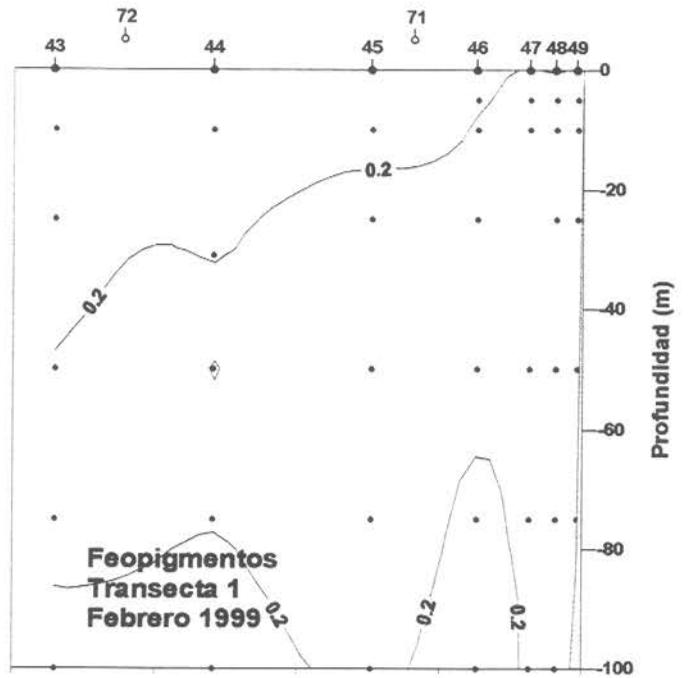
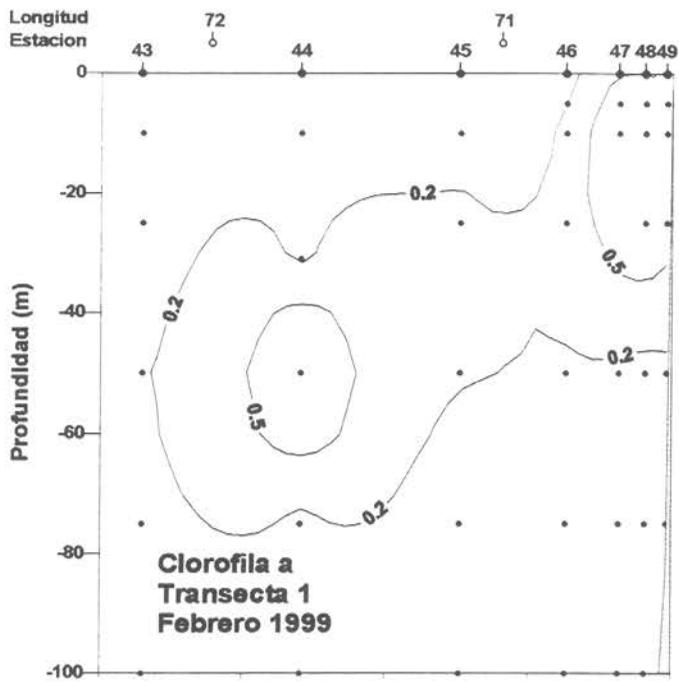


Figura 14. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 1. Latitud  $23^{\circ}40'S$ . Crucero MOBIO 9902.

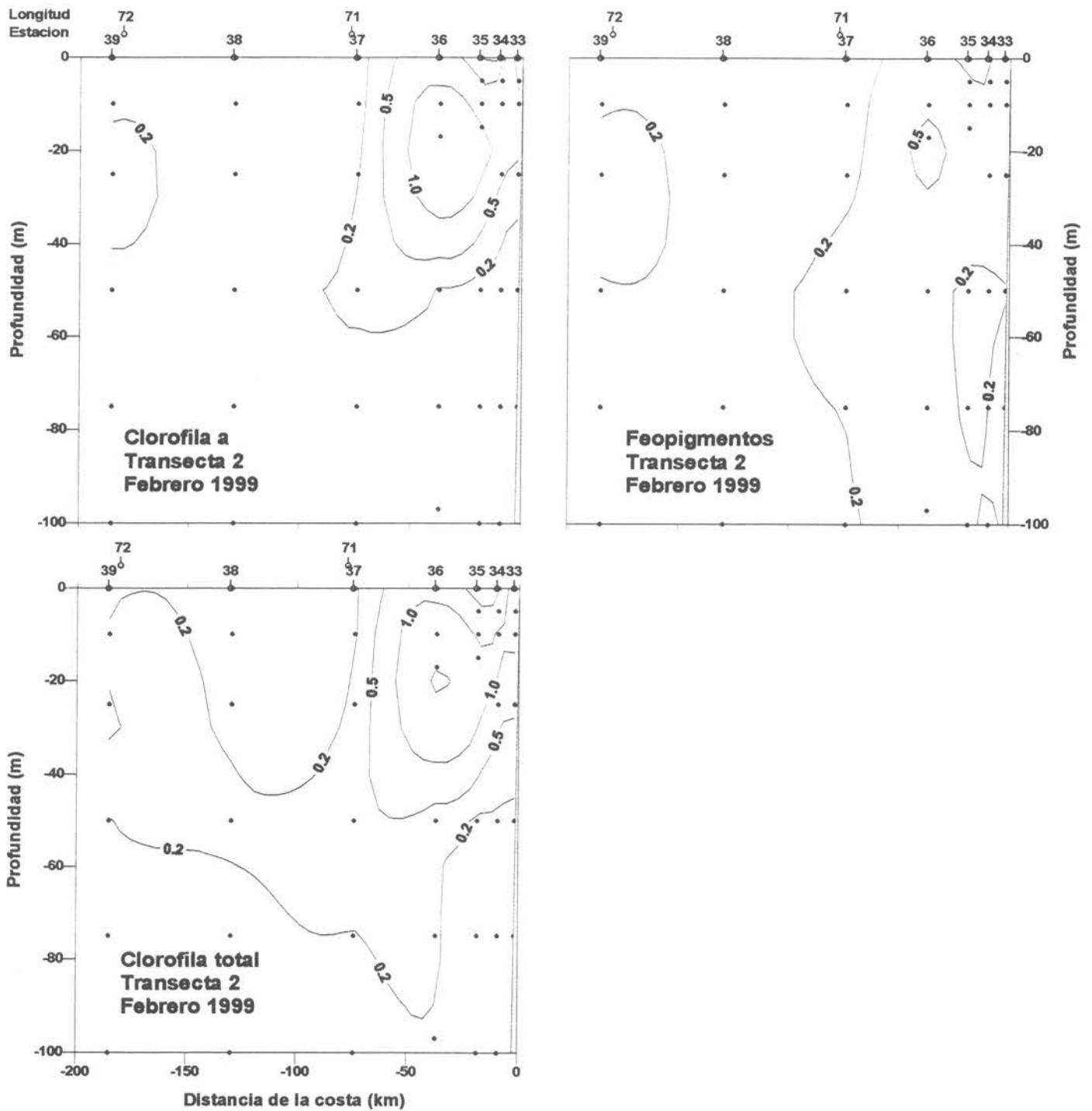


Figura 15. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 2. Latitud  $22^{\circ}20'S$ . Crucero MOBIO 9902.

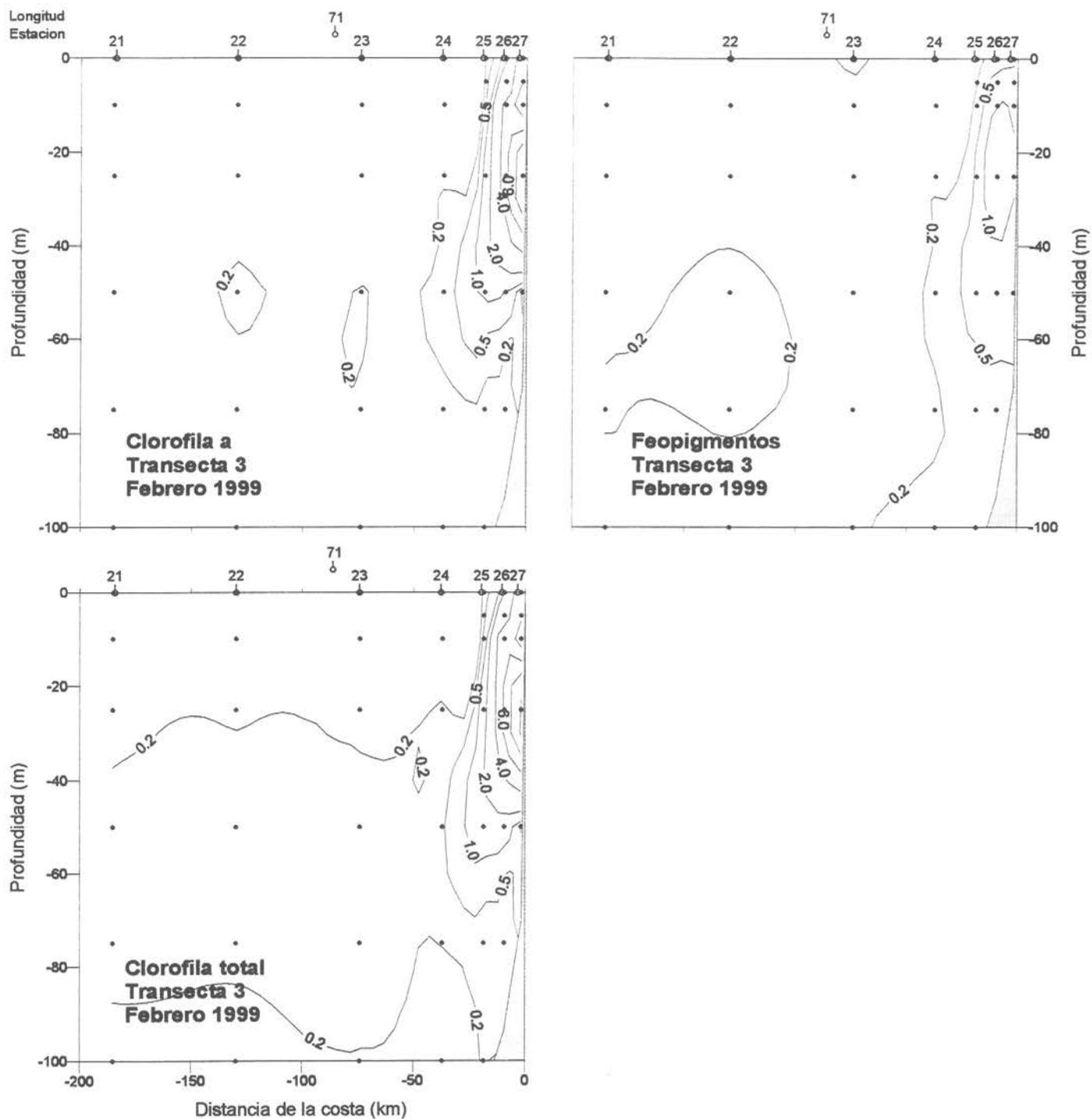


Figura 16. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta en la transecta 3. Latitud  $21^{\circ}00'S$ . Crucero MOBIO 9902.

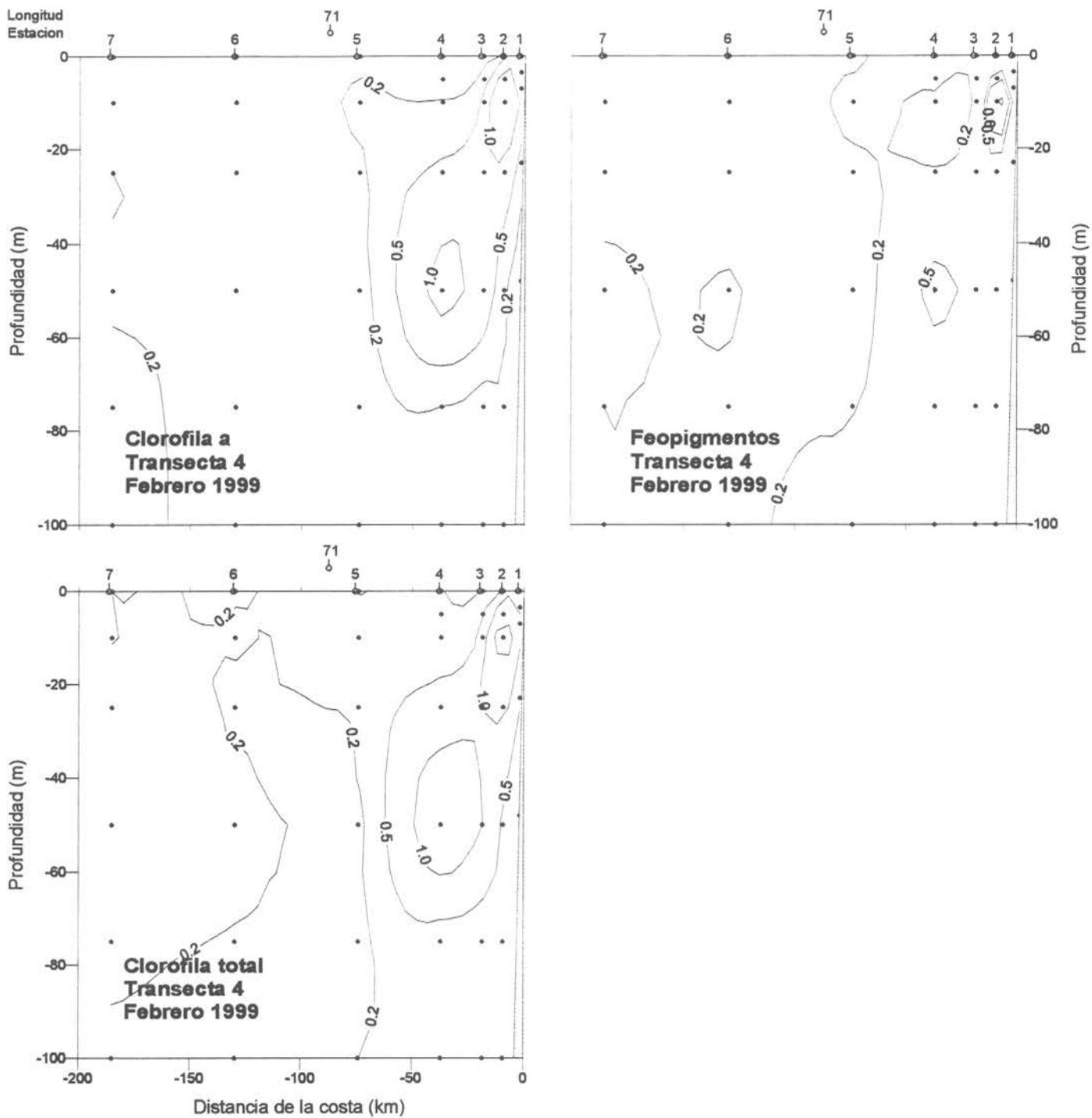


Figura 17. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 4. Latitud  $19^{\circ}40'S$ . Crucero MOBIO 9902.

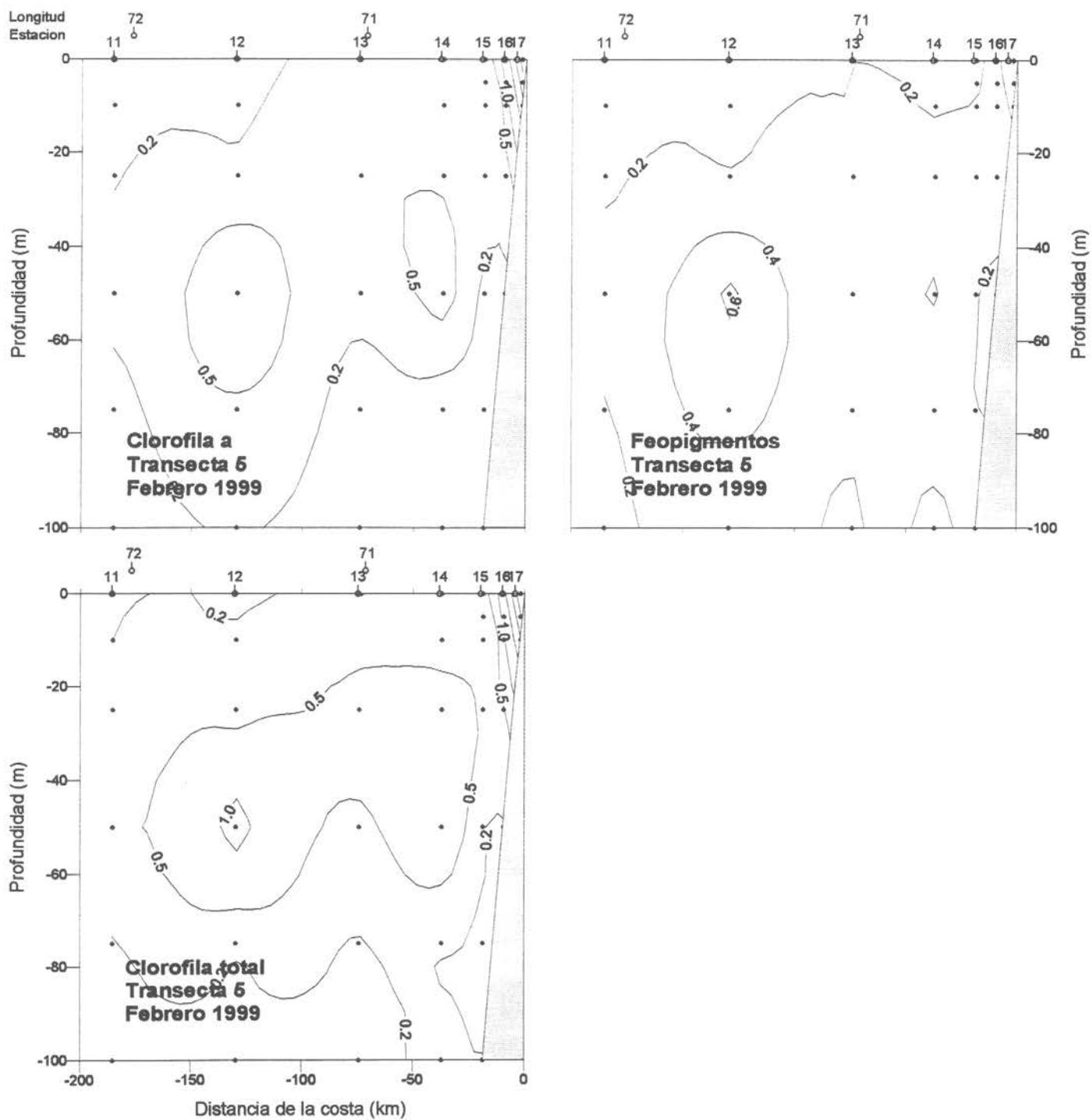


Figura 18. Distribución vertical de clorofila a, feopigmentos y clorofila total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la transecta 5. Latitud  $18^{\circ}25'S$ . Crucero MOBIO 9902.

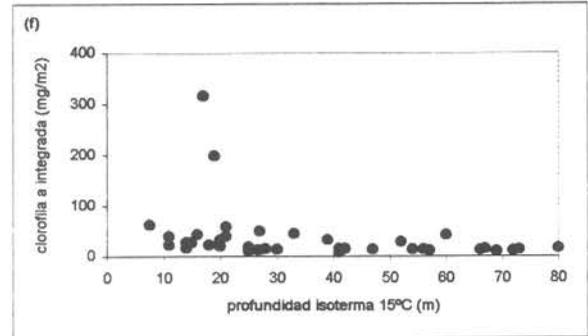
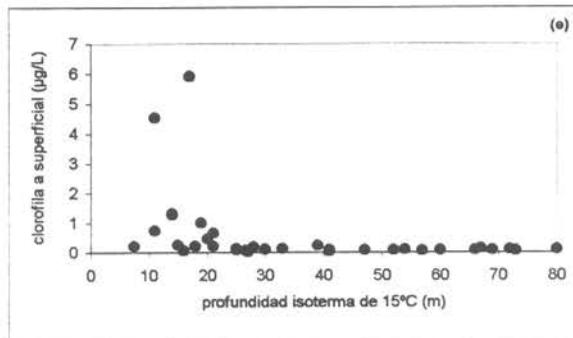
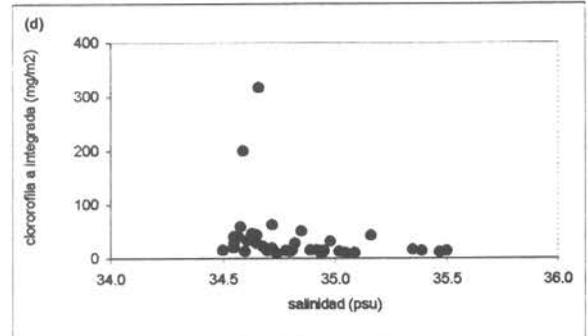
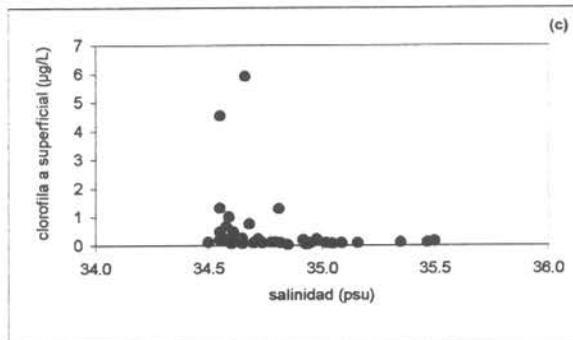
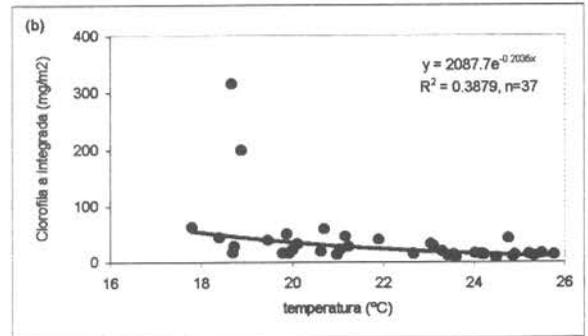
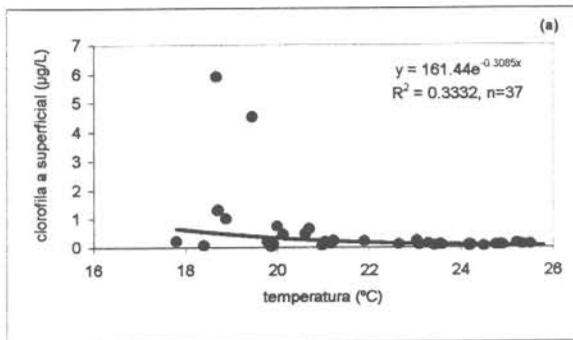


Figura 19. Diagramas de distribución funcional entre la clorofila a superficial ( $\mu\text{g/L}$ ) e integrada ( $\text{mg/m}^2$ ) y la temperatura (a,b), salinidad (c,d) y profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  (e,f).

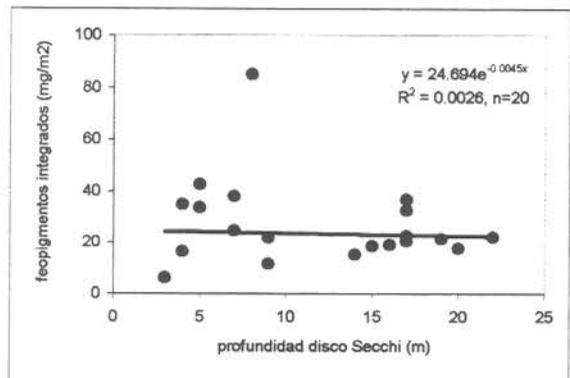
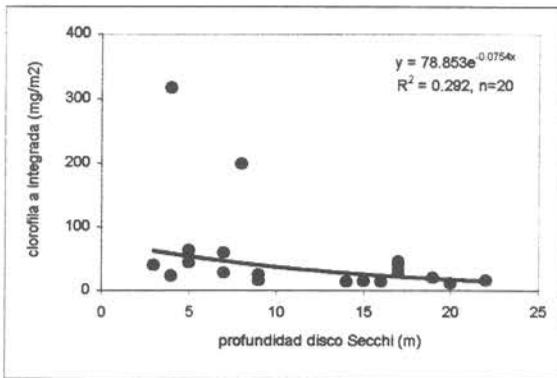
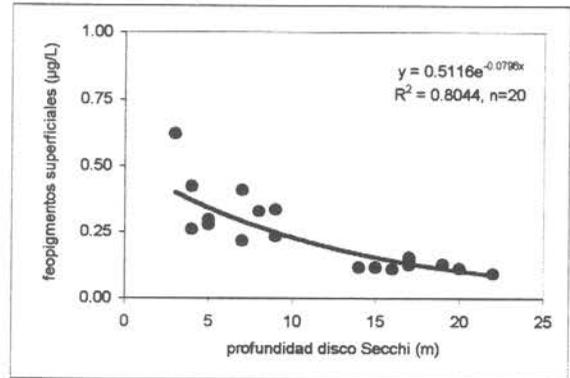
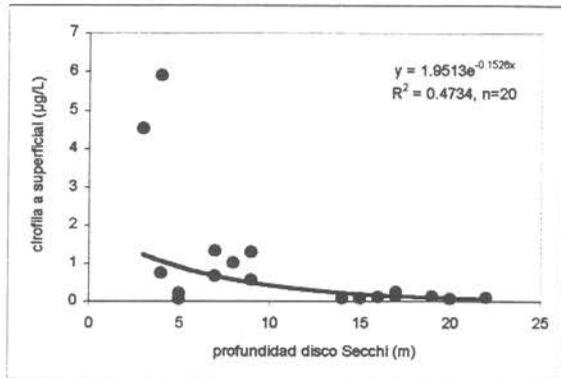
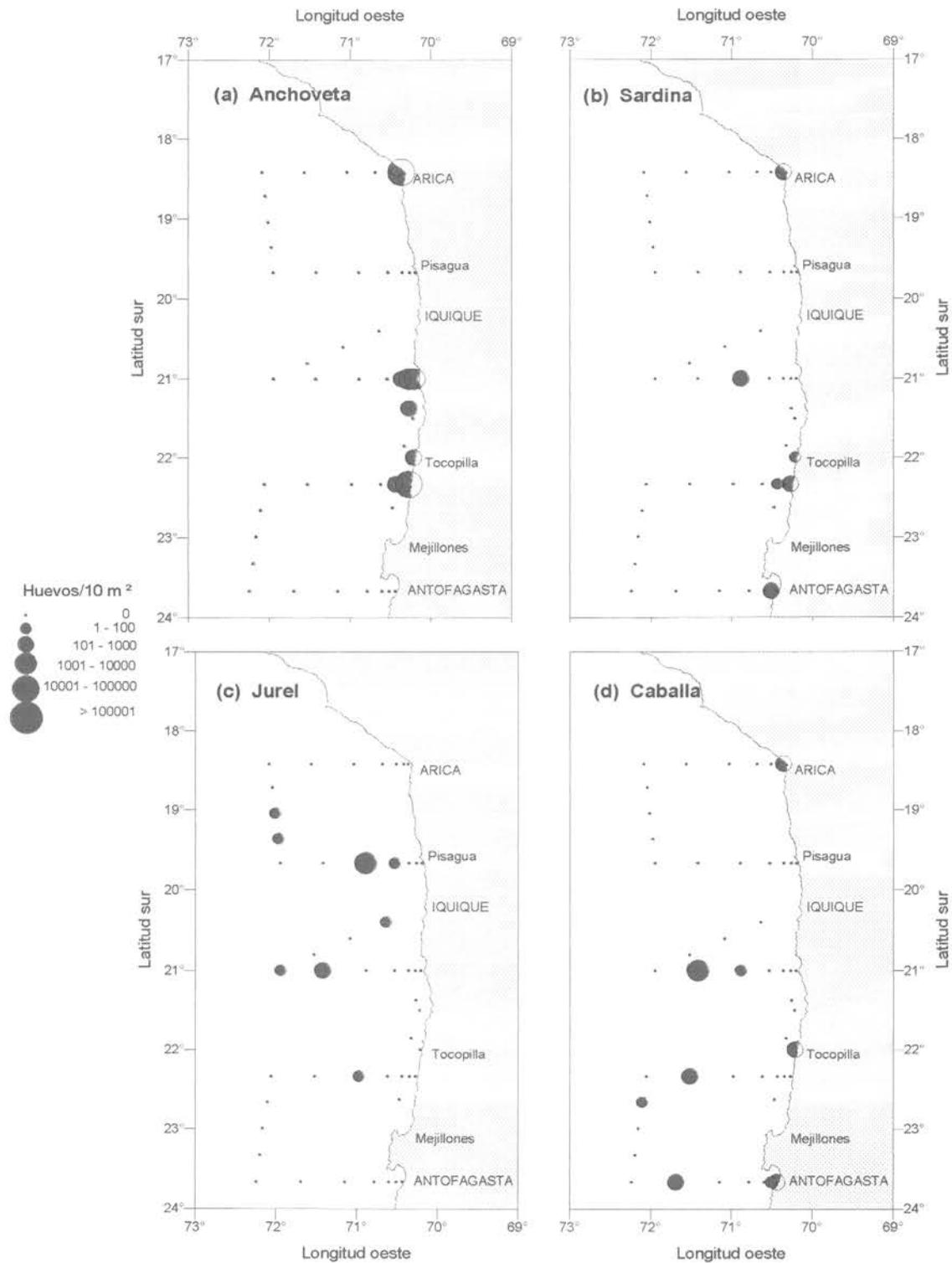
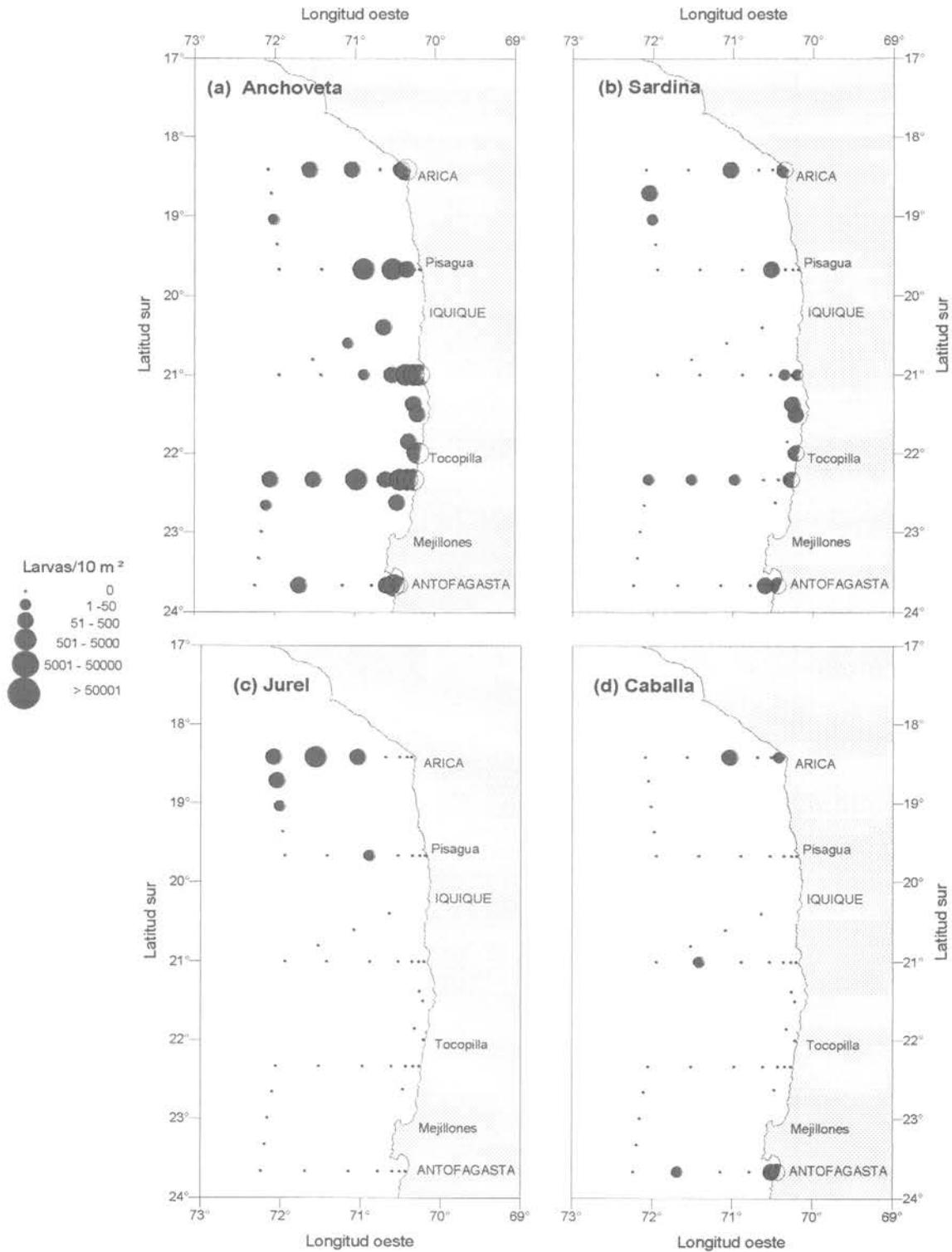


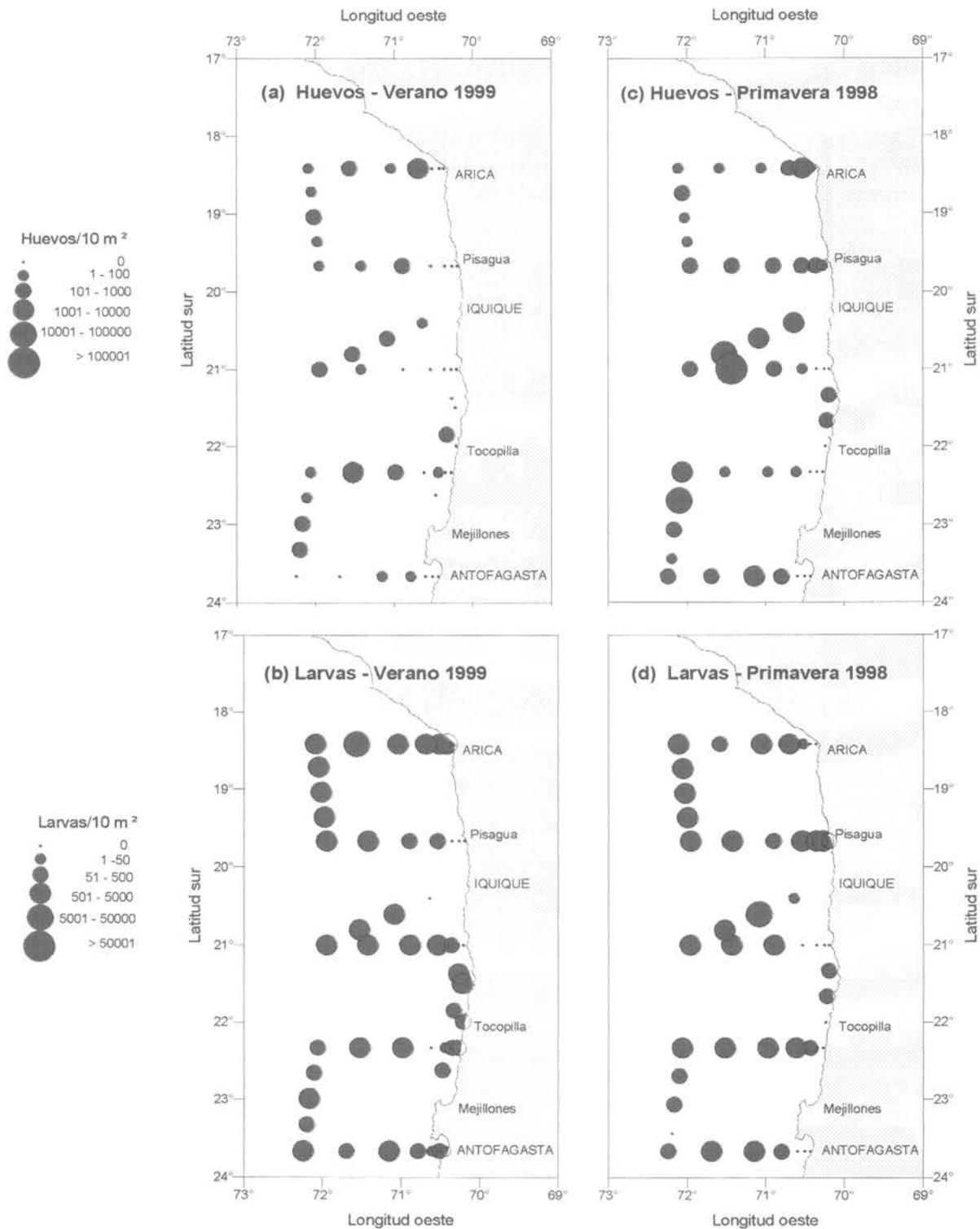
Figura 20. Diagramas de distribución funcional entre la clorofila a y los feopigmentos superficiales ( $\mu\text{g/L}$ ) e integrados ( $\text{mg/m}^2$ ) versus la profundidad del disco Secchi (m).



**Figura 21 .- Distribución y abundancia de Huevos de (a) Anchoveta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Caballa Crucero MOBIO9902. Febrero-Marzo 1999.**



**Figura 22 .-** Distribución y abundancia de Larvas de (a) Anchoveta, (b) Sardina, (c) Jurel y (d) Caballa. Crucero MOBIO9902. Febrero-Marzo 1999.



**Figura 23 .- Distribución y abundancia de Huevos y Larvas de *Vinciguerria lucetia*. (a) Huevos Verano 1999, (b) Larvas Verano 1999, (c) Huevos Primavera 1998 y (d) Larvas Primavera 1998. Crucero MOBIO9902. Febrero-Marzo 1999.**

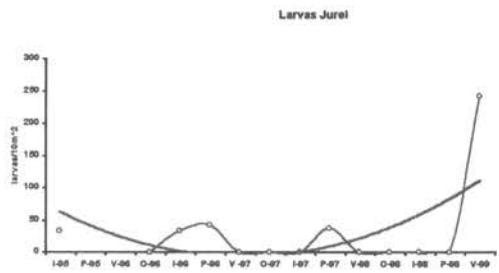
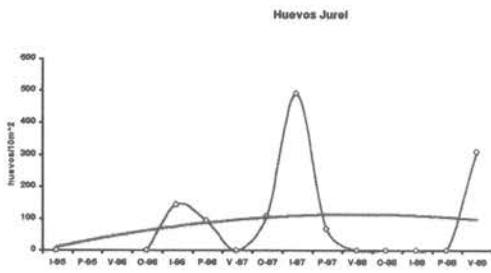
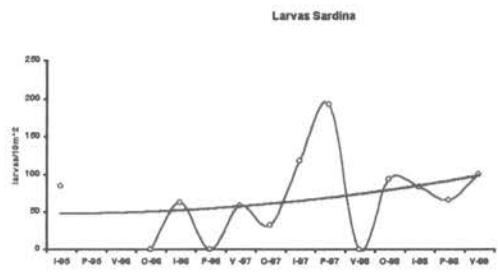
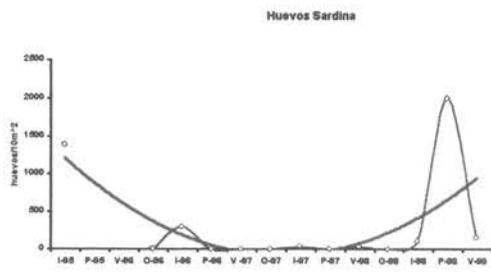
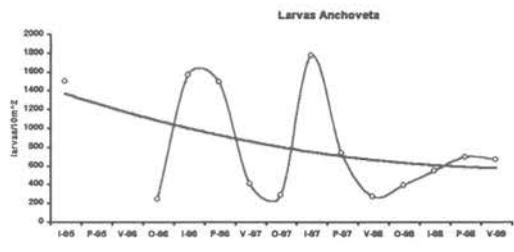
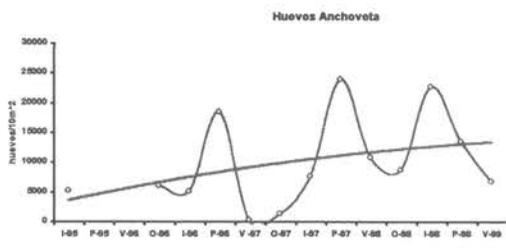
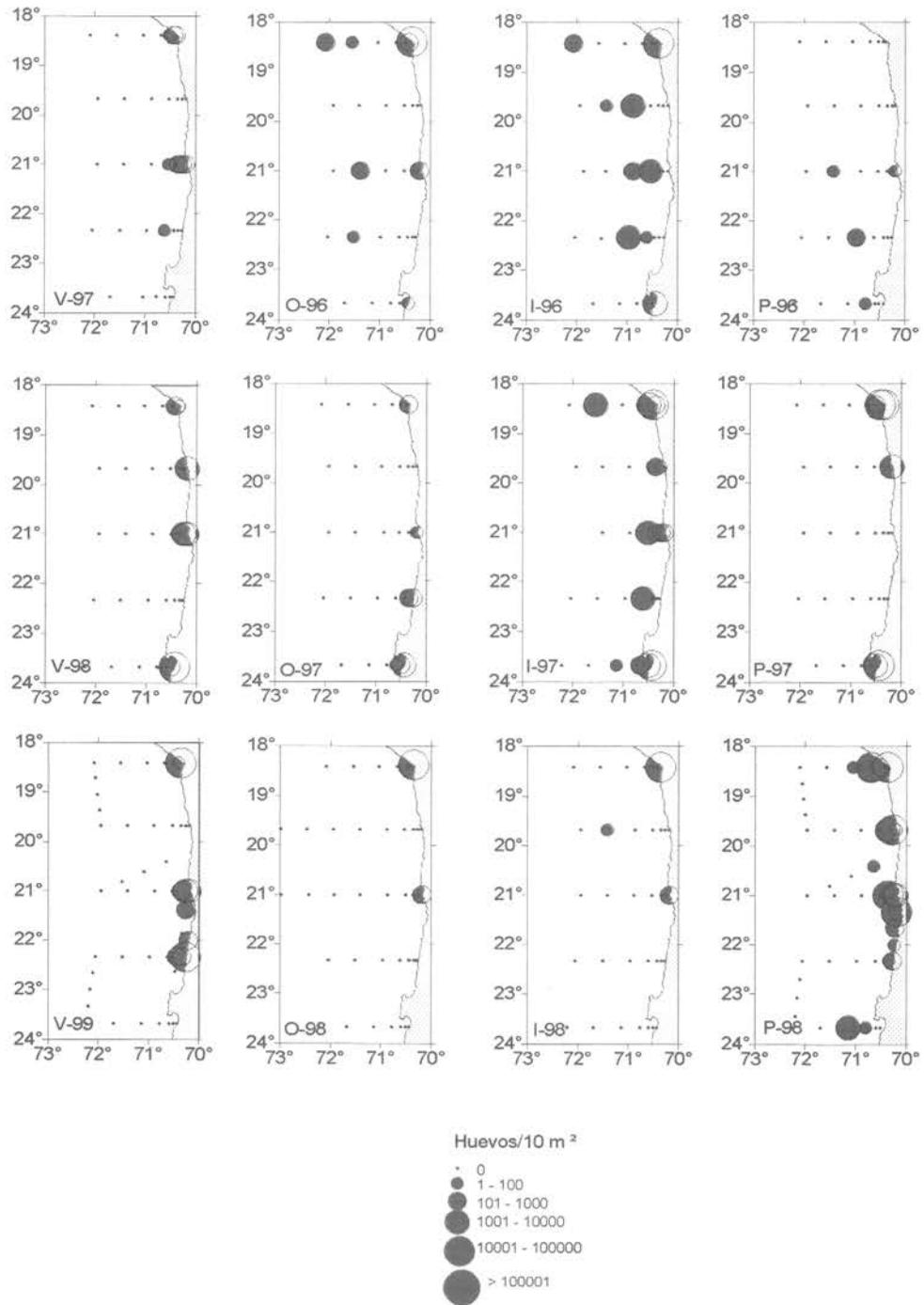
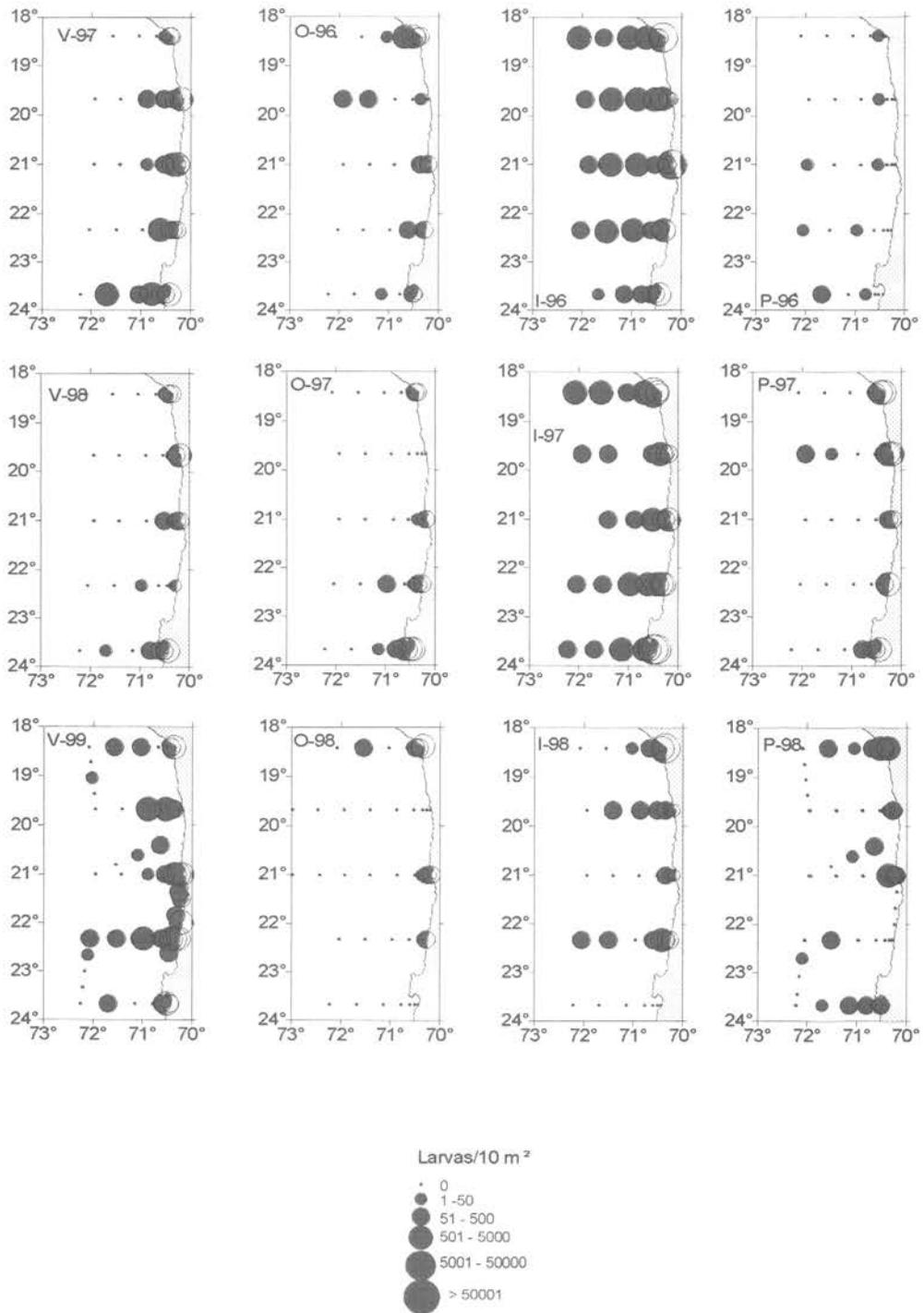


Fig. 24 Variación temporal de la intensidad de desove de Huevos y Larvas de anchoqueta, sardina y jurel para el período comprendido entre el invierno de 1995 y el verano de 1999.



**Figura 25.- Distribución y abundancia estacional de Huevos de Anchoveta.  
Período Otoño 1996 a Verano 1999.**



**Figura 26 .- Distribución y abundancia estacional de Larvas de Anchoveta. Período Otoño 1996 - Verano 1999.**

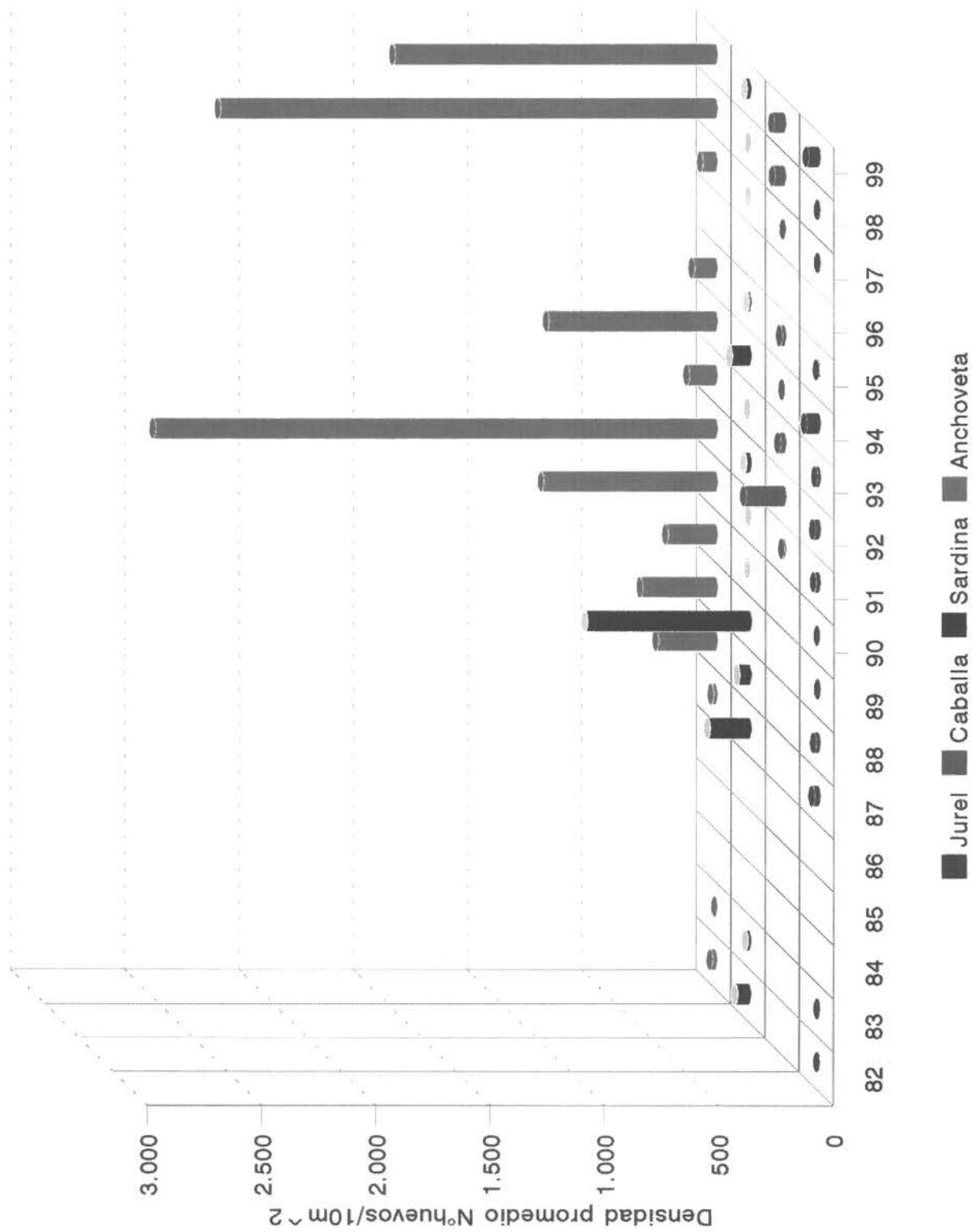


Fig.27 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/1999.

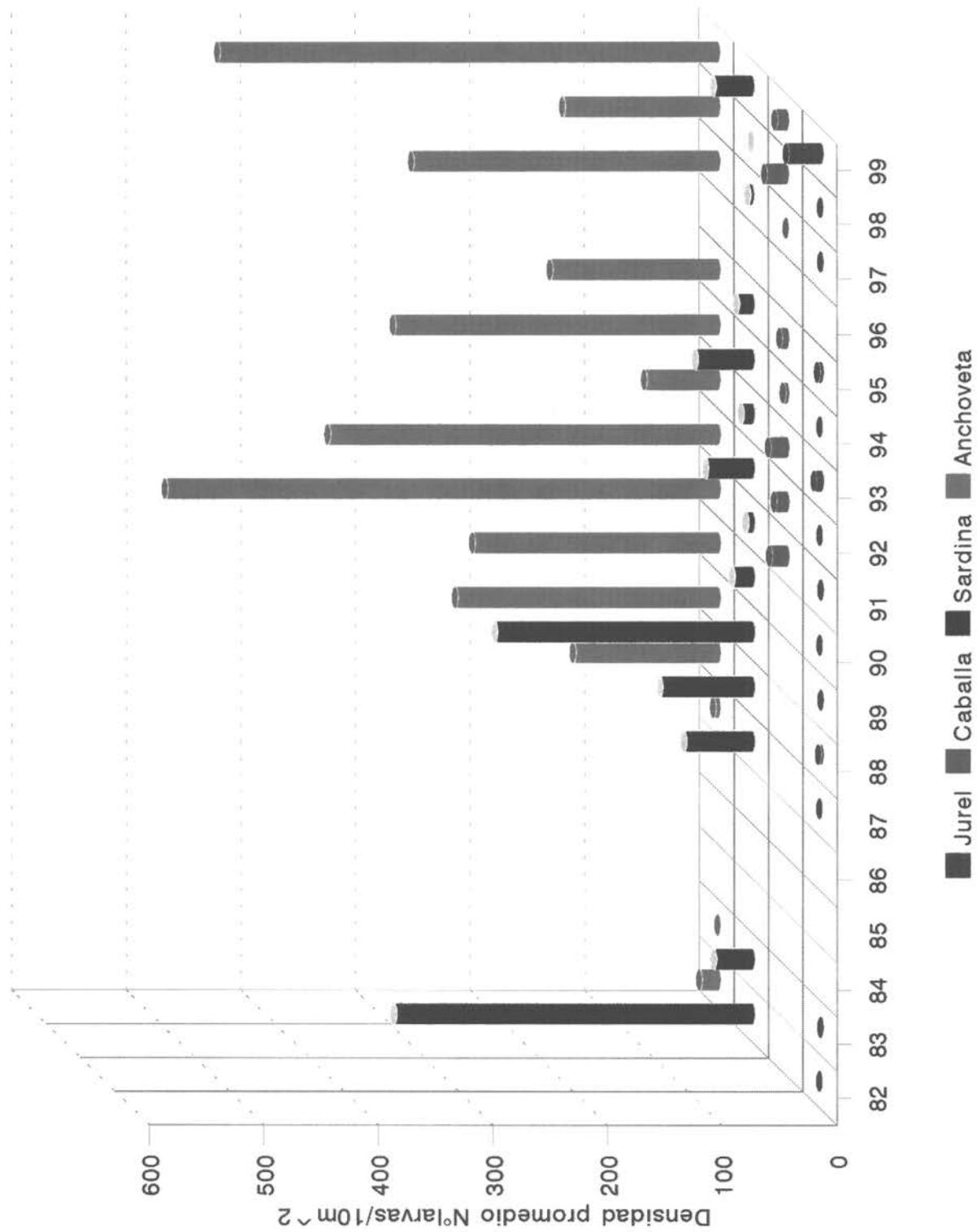
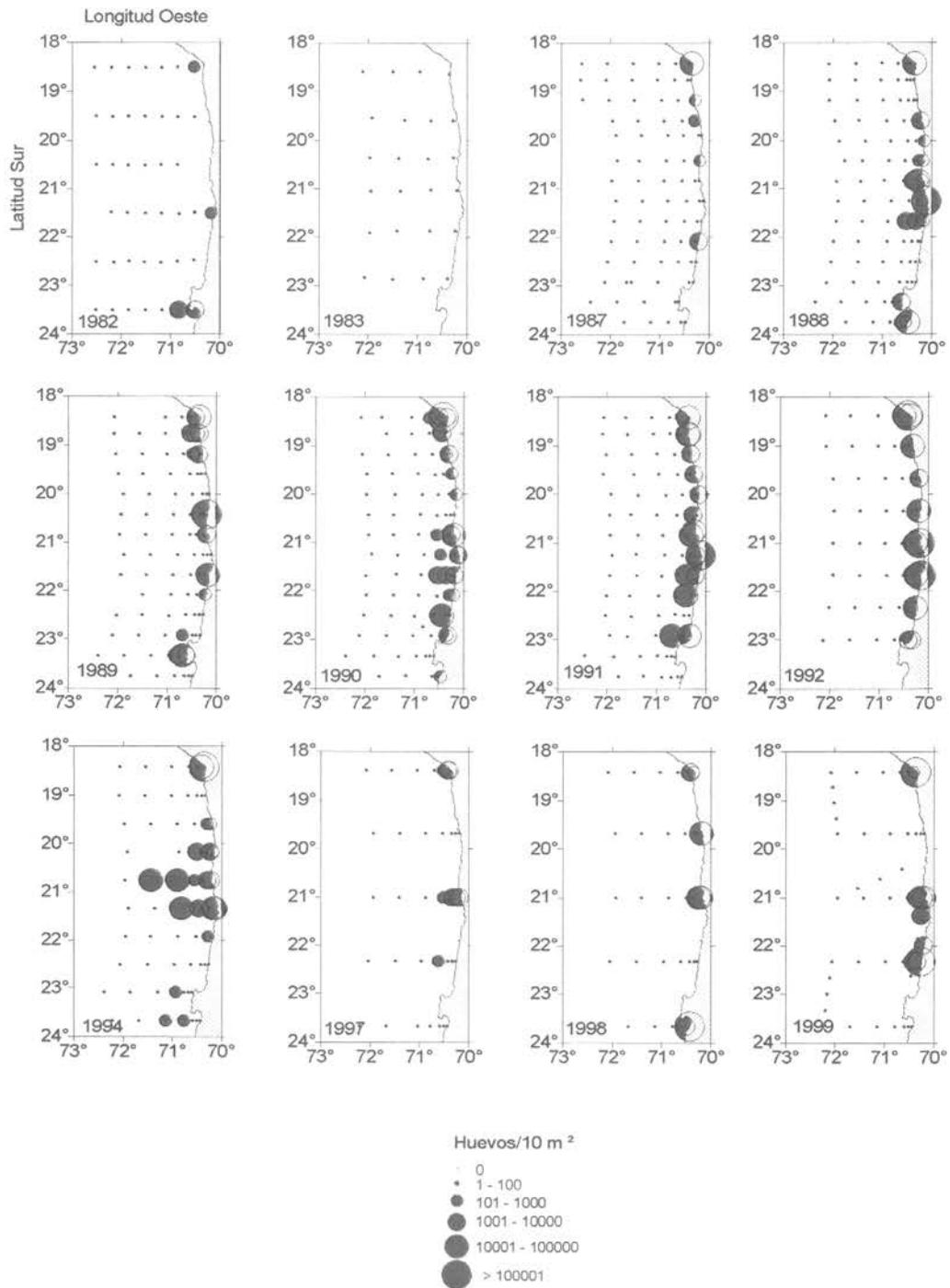
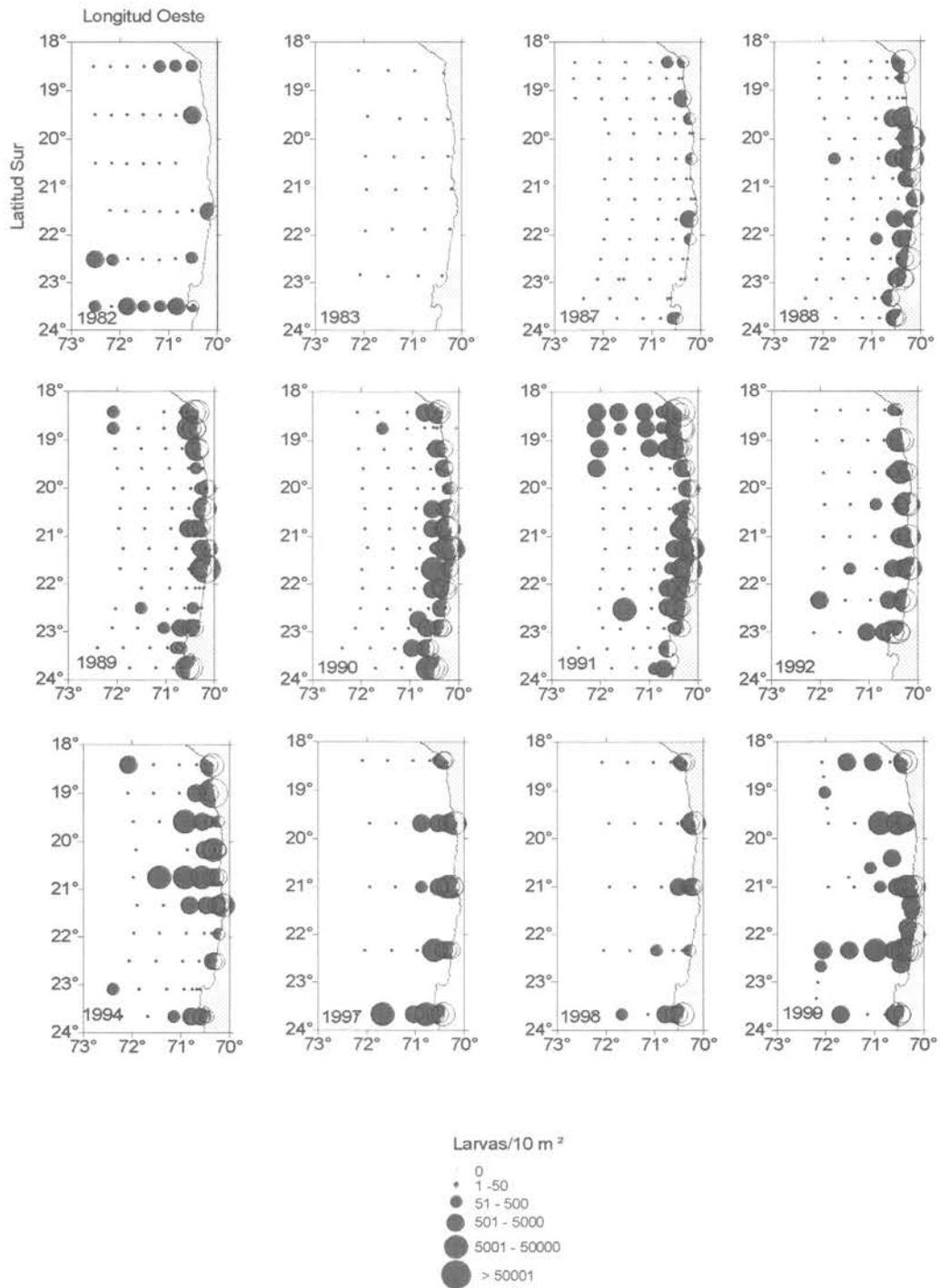


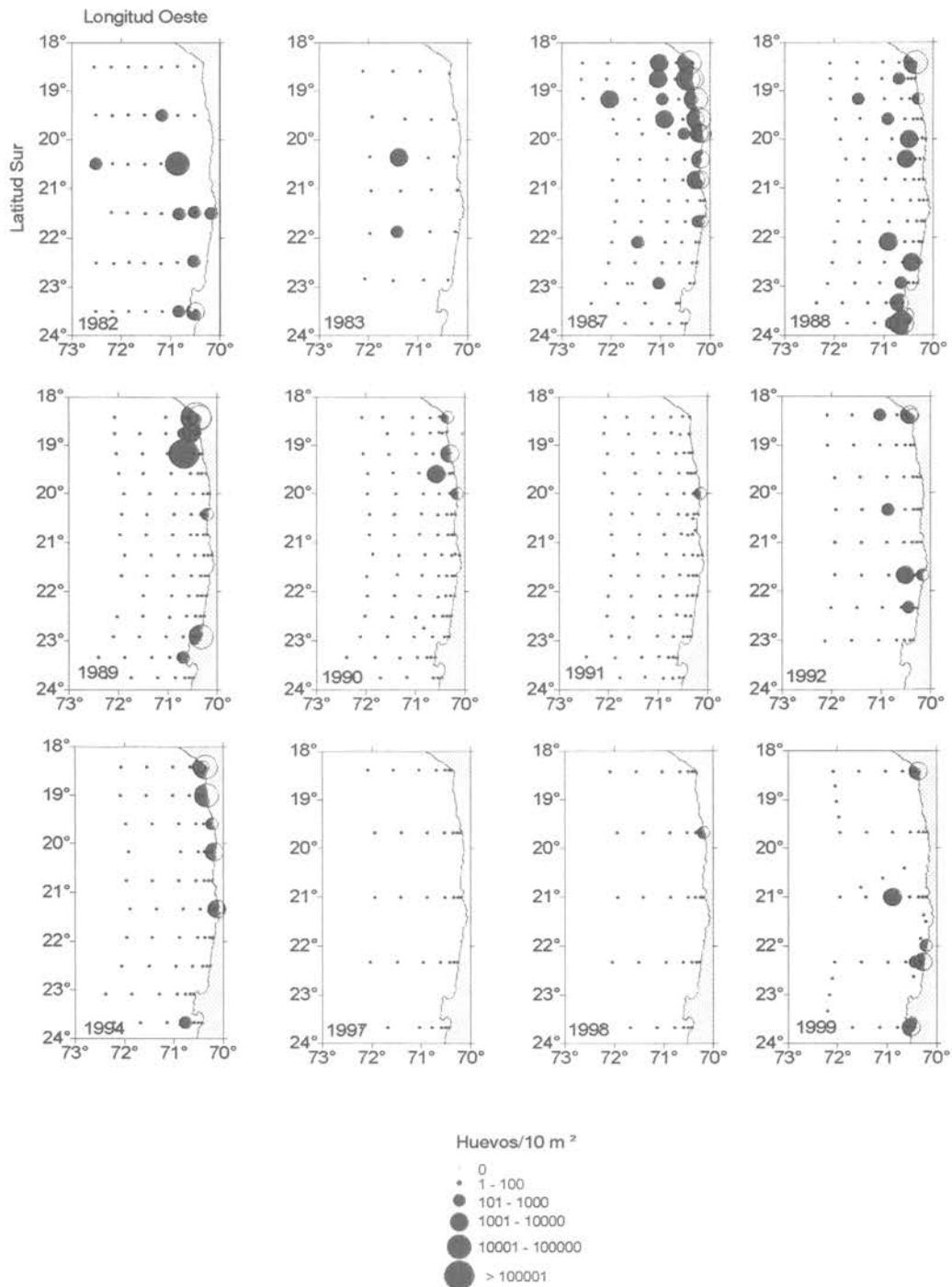
Fig.28 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/1999.



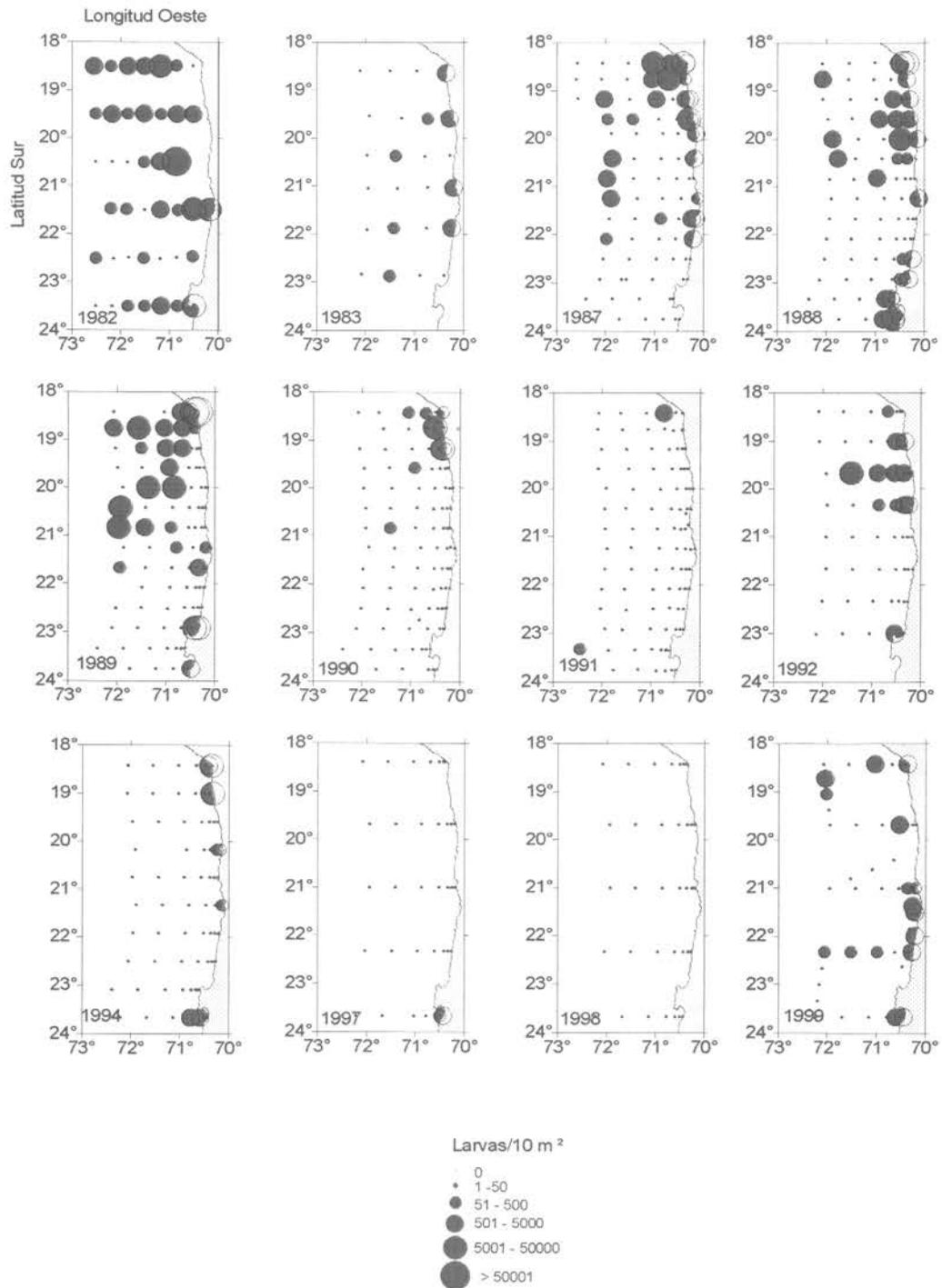
**Figura 29.- Distribución y abundancia de Huevos de Anchoveta.  
Cruceros Verano. Período 1982 - 1999.**



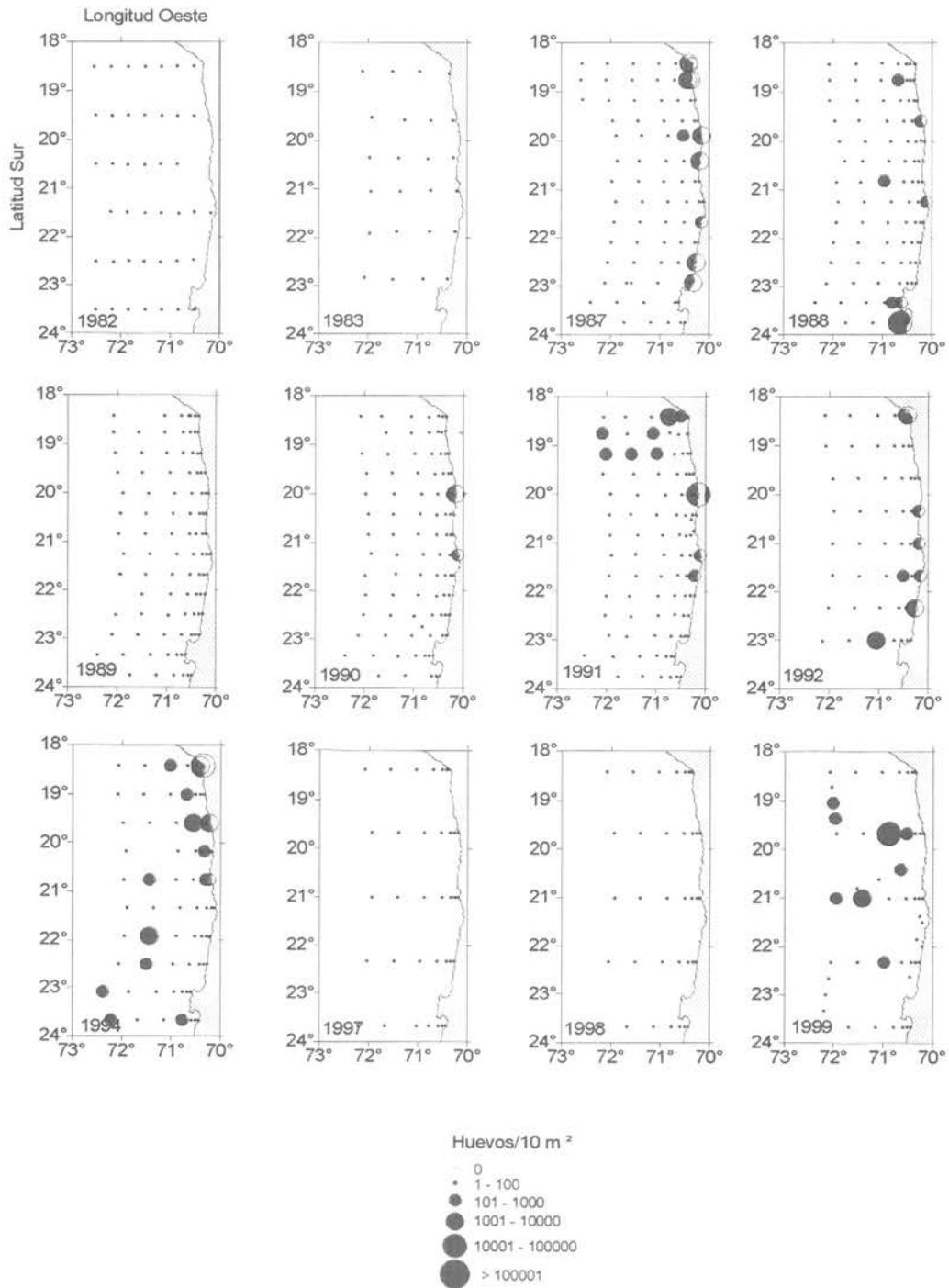
**Figura 30 .- Distribución y abundancia de Larvas de Anchoveta.  
Cruceros Verano. Período 1982 - 1999.**



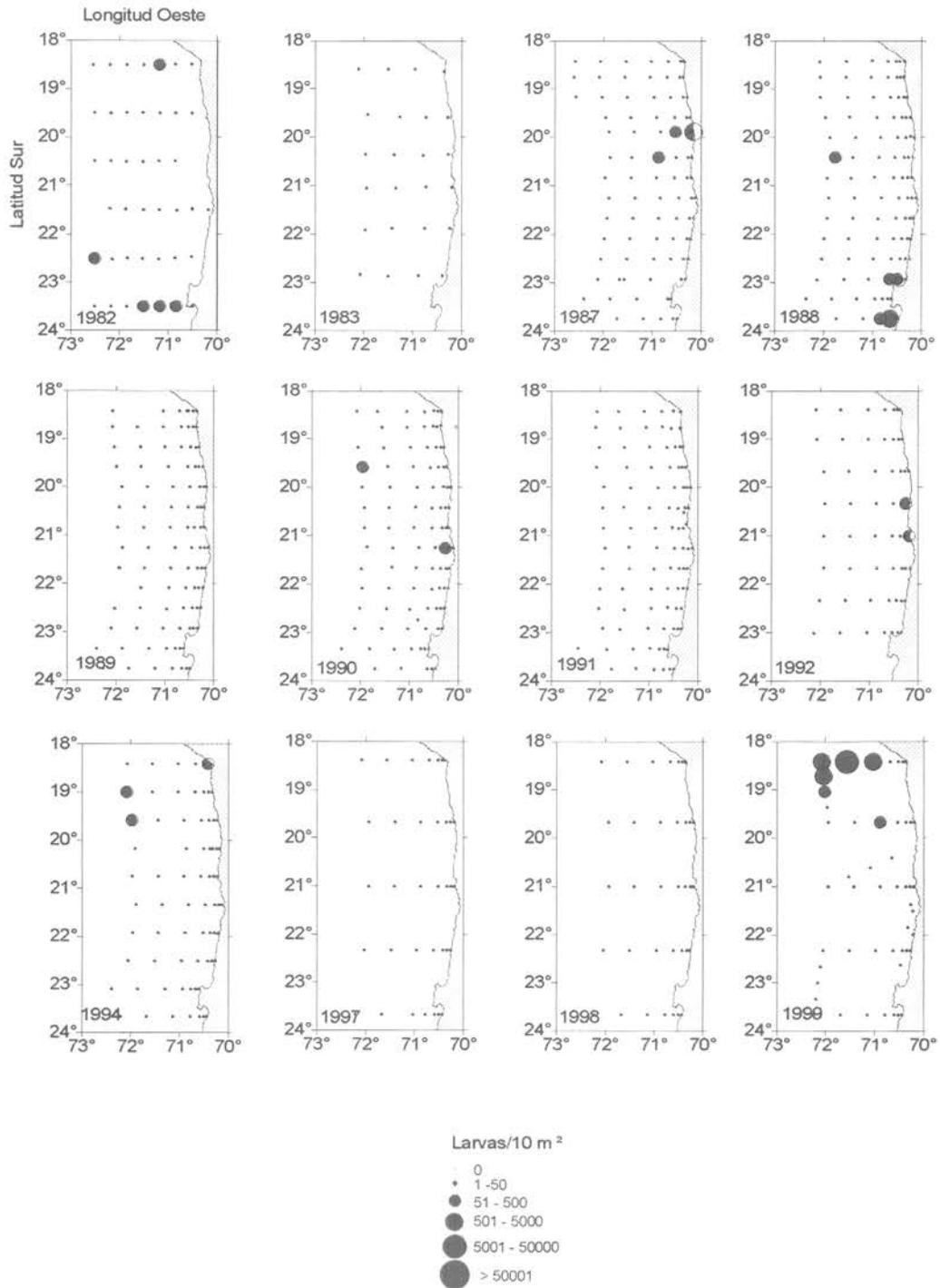
**Figura 31 .- Distribución y abundancia de Huevos de Sardina.  
Cruceros Verano. Período 1982 - 1999.**



**Figura 32.- Distribución y abundancia de Larvas de Sardina.  
Cruceros Verano. Período 1982 - 1999.**



**Figura 33 .- Distribución y abundancia de Huevos de Jurel.  
Cruceros Verano. Período 1982 - 1999.**



**Figura 34 .- Distribución y abundancia de Larvas de Jurel.  
Cruceros Verano. Período 1982 - 1999.**

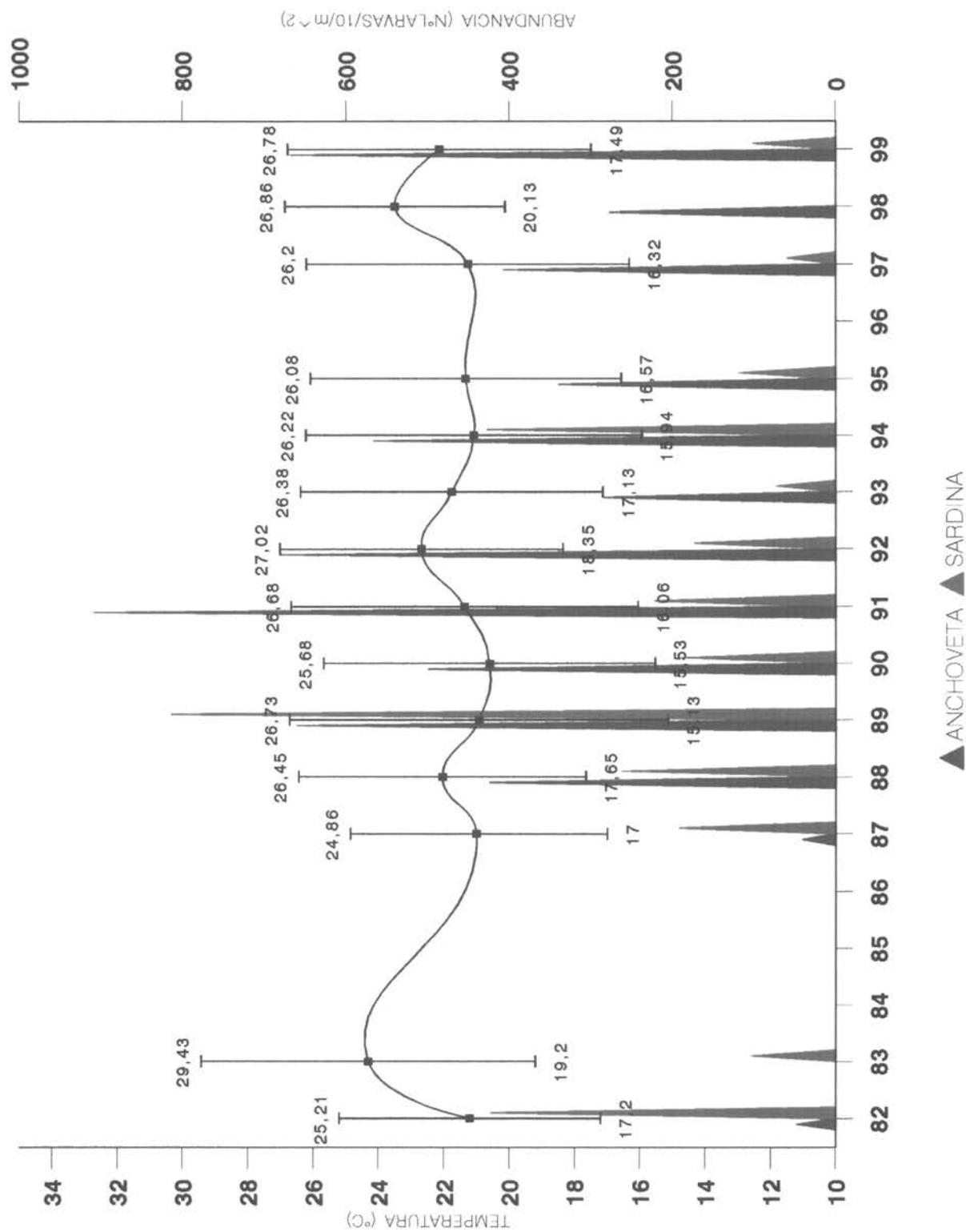
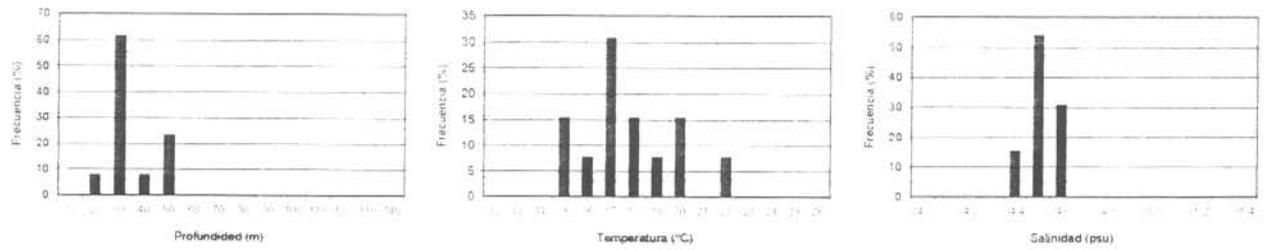
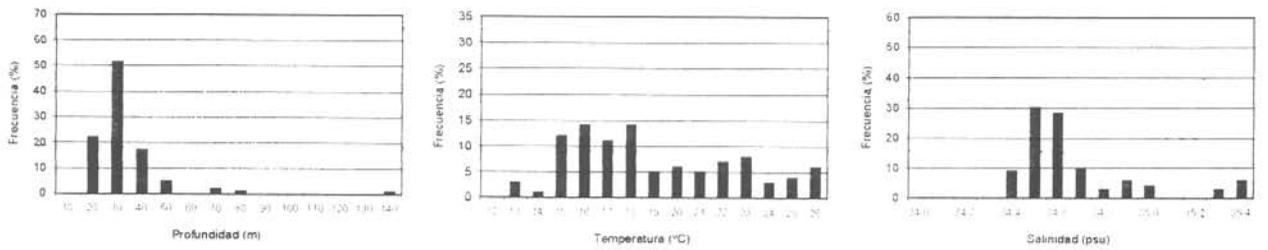


Fig. 35 Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas de anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/1999.

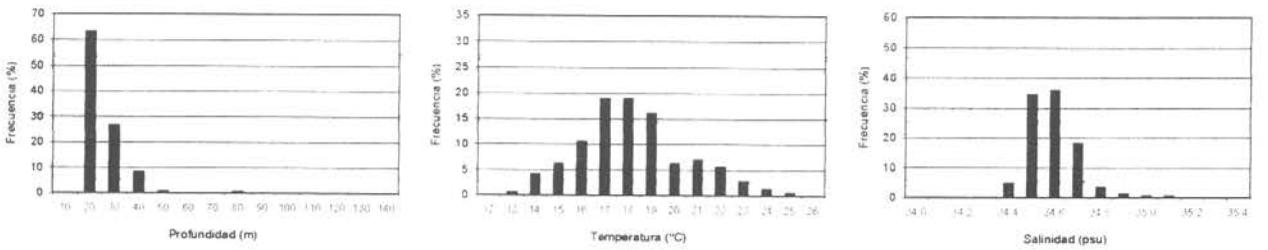




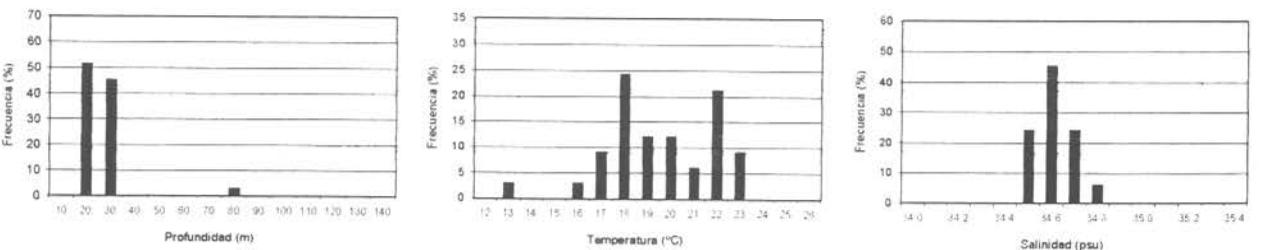
### Sardina



### Jurel



### Anchoveta



### Caballa

Figura 37. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de anchoveta, jurel, caballa y sardina como histogramas de frecuencia de los cardúmenes detectados. Crucero MOBIO 9902.

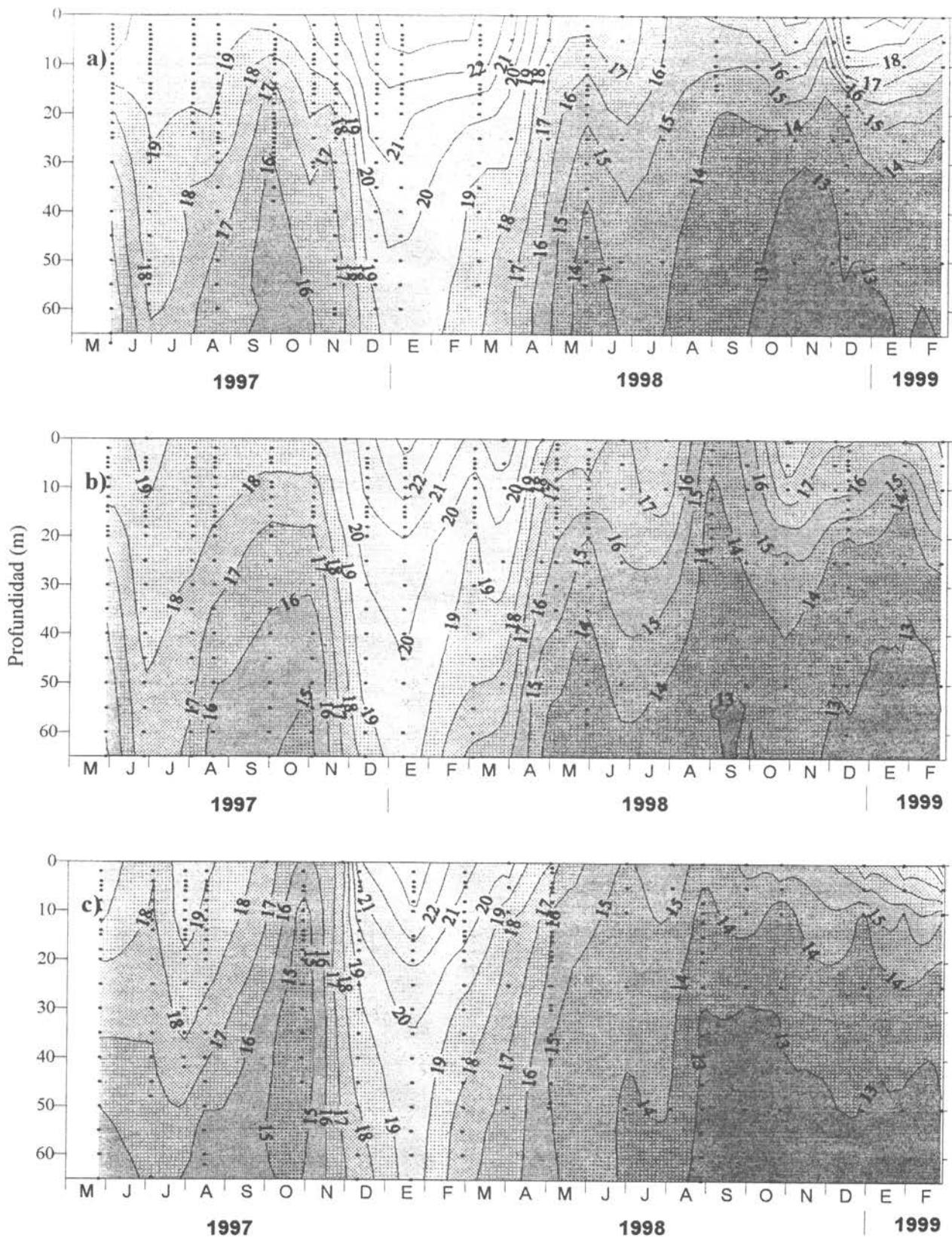


Figura 38.- Distribución temporal de temperatura en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 1999.

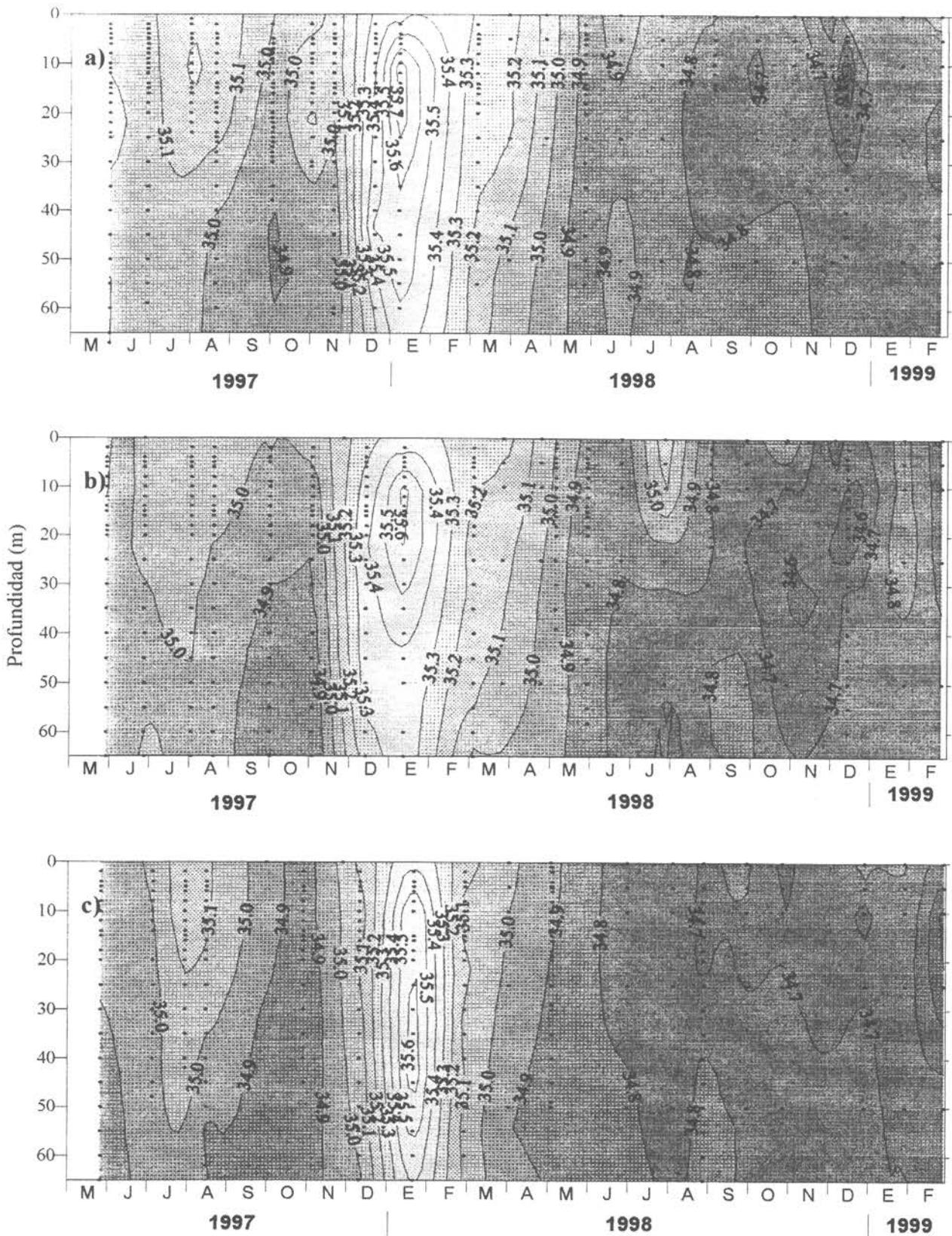


Figura 39.- Distribución temporal de salinidad en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 1999.

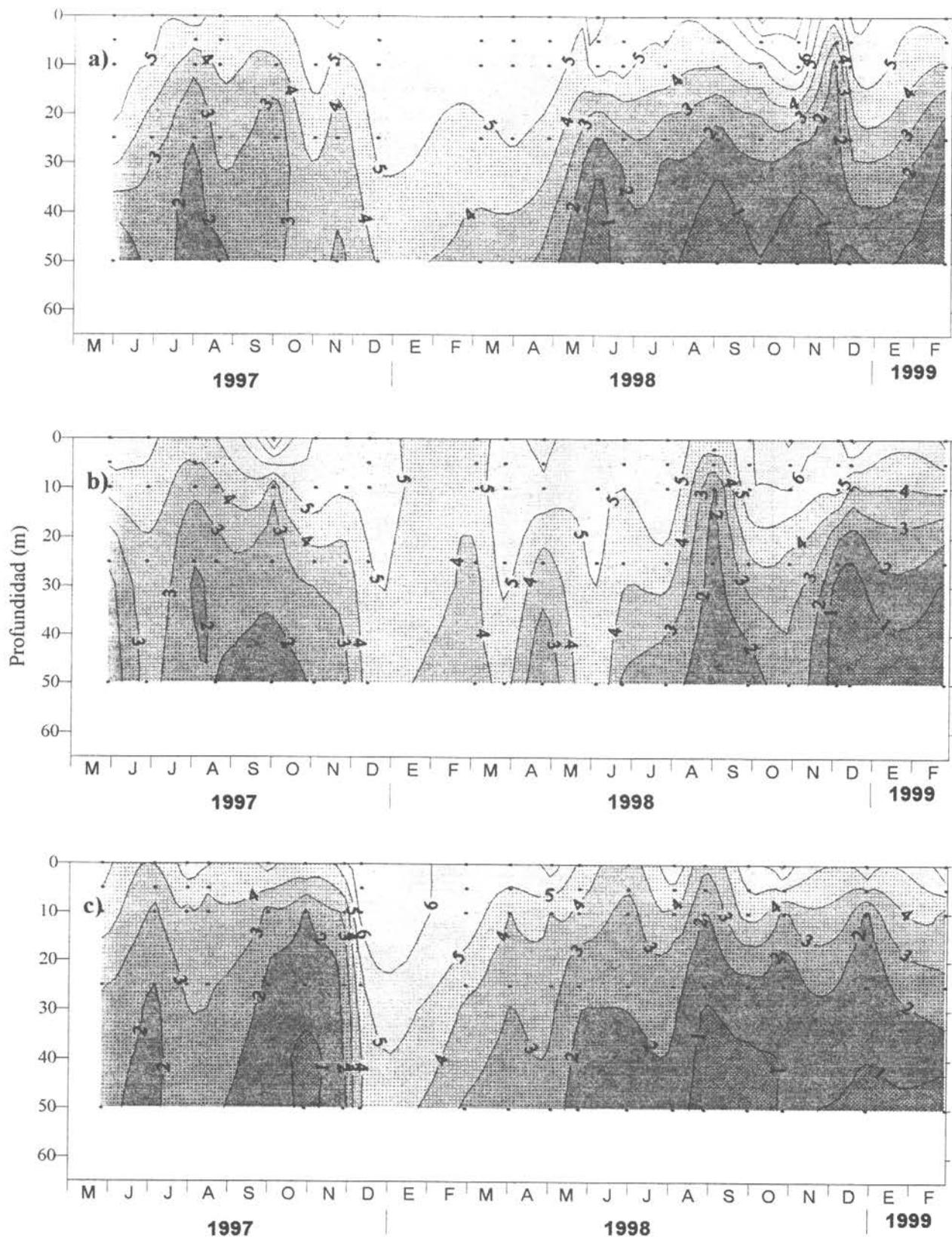


Figura 40.- Distribución temporal de oxígeno disuelto (ml/l) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a febrero 1999.

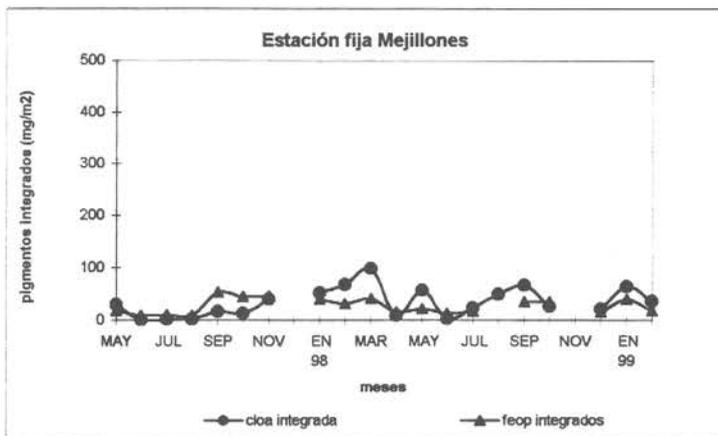
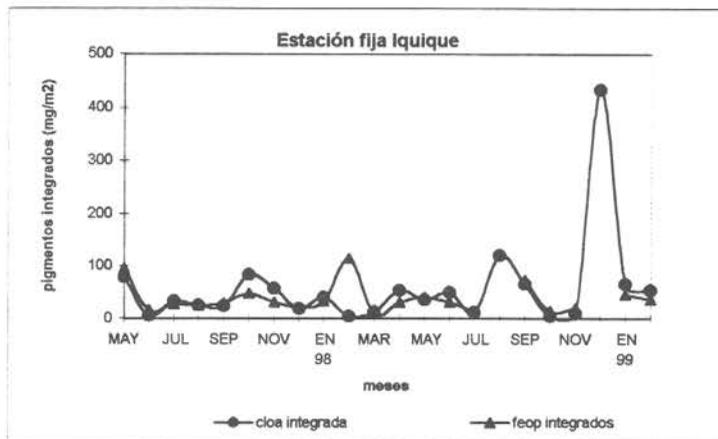
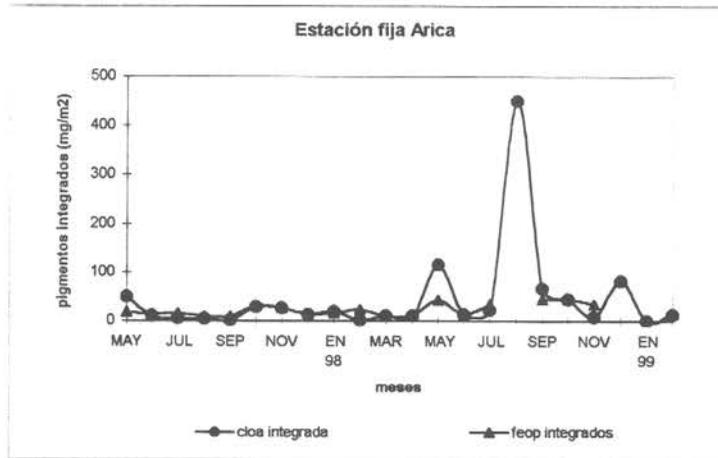


Figura 41. Distribución temporal de la clorofila a y los feopigmentos integrados (mg/m<sup>2</sup>), en las estaciones de monitoreo.

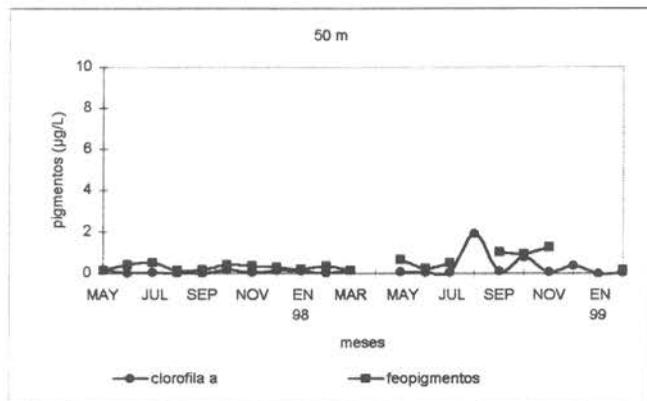
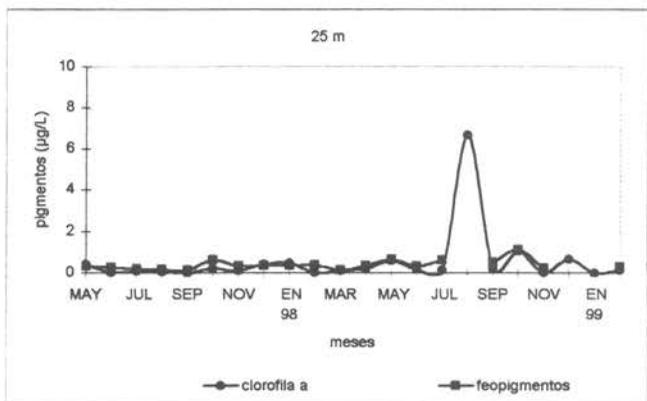
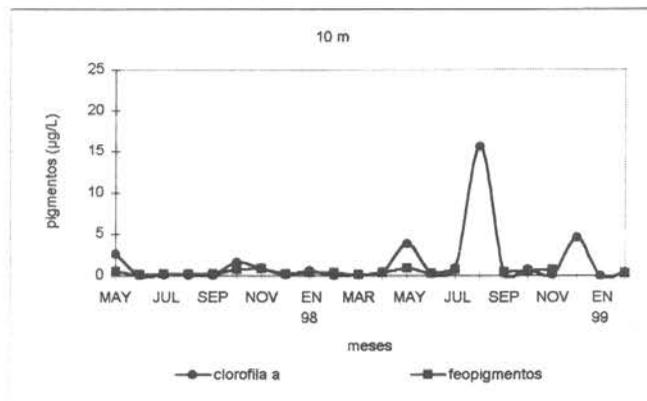
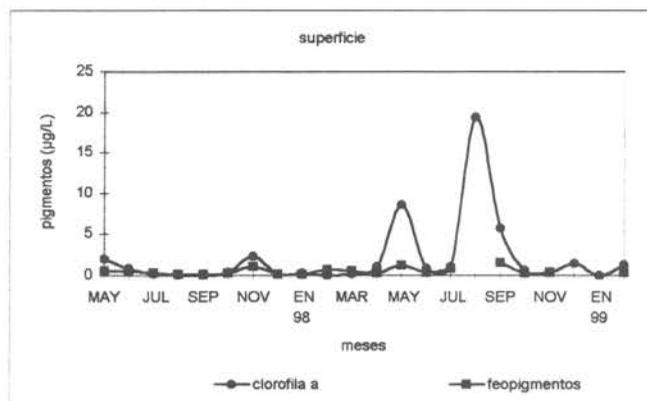


Figura 42. Diagramas de distribución de la clorofila a y los feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), a los niveles superficial, 10, 25, y 50 m, en la estación fija realizada en Arica.

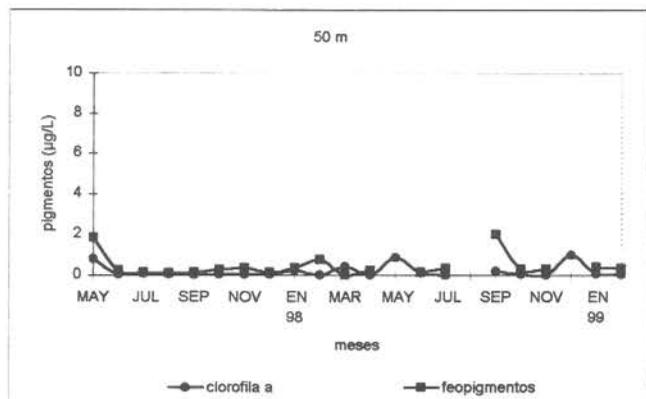
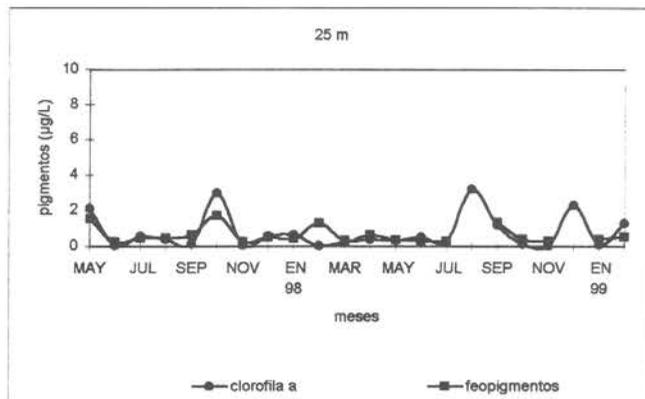
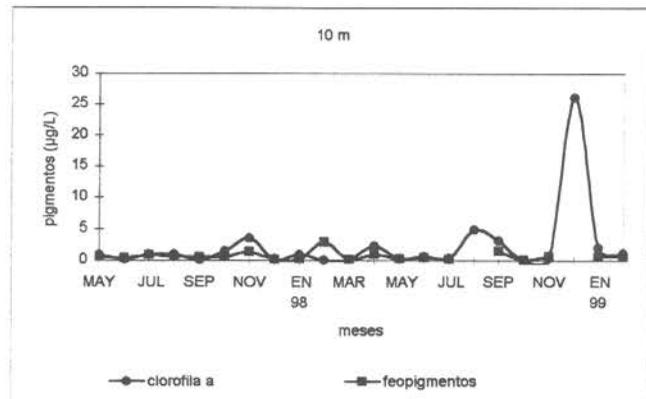
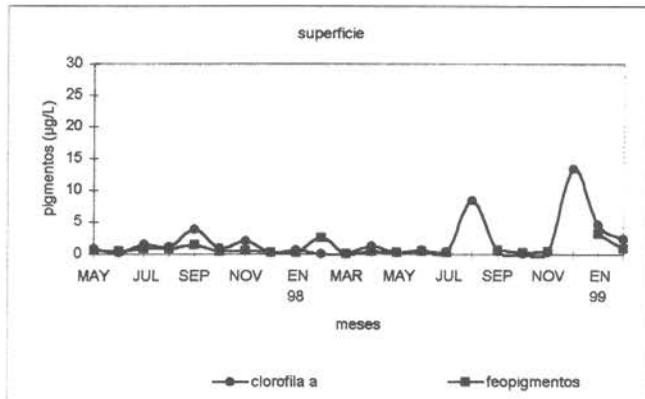


Figura 43. Diagramas de distribución mensual de la clorofila a y los feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), a los niveles superficial, 10, 25 y 50 m, en la estación fija realizada en Iquique.

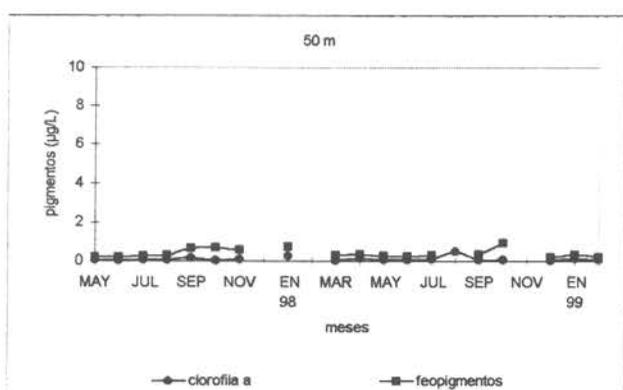
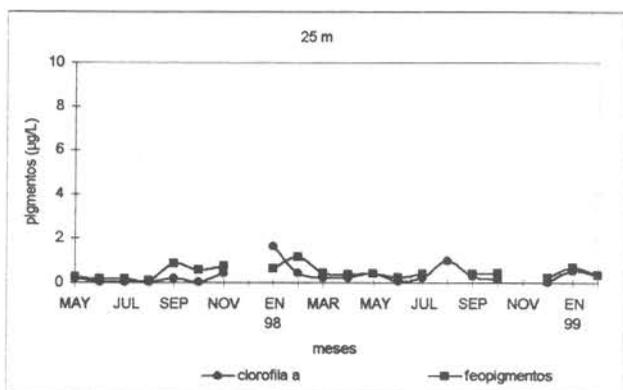
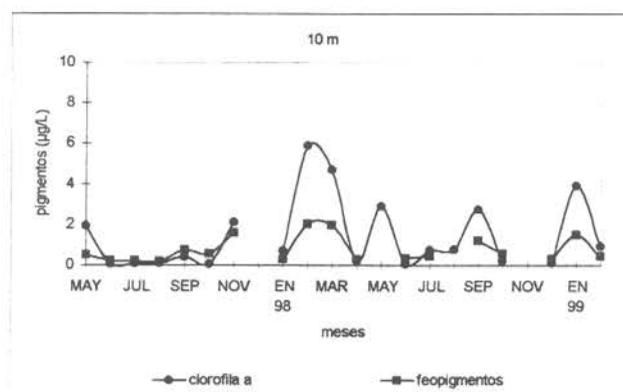
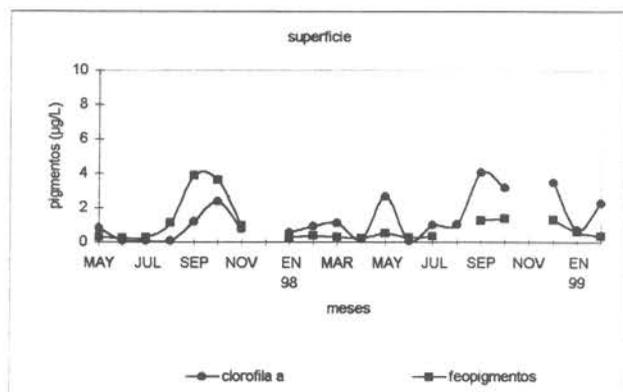


Figura 44. Diagramas de distribución mensual de la clorofila a y los feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ), a los niveles superficial, 10, 25 y 50 m, en la estación fija realizada en Mejillones.

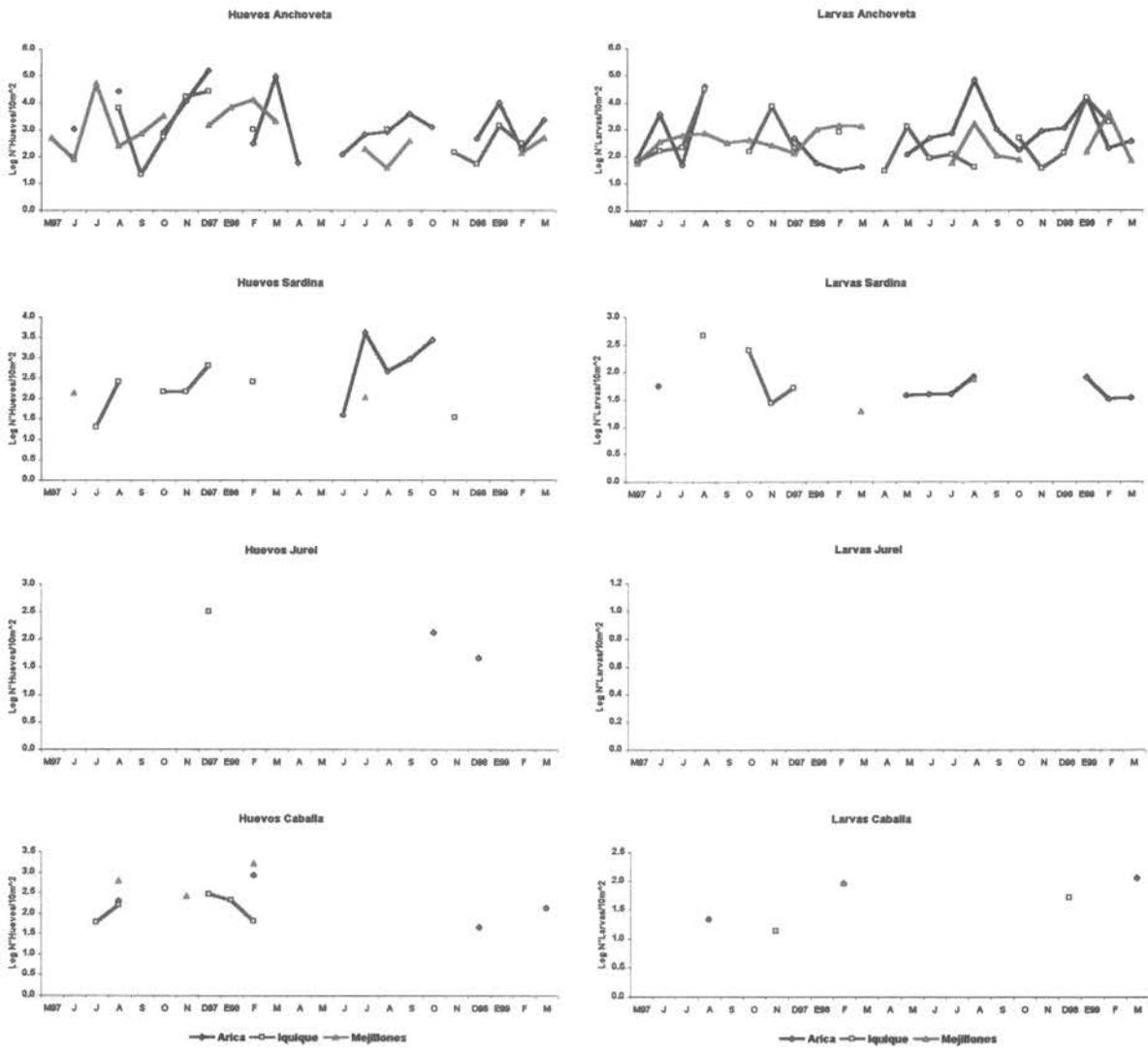


Fig. 45. Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de anchoqueta, sardina, jurel y caballa en estaciones fijas de Arica, Iquique y Mejillones. Mayo 1997 - Marzo 1999.

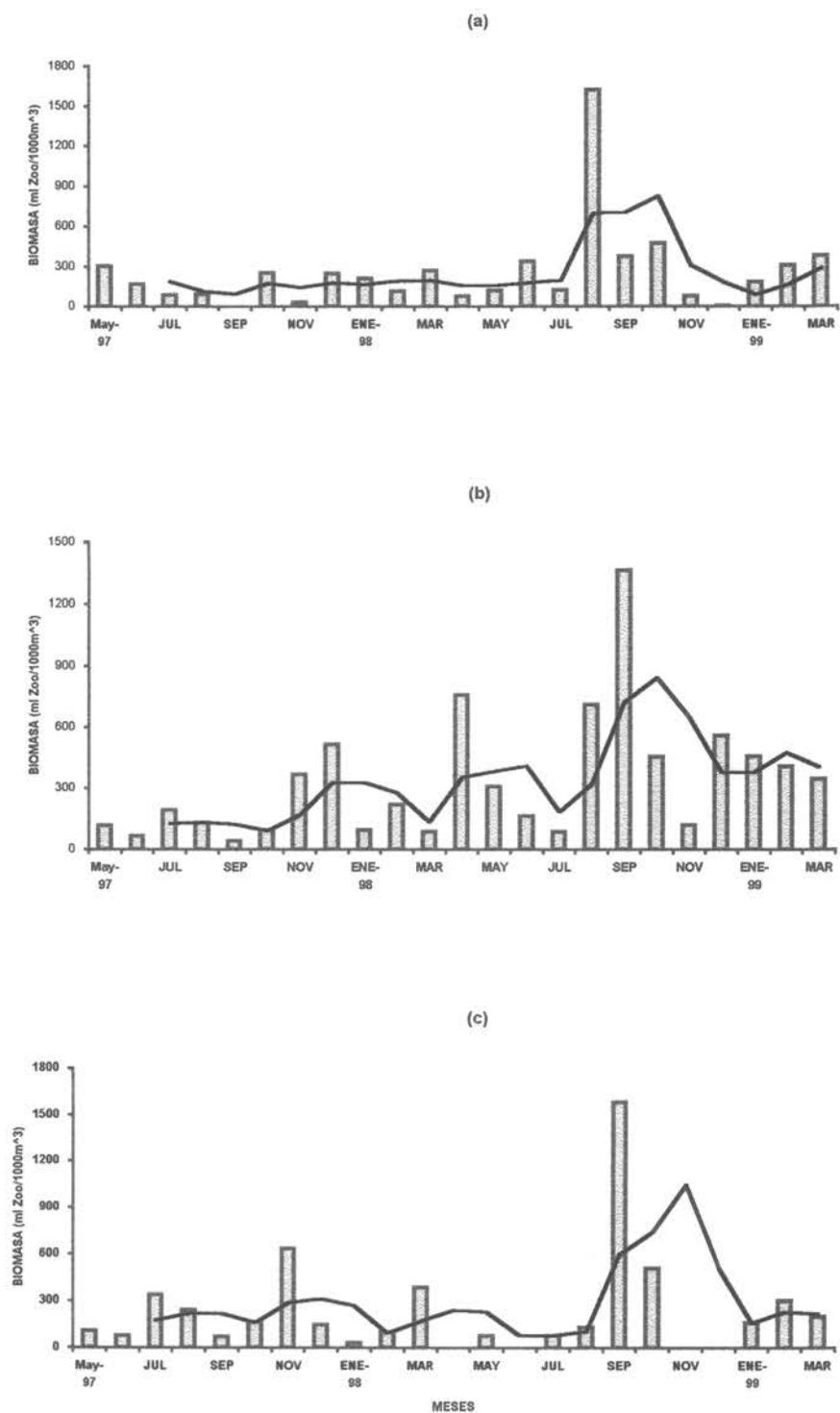
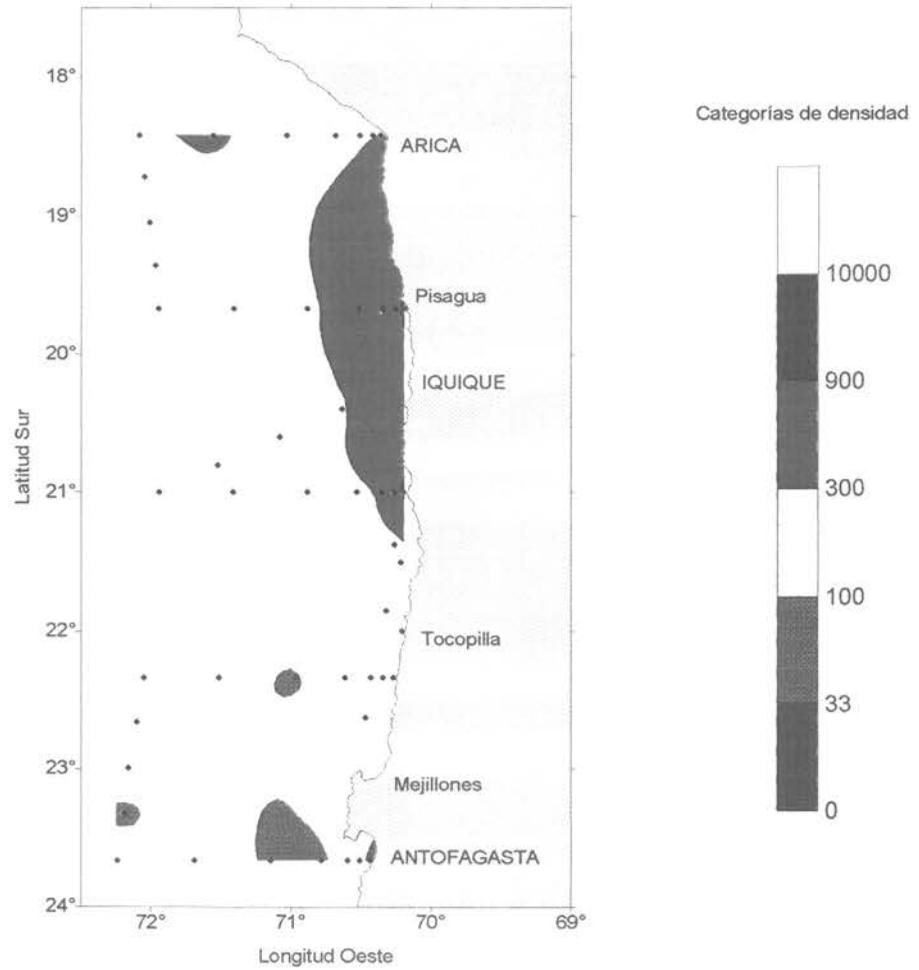


Fig. 46. Distribución y abundancia temporal de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Marzo 1999.



**Figura 47 .- Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica (ml de zooplancton/1000m<sup>3</sup> de agua filtrada). Crucero MOBIO9902. Febrero-Marzo 1999.**