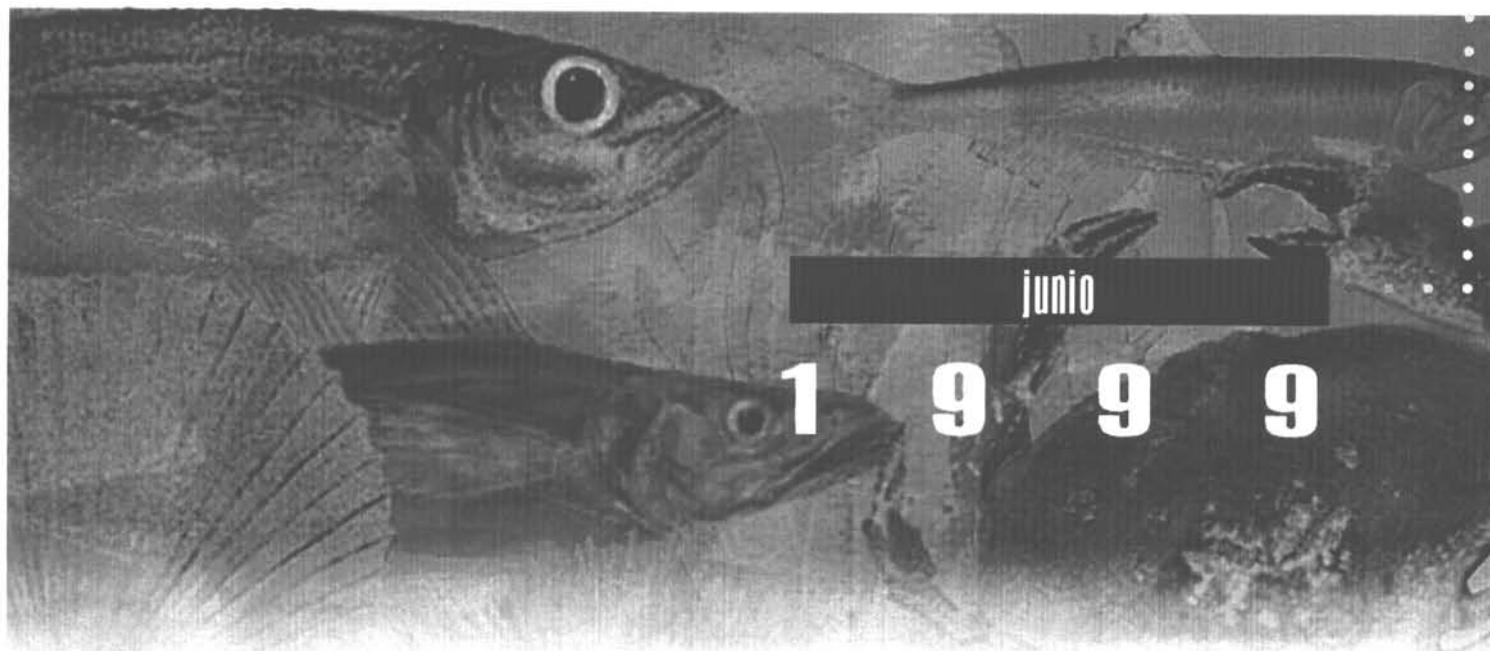




INFORME FINAL

FIP Nº 97 - 02

Monitoreo bioceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II Regiones



junio

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



JEFE DE PROYECTO :

MAURICIO BRAUN A.

AUTORES :

MAURICIO BRAUN A.
JOSE LUIS BLANCO G.
JORGE OSSES R.
JORGE CASTILLO P.



I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, corresponde al Informe final del proyecto FIP 97-02 "**Monitoreo Bioceanográfico Estacional de los Recursos Pelágicos en la I y II Regiones**" y presenta los resultados de las condiciones oceanográficas físico-químicas, la distribución geográfica y abundancia de huevos y larvas de los recursos anchoveta, sardina, jurel y caballa y su variabilidad estacional y la distribución de los recursos detectados por medio de técnicas hidroacústicas en la I y II regiones, registradas durante los cruceros estacionales de monitoreo **MOBIO1-9803, MOBIO2-9805 FASE 1 y 2, MOBIO3-9808 y MOBIO4-9812**, realizados en verano, otoño, invierno y primavera de 1998, respectivamente; así como las series de tiempo mensual generadas producto de la ocupación de las estaciones costeras de vigilancia localizadas a 2 mn frente a los puertos de Mejillones, Iquique y Arica.

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

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



Los principales centros de surgencia durante el año 1998 se ubicaron en el sector de la península de Mejillones, Tocopilla, Punta Lobos, Punta Patache y de Punta Baquedano a Pisagua.

Los valores de temperatura observados durante los cruceros de monitoreo, concuerdan con lo señalado por los índices globales y costeros, confirmando el término, durante el mes de mayo de 1998, de uno de los eventos de El Niño de mayor magnitud que se hayan registrado. Sin embargo, los valores de salinidad se mantuvieron levemente más altos en invierno y primavera.

Durante el verano y el invierno, la circulación en la columna de agua presentó sólo un intenso flujo hacia el Ecuador. En otoño y primavera los flujos concuerdan con los patrones normales de circulación en la zona.

Durante el período de estudio, se determinó la presencia de 4 masas de agua, predominando en superficie el Agua Subtropical, que alcanzó en verano valores superiores de 26°C en temperatura y 35,7 psu en salinidad, los que disminuyeron notoriamente hacia la primavera de 1998.

La situación oceanográfica frente a la costa norte, se encuentra en una fase de normalización y de cambio hacia condiciones relativamente frías. La proyección para el año 99 es que se mantengan las condiciones como normales hasta mediados de año, para dar inicio a una nueva fase cálida hacia fines del año.

La zona norte de Chile estuvo bajo un régimen oligotrófico durante el período comprendido entre febrero y mayo de 1998, provocado por la presencia de masas de agua más cálidas y salinas, con valores de biomasa fitoplanctónica en el rango 0,2 a 0,4 µg/L.



Se detectaron zonas en que la clorofila fue 5 veces mayor que la zona circundante, vale decir aumentó de 0,2 a 1 $\mu\text{g/L}$, indicando la influencia positiva que tienen los frentes costeros en la mantención de parches aislados de biomasa fitoplanctónica, que pueden ser utilizados por algunas especies pelágicas de altos requerimientos nutricionales, tales como pequeños peces pelágicos.

Posteriormente a la relajación de este fenómeno, la biomasa fitoplanctónica se recuperó hasta alcanzar en algunas zonas valores mayores en un orden de magnitud a los observados en los meses de febrero-marzo y mayo de 1998, con núcleos de alta concentración que llegaron, en algunos casos, hasta los 10 $\mu\text{g/L}$.

En las estaciones costeras de vigilancia oceanográfica se observó la misma tendencia en los datos, especialmente en Arica e Iquique, es decir baja concentración de cloa hasta mayo, para tender a recuperarse durante los florecimientos fitoplanctónicos estivales. No obstante esta tendencia, fue posible observar pequeños máximos de cloa en el apogeo de El Niño, lo que indica la importancia de la formación de frentes costeros aún durante eventos cálidos.

La evaluación zooplanctónica consideró la determinación de la distribución geográfica y abundancia de huevos y larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa y su variabilidad estacional. En forma adicional se entrega un estimado estacional de la biomasa zooplanctónica, aspecto no contemplado en las bases técnicas y administrativas del proyecto.

El procesamiento de las 207 muestras de zooplancton colectadas durante los cruceros estacionales de monitoreo permitió determinar la presencia de 672.123 huevos y 186.150 larvas, de los cuales 432.346 huevos y 41.224 larvas se identificaron a nivel específico como especies objetivo.



La variación temporal en la intensidad de desove de la anchoveta muestra que la fase de huevos presenta una tendencia general ascendente, con tres picos de abundancia significativamente importantes, los que se registran en primavera de 1997, invierno de 1998 y primavera de 1996, experimentando descensos importantes en la intensidad del desove durante los períodos verano/otoño de 1997, otoño/invierno de 1996 y la menos significativa se presenta en verano /otoño de 1998.

Las fases larvarias de anchoveta, muestran una tendencia general descendente con mínimos de magnitudes similares a las exhibidas por el estadio de huevos, las que se registran en los períodos de verano/otoño de 1996, 1997 y 1998, presentándose las máximas abundancias en los inviernos de 1997 y 1996.

En verano de 1998, se produce un significativo incremento en la cobertura geográfica de huevos anchoveta y un decremento en el estadio de larvas, lo que se refleja en tasas de cambio con respecto a 1997 iguales a 3.348% y -49,4%.

En otoño de 1998, la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta presentan situaciones diferentes con respecto al año precedente, incrementando los huevos su abundancia en un 61,3% mientras que las larvas disminuyeron en un 27,1%.

En invierno de 1998, se registró una significativa disminución en la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, acusando con respecto a 1997, una diferencia porcentual igual a -42,5% y -82,3% respectivamente.

En primavera de 1998, los huevos de anchoveta exhiben un importante incremento en su cobertura geográfica, 33%, experimentando las fases larvarias una leve disminución, -3,2%.

En términos generales los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina registrados durante los cruceros estacionales de monitoreo, señalan que el ciclo de desove de esta



especie, se encuentra en un nivel muy bajo, lo cual corrobora la declinación del potencial reproductivo que esta especie ha experimentado a partir de 1985 en la zona norte, no mostrando señales de recuperación.

En el transcurso de los cruceros estacionales de monitoreo no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de jurel.

En invierno de 1998, no hubo registros positivos para huevos y larvas de caballa, de la misma manera en otoño, crucero MOBIO2-9805 Fase1, no se constató la presencia de larvas de caballa.

La biomasa zooplanctónica registrada en el presente estudio fluctuó entre 4 y 2.552 ml/1.000 m³, correspondiendo ambos valores extremos a los cruceros realizados en otoño Fase1 e invierno de 1998 respectivamente, observándose como tendencia general en los cruceros de monitoreo, una disminución de la biomasa zooplanctónica hacia las estaciones más oceánicas del área de estudio, situación que ha sido descrita para igual área prospectada por Braun *et al.*, 1998. Las muestras estuvieron constituidas mayoritariamente por copépodos, con valores cercanos al 80% del total de la composición específica de las muestras, además de quetognatos, eufáusidos y salpas y otros grupos.

Durante los cuatro cruceros realizados en 1998, la anchoveta fue la especie más frecuente y más abundante, el jurel presentó algunos niveles de agregación relativamente más altos en el crucero de fines de otoño (9805), mientras que la caballa tuvo una presencia escasa y esporádica en otoño, tendiendo a desaparecer en el invierno y primavera. La sardina estuvo virtualmente ausente durante todo el año. El bacaladillo y el pez linterna, presentaron importantes niveles de agregación en el crucero de primavera (9812) y altos valores de densidad, especialmente el pez linterna.



El análisis de la distribución espacial de la anchoveta en los cuatro cruceros considerados (2 en otoño, invierno y primavera), sugiere un incremento en los niveles de abundancia de la especie desde el invierno hacia la primavera, con una mayor ocupación espacial y con una aproximación hacia la costa en esta última estación. En todos los casos, la anchoveta se distribuyó en las primeras 10 mn de la costa ubicándose en otoño con mayor frecuencia entre Arica y Tocopilla y más esporádicamente hacia el sur de Tocopilla y en invierno se localizó en las cercanías de Chipana. En la primavera se detectó entre Pisagua y Tocopilla, con registros en Arica y Antofagasta. En general, las mayores densidades se presentaron a fines de otoño y primavera, período coincidente con el reclutamiento, mientras que los de menor densidad se presentaron a principios de otoño e invierno.

Batimétricamente en los cruceros de otoño (9803, 9805 F I y F II) la anchoveta, se ubicó entre los 10 hasta 130 m, con una distribución bimodal de las frecuencias, centradas en los 20-30 m y entre los 70 y 100 m, asociada principalmente a las isotermas de 14°-15°C y entre 19°-20°C. Las salinidades que limitaron esta distribución se centraron en torno a 34.8 y 35.2 psu.

En el invierno (9808) y primavera (9812), coincidiendo con la relajación de las anomalías ambientales, la anchoveta se localizó entre los 10 y 60 m de profundidad, registrándose sobre el 75% de los cardúmenes en los primeros 20 m de profundidad, asociada principalmente a las isotermas de 15 a 16° C en invierno y entre 18 a 19 °C en primavera. Las salinidades variaron principalmente entre 34,6 y 34,8 psu.

En general, las mayores agregaciones de jurel se registraron durante el otoño siendo más abundante a fines de esa estación (9805), durante el crucero de principios de otoño (MOBIO 9803), el jurel se detectó en forma esporádica y escasa en densidades bajas, ubicándose preferentemente al sur de la zona de estudio hasta las 85 mn de la costa. La presencia de jurel durante el crucero de invierno (MOBIO 9808) fue aún más esporádica, registrándose su presencia en bajas densidades solamente en tres sectores. Al igual que en el caso de la



anchoveta, la distribución vertical del jurel en el otoño (9805) fue bastante amplia localizándose entre los 10 y 240 m de profundidad, presentando una distribución bimodal, con modas en 130 m y 190 m, asociado principalmente a las isotermas de 13°-14 °C; salinidades en torno a los 34,8 psu; y valores de oxígeno comprendidos entre en 0,5 y 1,5 ml/L. Durante el invierno (9808), la distribución vertical de esta especie se redujo a niveles más típicos, localizándose entre los 10 y 40 m de profundidad, asociada a las isotermas de 14°-15°C y 17°C; y salinidades cercanas a los 34,9 psu.

La caballa y la sardina tuvieron una presencia escasa y en bajas densidades en otoño e invierno y ausencia en la primavera.

En el crucero de primavera (MOBIO 9812), se detectó la presencia de bacaladillo (*Normanichthys crockeri*) y pez linterna (*Viciguerria lucetia*) en pequeñas agregaciones de alta densidad, en el caso del bacaladillo, su presencia estuvo localizada en las primeras 10 mn desde Punta Chilena (21°30'S) hasta el paralelo 22°20'S, sector que registró las mayores agregaciones, y en las cercanías de Arica que presentó niveles de densidad menor. El pez linterna tuvo una mayor presencia, detectándose en niveles de densidad altos desde Arica hasta el sur de Tocopilla desde las 10 hasta las 100 mn de la costa, con tendencia a prolongarse hacia el oeste del límite occidental de la zona de estudio. Las mayores agregaciones de este pez se registraron entre las 20 y 70 mn desde Pisagua a Iquique.





II. INDICE GENERAL

Página

I.	RESUMEN EJECUTIVO	1
II.	INDICE GENERAL	9
III.	PERSONAL PARTICIPANTE	11
IV.	INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	13
V.	OBJETIVOS	25
	1. Objetivo general	25
	2. Objetivos específicos	25
	3. Objetivos adicionales	26
VI.	INTRODUCCIÓN	27
VII.	METODOLOGIA DE TRABAJO	31
	1. Zona de estudio	31
	2. Cruceros	31
	3. Metodología por objetivo	32
VIII.	RESULTADOS	49
IX.	DISCUSION	115
X.	CONCLUSIONES.....	119
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	123

TABLAS

FIGURAS





III. PERSONAL PARTICIPANTE

Oceanografía Física

José Luis Blanco G. Oceanógrafo
José Raúl Cañón Oceanógrafo - Empresa Pesquera Eperva S.A.

Oceanografía Biológica

Ictioplancton

Mauricio Braun A. **Jefe de Proyecto**
Vivian Valenzuela C. Biólogo Marino
Hernán Miles U. Técnico

Fitoplancton – Clorofila a, Penetración de la luz

Jorge Osses R. Profesor de Química
Guillermo Pizarro Técnico Pesquero - Empresa Pesquera Eperva S.A.

Acústica

Jorge Castillo P. Ingeniero Pesquero
Marcos Espejo V. Ingeniero Electrónico





IV. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

- Tabla 1. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO1-9803, Verano 1998.
- Tabla 2. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO2-9805 FASE1, Otoño de 1998.
- Tabla 3. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO2-9805 FASE2, Otoño de 1998.
- Tabla 4. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO3-9808, Invierno 1998.
- Tabla 5. Bitácora de estaciones bioceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO4-9812, Primavera 1998.
- Tabla 6. Categorías por densidad.
- Tabla 7. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de peces. Cruceros de verano, otoño, invierno y primavera de 1998.
- Tabla 8. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces. Cruceros de verano, otoño, invierno y primavera de 1998.
- Tabla 9. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Engraulis ringens* por crucero.
- Tabla 10. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Sardinops sagax* por crucero.
- Tabla 11. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos y larvas de *Scomber japonicus* por crucero.
- Tabla 12. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero.
- Tabla 13. Indices de Cobertura (%) por cruceros y especie.



Tabla 14. Índices de Densidad (t/mn^2) por crucero y especie.

FIGURAS

- Figura 1. Posición geográfica de las estaciones bioceanográficas. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 2. Dirección e intensidad del viento medido en las estaciones. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 3. Distribución superficial de temperatura. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 4. Distribución superficial de anomalía de temperatura. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 5. Distribución de la profundidad de la isoterma de 15°C. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 6. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 7. Distribución vertical de temperatura en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 8. Distribución vertical de temperatura en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 9. Distribución vertical de temperatura en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 10. Distribución vertical de temperatura en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros trimestrales 1998.



- Figura 11. Distribución vertical de temperatura en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 12. Distribución vertical de anomalía de temperatura en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 13. Distribución superficial de salinidad. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 14. Distribución superficial de anomalía de salinidad. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 15. Distribución vertical de salinidad en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 16. Distribución vertical de salinidad en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 17. Distribución vertical de salinidad en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 18. Distribución vertical de salinidad en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 19. Distribución vertical de salinidad en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 20. Distribución vertical de salinidad en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 21. Distribución superficial de densidad (σ_t). Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 22. Distribución vertical de densidad (σ_t) en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros trimestrales 1998.



- Figura 23. Distribución vertical de densidad (sigma-t) en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 24. Distribución vertical de densidad (sigma-t) en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 25. Distribución vertical de densidad (sigma-t) en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 26. Distribución vertical de densidad (sigma-t) en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 27. Distribución superficial de oxígeno disuelto. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 28. Distribución vertical de oxígeno disuelto en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 29. Distribución vertical de oxígeno disuelto en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 30. Distribución vertical de oxígeno disuelto en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 31. Distribución vertical de oxígeno disuelto en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 32. Distribución vertical de oxígeno disuelto en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 33. Diagramas t-s de las transectas frente a Arica, Punta Lobos y Antofagasta. Cruceros trimestrales 1998.



- Figura 34. Anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 35. Anomalía geopotencial de superficie referida a 200 db. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 36. Anomalía geopotencial de 200 db referida a 500 db. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 37. Imágenes semanales de temperatura superficial del mar (NOAA). Enero -Abril 1998.
- Figura 38. Imágenes semanales de temperatura superficial del mar (NOAA). Mayo - Agosto 1998.
- Figura 39. Imágenes semanales de temperatura superficial del mar (NOAA). Septiembre - Diciembre 1998.
- Figura 40. Imágenes mensuales de temperatura superficial del mar (NOAA). Enero - Diciembre 1998.
- Figura 41. Distribución superficial de Clorofila a. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 42. Distribución superficial de Feopigmentos. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 43. Distribución superficial de Clorofila total. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 44. Distribución superficial de Clorofila a integrada. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 45. Distribución superficial de Feopigmentos integrados. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 46. Distribución superficial de Clorofila total integrada. Cruceros trimestrales 1998.



- Figura 47. Distribución vertical de la Clorofila a en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 48. Distribución vertical de la Clorofila a en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 49. Distribución vertical de la Clorofila a en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 50. Distribución vertical de la Clorofila a en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 51. Distribución vertical de la Clorofila a en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 52. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 53. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 54. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 55. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 56. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 57. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros trimestrales 1998.



- Figura 58. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 59. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 3. Latitud 21°00'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 60. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 61. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros trimestrales 1998.
- Figura 62. Relaciones funcionales entre la clorofila a y la clorofila total superficiales ($\mu\text{g/L}$) para los cruceros trimestrales.
- Figura 63. Diagramas de las asociaciones funcionales entre la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y la temperatura superficiales.
- Figura 64. Diagramas de las asociaciones funcionales entre la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y la salinidad superficiales
- Figura 65. Diagramas de las asociaciones funcionales entre los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) y la temperatura superficiales.
- Figura 66. Diagramas de las asociaciones funcionales entre los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) y la salinidad superficiales.
- Figura 67. Diagramas de las asociaciones funcionales entre la clorofila total ($\mu\text{g/L}$) y la temperatura superficiales.
- Figura 68. Relaciones funcionales entre la profundidad del disco de Secchi (m) y la clorofila a y total ($\mu\text{g/L}$) superficiales.



- Figura 69. Relaciones funcionales entre la profundidad del disco de Secchi (m) y la clorofila a integrada (mg/m^2).
- Figura 70. Distribución y abundancia de Huevos de anchoveta. Cruceros trimestrales 1998. (a)MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.
- Figura 71. Distribución y abundancia de Larvas de anchoveta. Cruceros trimestrales 1998. (a)MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.
- Figura 72. Distribución y abundancia de (a) Huevos y (b) Larvas de anchoveta. Crucero MOBIO2-9805 Fase 1. Mayo 1998.
- Figura 73. Distribución y abundancia de (a) Huevos y (b) Larvas de anchoveta. Crucero EPERVA 10/148/98. PAM Mar del Norte.
- Figura 74. Distribución y abundancia de Huevos de sardina. Cruceros trimestrales 1998. (a)MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.
- Figura 75. Distribución y abundancia de Larvas de sardina. Cruceros trimestrales 1998. (a)MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.
- Figura 76. Distribución y abundancia de Huevos de caballa. Cruceros trimestrales 1998. (a)MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.
- Figura 77. Distribución y abundancia de Larvas de caballa. Cruceros trimestrales 1998. (a)MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.
- Figura 78. Variación temporal de la intensidad de desove de (a) Huevos y (b) Larvas de anchoveta para el período comprendido entre el invierno de 1995 y la primavera de 1998.



- Figura 79. Distribución y abundancia estacional de Huevos de anchoveta. Período Invierno 1995 a Primavera de 1998.
- Figura 80. Distribución y abundancia estacional de Larvas de anchoveta. Período Invierno 1995 a Primavera de 1998.
- Figura 81. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1982/1998.
- Figura 82. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta – Arica en verano de los años 1982/1998.
- Figura 83. Densidad promedio por estaciones totales de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta – Arica en otoño de los años 1984/1998.
- Figura 84. Densidad promedio por estaciones totales de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta – Arica en otoño de los años 1984/1998.
- Figura 85. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/1998.
- Figura 86. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta – Arica en invierno de los años 1981/1998.
- Figura 87. Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1983/1998.
- Figura 88. Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta – Arica en primavera de los años 1983/1998.
- Figura 89. 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 1982/1998.



- Figura 90. Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/1998.
- Figura 91. Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas de anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1983/1998.
- Figura 92. Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas de anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/1998.
- Figura 93. Distribución temporal de temperatura en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a diciembre 1998.
- Figura 94. Distribución temporal de salinidad en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a diciembre 1998.
- Figura 95. Distribución temporal de oxígeno disuelto en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a diciembre 1998.
- Figura 96. Distribución temporal de la clorofila y los feopigmentos integrados (mg/m^2), en las estaciones de monitoreo. Proyecto MOBIO 1998.
- Figura 97. Distribución temporal de la clorofila total integrada (mg/m^2), en las estaciones de monitoreo. Proyecto MOBIO 1998.
- Figura 98. 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 99. 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 Iquique.



- Figura 100. 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 Mejillones.
- Figura 101. Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de anchoveta en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.
- Figura 102. Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de sardina en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.
- Figura 103. Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de jurel en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.
- Figura 104. Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de caballa en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.
- Figura 105. Distribución y abundancia temporal de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.
- Figura 106. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica. Cruceros trimestrales 1998 (a) MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.
- Figura 107. Distribución geográfica de anchoveta en los cruceros de otoño (MOBIO 9803 9805 F II), invierno (MOBIO 9808) y primavera (MOBIO 9812) de 1998.
- Figura 108. Distribución geográfica de sardina, jurel caballa y anchoveta durante fines de otoño. Crucero MOBIO 9805 F I
- Figura 109. Distribución de tallas de anchoveta por lance y total. Crucero MOBIO 9805 Fase I.
- Figura 110. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de sardina, jurel, anchoveta y caballa como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9803.



- Figura 111. Distribución batimétrica, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto de jurel, anchoveta y caballa como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9805.
- Figura 112. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de sardina, jurel, anchoveta y caballa como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9805 Fase I.
- Figura 113. Ecograma de cardúmenes de anchoveta cercana al fondo. Crucero MOBIO 9805 Fase I.
- Figura 114. Ecograma de cardúmenes de anchoveta a media agua. Crucero MOBIO 9805 Fase I.
- Figura 115. Ecograma de estratos en formación de anchoveta cercana al fondo. Crucero MOBIO 9805 Fase I.
- Figura 116. Ecograma de estratos de anchoveta cercana al fondo. Crucero MOBIO 9805 Fase I.
- Figura 117. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de jurel y anchoveta como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9808.
- Figura 118. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de anchoveta, bacaladillo y pez linterna como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9812.
- Figura 119. Distribución geográfica de jurel en los cruceros de otoño e invierno de 1998 (MOBIO 9803, 9805 y 9808).
- Figura 120. Distribución geográfica de caballa en los cruceros de otoño e invierno de 1998 (MOBIO 9803, 9805 y 9808).
- Figura 121. Distribución geográfica de sardina en los cruceros de otoño de 1998 (MOBIO 9803 y 9805).
- Figura 122. Distribución geográfica de bacaladillo y pez linterna en el crucero de primavera de 1998 (MOBIO 9812).



V. OBJETIVOS

1. Objetivo general

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

2. Objetivos específicos

- 2.1 Describir y analizar el patrón estacional de temperatura y salinidad superficiales en la zona de estudio.
- 2.2 Describir y analizar la distribución vertical (0 a 200 m) de la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y penetración de la luz, en la zona de estudio.
- 2.3 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.
- 2.4 Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual con observaciones realizadas en a lo menos 3 estaciones costeras profundidad (30>z>200m) localizadas dentro de la zona de estudio, donde se registrarán a lo menos las variables señaladas en los puntos 2.2 y 2.3.



3. Objetivos adicionales

En forma complementaria y como sobre oferta técnica se incluyeron los siguientes objetivos adicionales.

- 3.1** Describir y analizar la distribución estacional de la biomasa zooplanctónica.

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



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 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°22, 31 de mayo al 06 de junio de 1999) el desembarque total acumulado es de 196.221 t, cifra 3552% mayor respecto a igual período de 1998. Como se ha señalado en informes precedentes, el stock de sardina española colapsó y desde esos años no se advierten cambios importantes de biomasa y sus capturas han estado constituidas principalmente por ejemplares bajo la talla de primera madurez sexual, lo cual implica que el stock se está reproduciendo, pero la fortaleza de



sus reclutamientos aún son débiles, lo que no ha permitido recuperar sus antiguos niveles de biomasa.

En la actualidad, se ha observado una importante participación de sardina en las capturas de especies pelágicas en la I y II Regiones, debido al ingreso de un gran número de reclutas en la zona sur de Antofagasta.

Con respecto a la anchoveta sus capturas se han incrementado 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, relacionadas con eventos de El Niño. Para la zona Arica - Antofagasta su captura durante 1996 alcanzó las 815.719 t, 1.341.900 t en 1997, 141.242 t en 1998 y a la fecha (Semana N°22, 31 de mayo al 06 de junio de 1999) el desembarque acumulado para esta especie registra un volumen total de 437.626 t, cifra 314% 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, teniendo especial relevancia el fenómeno de El Niño.

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



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

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

Hasta la fecha se han efectuado 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 Ecuador y Perú desde fines de abril de 1997, con anomalías positivas de la temperatura superficial del mar. En la zona norte de Chile, sus primeras manifestaciones se observaron entre mayo y junio con 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 experimentaría sus primeros signos de recuperación a fines de junio de 1999.

Debido a la importancia de este tipo de investigaciones para aumentar la comprensión de la influencia de los factores oceanográficos en la distribución y abundancia de los recursos, el Consejo del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura ha decidido mantener el monitoreo de los pequeños peces pelágicos costeros y de su medio ambiente, dentro del programa de investigación para 1998, 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 Antofagasta - II Región y Arica - I Región, zona donde se efectuaron estacionalmente un total de 5 transectas perpendiculares a la línea de costa ubicadas frente a Bahía Moreno ($23^{\circ}40'S$), Punta Copaca ($22^{\circ}20'S$), Punta Lobos ($21^{\circ}00'S$), Punta Junín ($19^{\circ}40'S$) y Arica ($18^{\circ}25'S$) desde la costa hasta una distancia máxima de 100 millas náuticas.

2. Cruceros

Durante el período comprendido entre enero y diciembre de 1998, el Instituto de Fomento Pesquero, IFOP, realizó a bordo del B/I "Carlos Porter" los cruceros de monitoreo: **MOBIO1-9803** (27 de febrero - 07 de marzo), **MOBIO2-9805 FASE 1 Y 2**, (30 de abril - 10 de mayo, 25 de mayo al 03 de junio), **MOBIO3-9808** (27 de agosto - 03 de septiembre) y del B/I "Abate Molina" el crucero **MOBIO4-9812** (12 al 18 de diciembre) correspondientes a verano, otoño, invierno y primavera de 1998 respectivamente, realizándose además tres estaciones costeras de vigilancia localizadas a 2 mn frente a los puertos de Arica, Iquique y Mejillones, las cuales permitieron aumentar la frecuencia de observación (**Fig. 1, Tablas 1, 2, 3, 4 y 5**).

Se incorpora además, la prospección acústica especial que se realizó a bordo del B/I "Abate Molina" **MOBIO2-9805 FASE1**, la cual abarcó la zona comprendida entre Taltal ($25^{\circ}22'S$) y Caleta Camarones ($19^{\circ}11'S$). Esta actividad se planteó en reunión del Comité Técnico de los Recursos Pelágicos de la Subsecretaría de Pesca en abril de 1998, requerimiento que fue canalizado a la Secretaría Ejecutiva del FIP, la cual autorizó al IFOP para realizar en el marco de este proyecto una prospección acústica y bioceanográfica especial.



3. Metodología por objetivo

3.1 Objetivos 2.1 y 2.2

Describir y analizar el patrón estacional de temperatura y salinidad superficiales en la zona de estudio.

Describir y analizar la distribución vertical (0 a 200 m) de la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y penetración de la luz, en la zona de estudio.

3.1.1 Colecta de muestras y registro de datos

En cada uno de los cruceros estacionales se efectuaron 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.

En otoño de 1998, crucero **MOBIO2-9805 FASE2**, se realizó un total de 41 estaciones bioceanográficas prolongando las transectas 3 y 4 hasta las 200 mn efectuando 3 estaciones adicionales con CTD durante la navegación costera entre Punta Copaca y Punta Lobos. De la misma manera, en el crucero de primavera **MOBIO4-9812**, se totalizaron 47 estaciones de muestreo incorporando 3 estaciones adicionales durante la navegación intertransectas (**Fig. 1**).

Para cada una de las estaciones de la grilla de muestreo se obtuvieron registros continuos de temperatura (°C), salinidad y profundidad (dbar) hasta un máximo de 500 dbar, mediante el uso de un CTD marca **SEA BIRD 19**. Las muestras discretas se obtuvieron mediante el uso



de un muestreador automático tipo roseta, marca **GENERAL OCEANICS**, equipado con 12 botellas Niskin de 1,7 L y termómetros de inversión.

Para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto y para verificar los valores de temperatura y salinidad del CTD, se realizaron lances con roseta, a profundidades estándares de 0, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 300 metros como máximo. El procesamiento de las muestras de oxígeno se realizó a bordo utilizando el método de Winkler modificado por Carpenter (1965). Los registros de temperatura se obtuvieron con termómetros de inversión. Los análisis de salinidad se efectuaron posteriormente con un salinómetro de inducción, marca T.S.K. modelo **DIGI-AUTO**.

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

Las muestras para análisis de clorofila a fueron obtenidas de las profundidades estándar mencionadas en 3.1.1, agregando el nivel de 5 m. Las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de acetato de celulosa (Millipore, HA, 0,45 μm , 47 mm de diámetro), con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL. Las muestras se almacenaron a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl_2 para su posterior análisis.

La extracción de la muestra para análisis de clorofila a se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90 % v/v, por un período no inferior a las 12 horas y a ca. 0°C . La lectura del sobrenadante se efectuó en ambiente de baja luminosidad, con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación, descrita en Parsons et al. (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 fuera nuevamente visible, consignándose esta segunda lectura. La lectura final del disco se obtuvo al promediar ambas lecturas.

3.1.3 Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

Se incorpora el análisis de una imagen promedio mensual de TSM, obtenida mediante satélite a objeto de estimar la variabilidad anual y la intensidad de procesos tales como surgencia y frentes costeros, complementando de esta manera la información obtenida de las estaciones costeras de monitoreo y de los cruceros bioceanográficos.

Para ello se utilizaron imágenes obtenidas por un satélite NOAA mediante un sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) y recepcionadas por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Las imágenes fueron georeferenciadas, y transformadas a formato SURFER.

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

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



3.1.4 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 esta era constante en el tiempo o presentaba alguna variación progresiva. No se observó una diferencia significativa entre los datos obtenidos por el sensor y las muestras analizadas, por lo que no fue necesario realizar una corrección. 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 incluye solo la transecta 3 como representativa de la zona) se utilizan los promedios mensuales determinados para la zona de estudio por Blanco (1996).



Con los datos ya procesados se confeccionaron cartas superficiales de distribución de las variables temperatura, anomalía de temperatura, salinidad, anomalía de salinidad, oxígeno disuelto y densidad (Sigma-t). Asimismo, se confeccionaron gráficos de distribución vertical para todas las transectas y diagramas t-s para las transectas 1, 3 y 5.

La información de clorofila-a fué codificada y digitada georeferenciada por profundidad, confeccionándose cartas de distribución batimétrica para todas las transectas. Los resultados se expresan en mg/m^3 . Para la adecuada representación de la estructura biológica de toda la columna de agua, se calculó la clorofila-a integrada, utilizando el método trapezoidal (Hasle, 1969), de acuerdo a la siguiente expresión:

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

donde:

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

N = Concentración de clorofila-a a la profundidad z (mg/m^3)

p = Profundidad de la muestra respectiva (m)

Este cálculo permitió representar la clorofila-a en unidades de área (mg/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).



3.2 Objetivo 2.3

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

3.2.1 Calibración de flujómetros TSK

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

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

Crucero MOBIO1-9803	TSK 5336	$V = 0,16458$	$* N - 0,03098$
Crucero MOBIO2-9805F1	TSK 4896	$V = 0,17009$	$* N - 0,02392$
Crucero MOBIO2-9805F2	TSK 5336	$V = 0,11891$	$* N + 0,06749$
Crucero MOBIO3-9808	TSK 5336	$V = 0,15847$	$* N + 0,00301$
Crucero MOBIO4-9812	TSK 5271	$V = 0,17274$	$* N - 0,05083$

3.2.2 Colecta de las muestras

En el curso de los cruceros estacionales de monitoreo se efectuaron 207 estaciones zooplanctónicas mediante el uso de una red modelo WP-2 (UNESCO, 1968), complementada con un medidor de flujo marca T.S.K., el que permitió cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance.



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

La profundidad real de muestreo fué corregida mediante la medición del ángulo del cable a máxima profundidad, a través de un clinómetro manual. Durante los cruceros estacionales el ángulo fluctuó entre 1 y 25° en verano; entre 3 - 32° y 2 - 25° en otoño; en invierno fluctuó entre 2 y 22° y entre 2 y 29° en primavera de 1998.

Las muestras obtenidas en cada una de las estaciones fueron fijadas en una solución de formalina al 5% en agua de mar neutralizada con disodio tetraborato (bórax).

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 y cable arriado e información ambiental de carácter complementario.

3.2.3 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 m², 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 m²)

d = profundidad máxima del lance (m).

w = volumen de agua filtrado (m³).

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.

$$W = Q * t$$

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

donde :

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

t = tiempo empleado en el arrastre (seg).

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

$$Q = V * A$$

donde :

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

A = área de la boca de la red (m²).

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 anchoveta, sardina, jurel y caballa se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada y el software SURFER6.

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

3.3 Objetivo 2.4

Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual con observaciones realizadas en a lo menos 3 estaciones costeras profundidad (30>z>200m) localizadas dentro de la zona de estudio, donde se registrarán a lo menos las variables señaladas en los puntos 2.2 y 2.3.

Las estaciones costeras de monitoreo ubicadas a 2 mn al oeste de los puertos de Mejillones, Iquique y Arica, fueron realizadas desde enero a diciembre de 1998 a bordo de embarcaciones pesqueras. En ellas se obtuvo muestras discretas 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 1,7 L equipadas con termómetros de inversión. Las muestras de oxígeno fueron fijadas a bordo y el análisis se realizó en laboratorio en tierra después de 18 horas de tomada la muestra.

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

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

Las estaciones costeras mensuales fueron procesadas de acuerdo a la misma rutina descrita para las estaciones de los cruceros estacionales (ver 3.1.4). 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 descritas en el punto 3.2.3.

3.4 Objetivo 2.5

Describir y analizar la distribución estacional de la biomasa zooplanctónica.

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



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

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

$$Y = 1.000 \left(\frac{X}{W} \right)$$

donde:

Y = ml de zooplancton por 1.000 m³

X = ml de zooplancton

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

3.5 Objetivo 2.6

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

3.5.1 Calibración del sistema acústico

3.5.1.1 Calibración electroacústica

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



Para este fin se utilizaron blancos estándar de cobre diseñados para las frecuencias de 38 y 120 KHz, según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Acústica del ICES y por el fabricante (Foote *et al.*, 1987). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de $\pm 0,5$ dB, siendo aceptable con ± 1 dB.

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

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

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

$$G_i = G_o + \frac{TSm - TSb}{2}$$

donde:

G_1 = nueva ganancia del transductor

G_0 = ganancia antigua

TSm = intensidad de blanco medida (dB)

TSb = intensidad de blanco teórico (dB)

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



$$G_t = G_n + \frac{10 \log Sa_m}{2}$$

siendo:

$$Sa_m = \frac{4\pi r_0^2 \sigma_{bs} (1852)^2}{\Psi r^2}$$

donde:

- S_{bs} = sección dispersante de la esfera (dB).
- r = profundidad de la esfera (m).
- r_0 = profundidad de referencia (1 m).
- Ψ = ángulo equivalente del haz acústico (dB).
- $S_{a(t)}$ = salida teórica del ecoinTEGRADOR.
- $S_{a(m)}$ = salida medida del ecoinTEGRADOR.

3.5.2 Identificación de especies

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

El método acústico (Guzmán *et al*, 1983) considera el análisis de la forma geométrica de los cardúmenes y su relación con la señal acústica, según la siguiente formulación:

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



donde:

S_v = 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 eointegrador.

L = longitud de la agregación (m)

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

3.5.3 Distribución de los recursos

La información acústica por Intervalo Básico de Muestreo (I.B.M.) acústico de 0,5 mn, separada por especie, es presentada en mapas de distribución espacial, utilizando una escala de densidad (t/mn^2), determinada por la siguiente expresión $75 \cdot 2^{(n-1)}$, donde n representa el nivel de la categoría, siendo $0 < n \leq 4$ (Tabla 6).

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

3.5.4 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:

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

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



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

donde:

- k = número de observaciones acústicas con presencia de recurso
- Z = número total de observaciones acústicas en el crucero.
- Sa_{ij} = lecturas acústicas en la i-ésima I.B.M de la j-ésima transecta.
- C_e = factor de eointegración, obtenido en base a un TS_{kg} de -32,5 dB/kg (t/mn²/Sa).
- IC = índice de cobertura (%)
- ID = índice de densidad en t/mn².





VIII. RESULTADOS

Objetivos 2.1 y 2.2

Describir y analizar el patrón estacional de temperatura y salinidad superficiales en la zona de estudio.

Describir y analizar la distribución vertical (0 a 200 m) de la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y penetración de la luz, en la zona de estudio.

1. Condiciones ambientales

1.1 Viento

En general, el viento medido en cada una de las estaciones oceanográficas durante el desarrollo de los 4 cruceros presentó gran variabilidad en intensidad, con una dirección predominante del segundo y tercer cuadrante. La magnitud de los vientos en verano (marzo) alcanzó un máximo de 10,3 m/s y una media de 2,7 m/s. En otoño (mayo) fue de 3,4 m/s como promedio y de 9,8 m/s como máximo, en invierno (agosto) se registraron valores máximos de 7,2 m/s, con una media de 1,7 m/s y durante la primavera (diciembre) se alcanzaron valores promedio de 4 m/s y un máximo de 8,7 m/s (**Fig. 2**).

El área de estudio se encuentra ubicada en el margen oriental del anticiclón del Pacífico sur, cuya principal característica, es el predominio de los vientos con dirección S y SW durante todo el año, registrando la intensidad una variación estacional, siendo en el área oceánica, máxima en invierno (agosto) y mínima a fines del verano (marzo) (Bjerknes, 1966; Fuenzalida,



1971; Hellerman y Rosenstein, 1983; Bakun, 1985; Bakun y Parrish, 1982; Bakun y Nelson, 1991).

Por otra parte, Fuenzalida (1989) y Montecinos (1991), utilizando datos de viento provenientes de estaciones costeras, indican la presencia de viento favorable a la surgencia durante todo el año, con valores máximos desde fines de primavera hasta el inicio del verano y mínimos desde fines de otoño hasta el inicio del invierno, contrario a lo descrito por Bjerknes (1966) para la zona oceánica. Lo anterior sería producto del efecto combinado entre el forzamiento térmico local - regional, y el campo de presión a gran escala (Montecinos, 1991). Además, encuentran que durante los eventos cálidos de 1976 y 1982, la magnitud de los vientos favorables a la surgencia aumentaron. En particular, durante el invierno de 1983, 1993 y 1997 la intensidad de los vientos superó a las del verano de esos mismos años, mostrando sin embargo una mayor variabilidad (Fuenzalida, 1989; Braun *et al*, 1994 y 1998).

Los vientos registrados durante los cruceros estacionales, concuerdan con los patrones descritos anteriormente, es decir, máximos en primavera/verano y mínimos en invierno, con la excepción de las zonas de Arica, donde se observaron bajos valores durante todo el año y Antofagasta, que presentó fuertes vientos durante todo el año.

1.2 Temperatura superficial

La temperatura superficial durante el período de estudio presenta valores que aumentan de costa a océano y de norte a sur (**Fig. 3**).

El crucero de marzo (verano) presentó valores de temperatura superficial entre 20,5 y 26,2°C. El gradiente costero que se observa en períodos normales, aun aparece debilitado, con un gradiente que no supera los 1,5°C/10 mn entre Arica y Pta. Lobos, hacia el sur el gradiente costero disminuye notoriamente. Los mínimos valores se encuentran en el sector costero frente a Iquique y frente a la península de Mejillones



Durante el otoño la temperatura superficial presentó valores entre 16,5 y 21,8°C en el área de estudio, los valores aumentan desde la costa hacia el sector oceánico y de norte a sur, como es característico en esta zona. El gradiente es entre 2 y 3°C/10 mn entre Arica y Pta. Lobos, hacia el sur el gradiente costero disminuye significativamente. Los mínimos valores se encuentran en el sector costero frente a Arica, el río Loa y a la península de Mejillones. Los mayores valores se ubican frente a Pisagua en una lengua que aparece por el noroeste por fuera de las 80 mn y en un núcleo entre las 15 y las 60 mn.

En invierno se presentaron los valores más bajos, alcanzando entre 13,9 y 18,2°C en el área de estudio, los valores aumentan desde la costa hacia el sector oceánico y de sur a norte, como es característico en esta zona. El gradiente es entre 0,5 y 1°C/10 mn entre Arica y Pta. Lobos, hacia el sur el gradiente costero disminuye notablemente. Los mínimos valores se encuentran en el sector costero frente a Tocopilla. Los mayores valores se ubican frente a Arica en una lengua que aparece por el norte entre las 40 y las 80 mn.

Durante la primavera la temperatura aumentó, registrándose valores entre 15,4 y 22,5°C, con un promedio de 19,7°C en el área de estudio, los valores aumentan desde la costa hacia el sector oceánico y de sur a norte. El gradiente costero es mayor de 2°C/10 mn entre los 20 y 21°S, hacia el sur y hacia el norte el gradiente costero disminuye notoriamente. Los mínimos valores de temperatura se encuentran en el sector costero frente a Punta Lobos (21°S). Los mayores valores se ubican en el sector oceánico, por fuera de las 80 mn entre Arica y Pisagua y penetran hacia el sur en forma diagonal.

La distribución de temperatura superficial en la zona de estudio esta condicionada en la zona costera por los procesos de surgencia, generados por los vientos provenientes del S y SW (Smith, 1968), los que producen que las isotermas se distribuyan paralelas a la costa en las primeras 20 a 40 millas de la costa, mientras que en el sector oceánico la distribución superficial de las isotermas evidencia la entrada de aguas cálidas hacia el sur y la presencia o avance hacia el norte de aguas más frías en el sector oceánico, por fuera de las 70 mn.



Cada cierto número de años, este patrón se ve alterado notablemente, por los eventos de El Niño, los que producen en la región, entre otros efectos, una disminución del viento, lo que trae consigo un debilitamiento de la surgencia y esto permite el acercamiento hacia la costa de aguas más cálidas y la disminución del frente costero, situación observada durante la primavera de 1997 (Braun *et. al* 1998) y el crucero de verano de 1998.

1.3 Anomalía de temperatura superficial

La anomalía de temperatura superficial, con respecto a los promedios de largo plazo de Blanco (1996), presenta valores positivos durante todo el período de estudio (Fig. 4).

En verano la anomalía es en promedio para el área, de 2°C más alta que los promedios de largo plazo, con valores mayores de 3°C en el sector costero desde Arica a los 20°S, al sur de Tocopilla y en la bahía de Antofagasta. Se alcanzan valores superiores a 4°C en las estaciones costeras frente a Pisagua.

Durante el otoño la anomalía de temperatura, disminuye notablemente respecto de los cruceros anteriores, siendo en promedio para el área de 0,5°C más alta que los promedios de largo plazo, con valores mayores de 1°C en un núcleo frente a Pisagua, en las primeras 40 mn frente a Antofagasta y por fuera de las 90 mn frente a Tocopilla.

En invierno los valores de la anomalía continúan disminuyendo respecto de lo observado desde mayo de 1997, siendo en promedio para el área de -0,4°C, con valores mayores de 0°C por fuera de las 20 mn entre Arica y Pisagua y entre Tocopilla y Antofagasta. Valores negativos se encuentran en todo el sector costero, alcanzando hasta -1,6°C en el sector frente a Tocopilla.

En primavera, la anomalía presenta valores semejantes respecto de lo observado en agosto de 1998, siendo en promedio para el área de -0,1°C, con valores mayores de 0°C por fuera



de las 80 mn entre Arica y Punta Lobos y entre Punta Lobos y Antofagasta por fuera de las 20 mn. Además, se presenta un foco con anomalías mayores de 1°C en el sector costero frente a Pisagua, el que está asociado a un área de poco gradiente costero y por lo tanto altos valores de temperatura cerca de la costa. Valores negativos se encuentran en el sector costero al sur de los 20°S , alcanzando un mínimo de $-3,7^{\circ}\text{C}$ frente a Punta Lobos.

1.4 Profundidad de la isoterma de 15°C

La isoterma de 15°C (Fig. 5), que representa la base de la termoclina entre la latitud 18°S y 24°S , en períodos normales, durante el verano presentó las máximas profundidades en el sector costero, con un máximo de 130 m frente a Punta Lobos, lo que constituye un ascenso de más de 160 m, respecto de lo observado en diciembre de 1997 (crucero MONOR 9712, Braun *et. al.*, 1998). En relación a la profundidad históricamente registrada (Fig. 6), ésta se encuentra de 70-80 m más profunda en los sectores costeros entre Arica y Antofagasta y de 80-100 m en el sector oceánico por fuera de las 60 mn frente a Arica.

En otoño se observa una distribución característica para la zona, con valores menores en la costa y que aumentan hacia el sector oceánico. En el sector costero, la isoterma de 15°C se encuentra entre 30 y 40 m de profundidad, las máximas profundidades se presentan en el área oceánica alcanzando hasta 127 m a 100 mn frente a Arica. Si bien la profundidad de la isoterma de 15°C ya no presenta la alteración observada en los últimos 12 meses, aún se encuentra aproximadamente 10 a 20 metros más profunda que en períodos normales en el sector costero y entre 40 y 50 m por fuera de los 70 mn entre Arica y Pisagua.

En invierno presenta una distribución característica para la zona, con valores menores en la costa y que aumentan hacia el sector oceánico, lo que estaría indicando un fuerte flujo hacia el ecuador de la capa superficial. En el sector costero la isoterma de 15°C se encuentra entre 10 y 20 m menos profunda y en el oceánico (por fuera de las 40 mn) 10 m más



profunda. Las máximas profundidades se registran en el área oceánica alcanzando hasta 86 m a 100 mn frente a Antofagasta.

En primavera, la isoterma de 15°C se presenta con una distribución y profundidades casi normales para la época, con profundidades entre 10 y 20 m en el sector costero y de 60 a 70 m en el oceánico. Valores menos profundos que los promedios se encuentran en el sector costero entre los 20 y 21°S.

La isoterma de 15°C se ubica en esta zona, generalmente en la base de la termoclina (Enfield, 1980; Blanco y Díaz 1985), por lo que su batimetría es un buen índice de la profundidad de la termoclina durante los períodos normales. En períodos de El Niño, esta isoterma se profundiza considerablemente producto del paso de ondas planetarias, quedando muy por debajo de la termoclina, sin embargo este indicador permite en ese caso, estimar el grado de normalidad de la columna de agua y de la intensidad de los procesos de surgencia. En particular, desde el punto de vista térmico, las anomalías positivas registradas desde mayo de 1997, producto del fenómeno de El Niño, tienden a desaparecer en mayo de 1998.

El gradiente costero, las anomalías negativas de temperatura y el ascenso de la isoterma de 15°C muestran durante el crucero de invierno un intenso proceso de surgencia, situación que no es común durante esta época del año, ya que los vientos favorables para la surgencia son mínimos. De igual modo en primavera se observó en el sector costero entre los 20 y 21°S un intenso proceso de surgencia, si bien existe surgencia en toda la zona costera, esta es más relevante en el sector mencionado.

1.5 Distribución vertical de temperatura

La distribución de temperatura entre la superficie y los 400 m de profundidad (**Figs. 7 a 11**), muestra durante el período de verano una capa de mezcla de aproximadamente 20 m de espesor en el sector oceánico. Debido a la alta temperatura registrada en superficie, se



observa una profundización de las isotermas y una termoclina con casi 80 m de espesor y un gradiente de 1 a 2°C /10 m. En el sector costero, en los primeros 50 m se aprecia un débil ascenso de las isotermas, por debajo de los 50 m se evidencia un hundimiento, que es mayor en las transectas 1 y 2 (sector sur del área de estudio). Bajo los 100 m de profundidad las isotermas se distribuyen en forma casi normal.

En otoño, la capa de mezcla presenta su máximo espesor en la transecta 4 (**Fig. 8**) y alcanza hasta los 40 m; en las transectas 1, 2 y 5 el espesor es de casi 20 m y en la transecta 3 no se observa capa de mezcla. La termoclina se presenta en forma intensa para toda el área con un grosor entre 30 y 40 m, con un gradiente promedio de 1,5°C/10 m. Bajo los 100 metros de profundidad, las isotermas se profundizan hacia la costa, disminuyendo la profundización de sur a norte. El ascenso de las isotermas en el sector costero es débil, subiendo en los primeros 50 m y en pocas millas desde la costa.

En invierno, en toda la columna las isotermas ascienden desde el sector oceánico hacia el costero. La capa de mezcla aumenta de sur a norte, con casi 80 m en la transecta 1 y 20-30 m en la transecta 5. La termoclina permanente se presenta bajo la capa de mezcla, con un grosor entre 20 y 30 m, con un gradiente aproximado para el periodo de 0,5 a 1°C/10 m.

En primavera la capa de mezcla disminuyó su espesor a 20 m como máximo en el área. La termoclina presenta un espesor de 40 a 70 m y un gradiente térmico entre 1,5 y 2°C/10 m.

La anomalía de temperatura en la columna de agua (**Fig. 12**) calculada sobre la base de los promedios de largo plazo de Blanco (1996) para la transecta 3 (21°S), presenta en verano anomalías positivas en los primeros 100 m de profundidad, alcanzando valores de 5°C a 20 m de profundidad. Bajo los 100 m de profundidad los valores oscilan en torno a 0°C.



En otoño la columna tiende a normalizarse, presentando anomalías positivas superiores a 1°C en los primeros 20 a 30 m. Bajo este nivel las anomalías se encuentran cercanas al promedio de largo plazo.

En agosto se mantiene esta normalización, apareciendo anomalías negativas en los primeros 20 m de profundidad en todo el sector costero y bajo los 150 m de profundidad. Una pequeña anomalía positiva entre los 20 y los 150 m se registró en el sector oceánico, producido por una profundización de las isotermas. Situación que se repite en primavera, sólo que los valores positivos son un poco más superficiales y disminuyen en su espesor.

1.6 Salinidad superficial

Los valores de salinidad superficial (**Fig. 13**), al igual que la distribución de temperatura, aumentan sus valores de sur a norte y desde la costa hacia el sector oceánico, con la excepción de algunos núcleos de baja o alta salinidad.

Durante el crucero de verano los valores registrados fluctuaron entre 35,01 y 35,78 psu. Los mínimos valores (< 35,2 psu) se observan en pequeños focos pegados a la costa, frente a Pisagua, Punta Lobos y otro entre Mejillones y Antofagasta. Los máximos valores (> 35,5 psu) se encuentran por fuera de las 40 mn en toda la zona.

En otoño la salinidad superficial presenta valores entre 34,72 y 35,67 psu. Los mínimos valores (< 35,0 psu) se observan en una franja pegada a la costa entre Arica y Punta Lobos, hacia el sur ésta se encuentra hasta las 20 mn y frente a Antofagasta alcanza hasta las 80 mn. Los máximos valores (> 35,5 psu) se observan por fuera de las 80 mn entre Pisagua y Punta Lobos. Los máximos valores alcanzan hasta 0,4 psu más que las registradas en igual período de 1997.



En invierno los valores fluctuaron entre 34,5 y 35,28 psu. Los mínimos valores ($< 34,8$ psu) se observan en una franja pegada a la costa entre Arica y Punta Lobos, hacia el sur ésta se encuentra hasta las 20 mn y frente a Antofagasta alcanza hasta las 80 mn. Los máximos valores ($> 35,2$ psu) se observan por fuera de las 80 mn entre Arica y Pisagua.

En primavera, la salinidad registrada se presentó entre 34,46 y 35,33 psu. Las isohalinas se distribuyen en forma similar a las isotermas. Los valores aumentan de costa a océano y disminuyen de norte a sur. Los mínimos valores ($< 34,8$ psu) se observan en una franja cercana la costa entre Arica y Tocopilla, hacia el sur ésta se extiende hacia al área oceánica. Los máximos valores ($> 35,2$ psu) se observan por fuera de las 80 mn entre Arica y Pisagua.

1.7 Anomalía de salinidad superficial

La anomalía de salinidad (**Fig. 14**), respecto de los promedios mensuales de largo plazo de Blanco (1996), presentó durante el crucero de verano valores superiores a 0,3 psu en casi toda el área, alcanzando valores mayores de 0,5 psu por fuera de las 70 mn frente a Antofagasta.

En mayo la anomalía de salinidad es en promedio de 0,2 psu, alcanzando valores mayores de 0,4 psu frente Pisagua en un núcleo a 20 mn y por fuera de las 70 mn.

En agosto la anomalía de salinidad es en promedio de $-0,05$ psu, alcanzando valores mayores de 0,1 psu frente a Arica por fuera de las 40 mn. Valores negativos se observan a lo largo de toda la costa entre las 5 y 20 mn.

En diciembre la anomalía de salinidad es en promedio de $-0,12$ psu, con valores mayores a 0,1 psu entre Arica y Pisagua por fuera de las 80 mn. Valores negativos se observan en gran parte del área, con mínimos entre Pisagua y Punta Lobos entre la costa y las 80 mn.



1.8 Distribución vertical de salinidad

La distribución vertical de salinidad (**Figs. 15 a 19**) presenta en verano altos valores en la capa superficial que dan origen a una pronunciada haloclina que se ubica entre los 20 y los 90 m de profundidad. Centrado en los 100 m se encuentra el mínimo subsuperficial de salinidad, con valores que aumentan de sur a norte. Centrado en los 200 m se observa el máximo correspondiente a aguas de origen ecuatorial, con un espesor entre 100 y 150 m. Bajo el máximo subsuperficial los valores disminuyen hasta menos de 34,6 psu a 400 m.

En otoño aún se observan valores mayores de 35,2 psu, en el sector oceánico y en los primeros metros de la columna de agua en las transectas 4, 3 y 2. Bajo el máximo salino y centrado en los 100 m de profundidad en las transectas 5 y 4 y a 80 m en las transectas de más al sur, se ubica un mínimo subsuperficial, con valores de 34,5 a 34,7 psu en el extremo sur y de 34,8 psu en el extremo norte del área. Entre el máximo superficial y el mínimo subsuperficial se produce una intensa haloclina entre las transectas 2 a 4. El máximo subsuperficial, de un espesor promedio de 200 a 300 metros, tiene valores mayores a 34,8 psu en el área sur y mayores a 34,9 psu en el norte. Bajo el máximo subsuperficial, la salinidad disminuye a valores entre 34,7 y 34,6 psu a 400 metros de profundidad.

En invierno, el máximo superficial alcanza hasta casi 40 m de profundidad, generando una haloclina muy significativa para esta época del año. El mínimo de salinidad subsuperficial ubicado entre 80 y 120 m, alcanza el valor de 34,4 psu en el sector sur, aumentando a más de 34,8 psu en el norte, siendo muy débil entre las 20 millas y la costa. Centrado en los 200 metros se encuentra el máximo subsuperficial, con un valor promedio para el área de 34,8 psu. Bajo los 300 m los valores disminuyen hasta alcanzar a la profundidad de 400 m valores menores de 34,6 psu.

En primavera, el máximo superficial tiene un espesor de pocos metros en el sector sur y del orden de 40 en el sector norte. La haloclina es débil y se manifiesta más intensa entre las



transectas 1 y 2. El mínimo subsuperficial presenta valores menores de 34,5 psu en el sector sur y menores de 34,7 psu en el sector norte, con un espesor de más de 50 m en casi toda el área y en la transecta 1 se le encuentra desde la superficie. Bajo los 120 m se presenta el máximo subsuperficial que se centra en los 200 m y que alcanza hasta los 400 m, con valores superiores a 34,8 psu en las transectas 2 a 5 y superiores a 34,7 psu en la transecta 1. A 400 m de profundidad se localiza un mínimo de 34,6 a 35,7 psu.

La anomalía de la salinidad (**Fig. 20**) en la transecta 3 (21°S) calculada respecto de los promedios de largo plazo de Blanco (1996), durante el verano, muestra entre la superficie y los 70 m de profundidad, valores positivos, que alcanzan a más de 0,5 psu en los primeros 20 m por fuera de las 50 mn. Bajo los 70 m los valores son negativos, con un mínimo de -0,2 psu a 100 m en el sector oceánico.

En mayo, se detecta en la capa superficial (0-30 m) una anomalía positiva mayor de 0,1 psu por fuera de las 20 mn. Bajo los 30 m la anomalía es negativa con un mínimo de -0,2 psu centrado a 80 m en el sector costero.

En agosto, la anomalía de salinidad vertical presenta valores negativos prácticamente en toda la columna, llegando a -0,2 psu en superficie en el sector costero y en un núcleo centrado a 90 m entre las 30 y las 80 mn.

En diciembre la anomalía de salinidad vertical disminuye, encontrándose toda la columna con valores negativos, alcanzando hasta -0,3 psu en un núcleo centrado a 100 m de profundidad y otro cercano a la superficie en el sector costero.

En general, las anomalías tanto positivas como negativas que se encuentran en la capa superficial son producidas por la mayor o menor presencia de agua Subtropical. Las anomalías negativas que se ubican centradas entre los 90 y los 100 m de profundidad, serían generadas



por la profundización del mínimo subsuperficial de salinidad, correspondiente al agua Subantártica.

1.9 Densidad superficial

Durante el período de estudio, la densidad superficial, en valores de sigma-t (**Fig. 21**), disminuye de norte a sur y del sector oceánico hacia la costa, con una distribución de las isopicnas similar a la presentada por las isotermas.

En verano la densidad presenta valores entre 23,5 y 24,73 kg/m³. A pesar de que existe una gran diferencia de densidad entre las aguas costeras y las oceánicas, el gradiente costero es débil debido a que se ubica en una gran extensión.

En otoño los valores de sigma-t se encuentran entre 24,78 y 25,44 kg/m³. El gradiente costero se presentó débil, con valores de 0,3 kg/m³/20 mn.

En invierno los valores de sigma-t superficial fluctúan entre 25,38 y 25,95 Kg/m³. El gradiente costero es comparable con el observado en otoño, situación que es un tanto anómala ya que normalmente en esta época del año las aguas son muy homogéneas.

En primavera los valores estuvieron entre 24,15 y 25,61 Kg/m³. El gradiente costero es significativo y es del orden 0,6 Kg/m³/20 mn.

En general, los valores medidos en el crucero de verano se presentan significativamente más bajos que los medidos en igual época en el área, producto de los altos valores de temperatura.

1.10 Distribución vertical de densidad

Al igual que en la distribución superficial de densidad, las isopicnas en la columna de agua siguen patrones similares a los observados en la distribución de las isotermas (**Figs. 22 a 26**).



En verano la pycnoclina se ubica entre 30 y 100 m de profundidad como promedio, con un gradiente mayor de $0,4 \text{ kg/m}^3/10 \text{ m}$. Las isopícnas presentan una débil inclinación hacia la costa en toda la columna de agua.

En otoño la pycnoclina disminuye notoriamente su gradiente ($0,2 \text{ kg/m}^3/10 \text{ m}$), manteniéndose su extensión. Las isopícnas presentan un ascenso en el sector costero desde los 40 m como promedio. Bajo los 100 m las isopícnas presentan un hundimiento desde el área oceánica hacia la costa en las transectas 1 a 3.

En invierno la pycnoclina es más débil y se ubica entre 60 y 100 m con un gradiente menor de $0,1 \text{ kg/m}^3/10 \text{ m}$, se observa un ascenso en el sector costero desde el nivel de 120 m.

En primavera la pycnoclina aumenta su espesor de sur a norte, ubicándose entre superficie y los 70 m en toda la zona, el sector sur presenta un gradiente de $0,2 \text{ kg/m}^3/10 \text{ m}$ y el área norte un gradiente mayor de $0,3 \text{ kg/m}^3/10 \text{ m}$.

1.11 Oxígeno superficial

La concentración de oxígeno disuelto superficial (**Fig. 27**), presenta valores muy homogéneos durante los cuatro cruceros.

En verano los valores se encontraron entre 4,17 y 5,78 ml/L, con una media de 5,1 ml/L. Valores superiores a 5,5 ml/L se observan entre Arica y Pisagua y desde Punta Lobos al sur. Prácticamente toda el agua oceánica presenta valores menores de 5 ml/L y la costera levemente superiores.

En el crucero de otoño, el oxígeno presentó valores entre 4,3 y 6,05 ml/L, con una media de 5,2 ml/L. Solo difieren un núcleo con valores menores de 5 ml/L que se ubica en sector



costero entre Pisagua e Iquique y dos sectores con valores superiores a 6 ml/L, los que se observan frente a Arica y frente a Punta Lobos.

En invierno los valores observados se encuentran entre 3,2 y 8,6 ml/L, con un valor promedio de 5,6 ml/L. Difieren de la media un núcleo con valores mayores de 6 ml/L que se ubica a 10 mn frente a Pisagua, correspondiente a un área donde se observó un gran bloom fitoplanctónico.

Valores menores de 5 ml/L se encuentran en el sector costero desde Iquique al sur, con lo que quedaría confirmado que el agua que participa en el proceso de surgencia es de origen Ecuatorial Subsuperficial.

Para primavera se presentaron valores entre 4 y 7,3 ml/L, con una media de 5,6 ml/L. Un núcleo con valores menores de 5 ml/L se ubica en el sector costero entre Punta Lobos y Tocopilla. Valores superiores a 6 ml/L se registran entre Arica e Iquique. Toda la zona oceánica presenta valores mayores de 5 ml/L.

1.12 Distribución vertical de oxígeno

La concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua (**Figs. 28 a 32**) presenta una fuerte disminución en los primeros 100 metros (oxiclina) y una capa de más de 300 metros de espesor con valores inferiores a 1 ml/L, los valores aumentan levemente bajo los 400 m. El límite superior del mínimo de oxígeno (<1 ml/L), correspondiente al agua Ecuatorial Subsuperficial, presenta algunas variaciones estacionales. La ubicación promedio del límite superior aumenta de norte a sur y es de 120 a 150 m en verano, 80 a 110 m en otoño, 100 m en invierno y 70 a 100 m en primavera. El límite inferior no fue posible determinarlo ya que este se encuentra bajo el último nivel de muestreo.

1.13 Masas de agua

En el área se identifican cuatro masas de agua (**Fig. 33**). 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; Blanco, 1991; Kelly *et al*, 1988; Castillo *et al*, 1992).

Las formas de las curvas t-s revelan, para cada período, cambios en la composición relativa de las masas de agua tanto en la dirección este-oeste como norte-sur. Las diferencias en los diagramas son más notables al comparar entre sí los períodos de estudio. Las mayores variaciones en la composición relativa de estas masas de agua ocurren fundamentalmente en las capas superficiales, correspondientes 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.

Durante el verano, el AST cubre la totalidad del área, con un espesor de 30 a 40 m, con salinidades y temperaturas superiores a 35,1 psu y 23°C, respectivamente; alcanzando los valores máximos de 35,7 psu en salinidad y 26°C en temperatura. El ASAA se ubica entre los 80 y 120 m de profundidad, con salinidades de 34,6 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 250 m en el sector norte y de 200 en el sur y su núcleo se encuentra centrado a aproximadamente 200 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.

En el período de otoño, el AST se encuentra presente en casi todo el sector oceánico, con valores entre 19 y 21°C en temperatura y 35,1 a 35,6 en salinidad. El ASAA tiene una mayor participación en el sector oceánico que el costero. En el extremo sur presenta valores de 34,6 psu en salinidad y de 13°C en temperatura. Hacia el extremo norte del área la presencia de ASAA se debilita, encontrándose desde la transecta 3 hacia el norte mezclada



con AST y AESS, identificándose aun como un mínimo subsuperficial. El AESS presenta en su núcleo valores de salinidad entre 34,8 y 34,9 psu en salinidad y de 13°C en temperatura para el extremo norte del área, los que varían hacia el sur a 34,8 psu y a 12,5°C. Su núcleo se centra en los 200 metros de profundidad y su influencia es hasta casi los 400 metros. El AIAA se manifiesta bajo los 400 metros de profundidad, correspondiendo al límite superior de esta masa de agua los valores ya encontrados en los otros períodos, inferiores a 9°C y 34,6 psu en temperatura y salinidad.

En invierno el AST aparece en el área norte con valores de salinidad superiores a 35,1 psu y temperaturas de 17°C. El ASAA al igual que durante el otoño, tuvo mayor presencia en el área oceánica que en la costera, con salinidades de 34,4 a 34,7 psu y temperaturas de 12 a 15°C, disminuyendo en general su participación hacia el norte. El AESS disminuyó su participación hacia el sur y hacia el sector oceánico, con valores característicos en su núcleo de 34,8 a 34,9 psu en salinidad y 12 a 13 °C en temperatura. Bajo los 400 metros se presenta el límite superior del AIAA con valores inferiores a 34,6 psu y 8°C en salinidad y temperatura, respectivamente, con una ligera diferencia en salinidad entre el área norte y sur en el sector oceánico.

Durante la primavera el AST mantiene altos valores de salinidad en el sector oceánico entre Arica e Iquique, en el resto del área se le encuentra con sus valores característicos para la época. El ASAA se presenta en toda la zona, con salinidades de 34,4 a 34,8 y temperaturas de 13 a 15°C, disminuyendo su participación hacia el norte y hacia la costa. El AESS se encuentra con valores típicos en su núcleo, los que aumentan de sur a norte de 34,8 a 34,9 en salinidad y de 11 a 14°C en temperatura. Bajo los 400 m se presenta el límite superior del AIAA con valores inferiores a 34,6 en salinidad y 9°C en temperatura, siendo muy homogénea a lo largo de toda el área.

1.14 Circulación

La circulación 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 (**Fig. 34**) y a 200 db (**Fig. 35**) se puede observar que en general, durante los cuatro cruceros, la tendencia del flujo es paralelo a la costa y hacia el norte. No es muy claro el flujo hacia el sur, especialmente durante los cruceros de verano y de invierno.

En mayo, se observa claramente un giro anticiclónico de gran magnitud que se ubica en el sector norte y un giro ciclónico entre Punta Lobos y Tocopilla. Un giro anticiclónico produce una elevación del nivel del mar y por lo tanto un hundimiento de las isotermas, esto es corroborado con la profundidad de la isoterma de 15°C (**Fig. 5**) la que se encuentra a más de 50 m que lo normal. Al contrario un giro ciclónico genera una depresión del nivel del mar y por lo tanto un ascenso de las isotermas, situación que también es evidente en la topografía de la isoterma de 15°C.

En el nivel de 200 m (**Fig. 36**), la anomalía geopotencial referida a 500 db, muestra en verano e invierno, un flujo débil hacia el norte, contrario al patrón normal de circulación.

Considerando la situación anómala ocurrida durante 1997 y 1998 (Braun *et. al.* 1998) durante el desarrollo de El Niño, donde el flujo fue predominantemente hacia el sur; los flujos observados durante el verano y el invierno de 1998 son una respuesta del océano para reestablecer las condiciones normales, haciendo que el flujo sea más intenso y predominantemente hacia el norte, transportando aguas frías y menos salinas.

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.

1.15 Temperatura superficial del mar - imágenes de satélite

Las imágenes semanales de temperatura superficial del mar de enero a diciembre de 1998 (**Figs. 37 a 39**) muestran un pequeño aumento de la temperatura durante enero para alcanzar el máximo en la primera y segunda semana de febrero. A partir de esa fecha comienzan a decrecer los valores hasta la primera semana de septiembre, período en el cual se registran los mínimos valores. Posteriormente se observa un aumento, alcanzando temperaturas de 20°C la última semana de diciembre.

El sector costero presenta gran variabilidad tanto en la extensión que cubren las aguas más frías que surgen pegado a la costa como en los valores de ellas. Esta franja de aguas frías responde a pulsos de viento, los que durante el período de estudio han sido relativamente débiles al norte de Antofagasta, especialmente en la cercanía de Arica.

El gradiente costero producido por el ascenso de aguas más frías se presenta anómalamente débil durante los meses de enero y febrero, aumentando en marzo para alcanzar el mayor gradiente entre la primera y segunda semana de mayo, a partir de esa fecha el gradiente decrece, alcanzando el mínimo en agosto; aumentando levemente en septiembre para llegar a un máximo en diciembre.

Los principales centros de surgencia y que permanecen activos durante casi todo el año, se ubican en el sector de la península de Mejillones, Tocopilla, Punta Lobos, Punta Patache y de Punta Baquedano a Pisagua.

La metodología empleada para obtener imágenes semanales y con ello los promedios mensuales (**Fig. 40**) permite obtener una visión general de la variación anual tanto de los valores



de la temperatura como de los gradientes costeros y su extensión, y constituye una excelente herramienta para el seguimiento de las condiciones superficiales como complemento a los cruceros estacionales.

1.16 Comentario General

Información de carácter global, señala la tendencia general desde fines de 1995 hacia un evento frío, que se mantuvo hasta abril de 1997, fecha en la cual se comenzaron a observar anomalías positivas de la TSM en la zona ecuatorial. Las anomalías se incrementaron rápidamente hasta el mes de junio 97, disminuyendo ligeramente en julio y agosto, para reactivarse nuevamente en septiembre. En diciembre de 1997 los índices oceánicos y atmosféricos continuaron presentándose con anomalías de gran magnitud, alcanzando su máximo durante el mes de febrero de 1998. A partir de marzo de 1998 las anomalías comienzan a disminuir y en mayo de 1998 se observaron en la zona ecuatorial anomalías negativas de la temperatura propias de un episodio frío (La Niña). En diciembre de 1998 continúan presentándose anomalías negativas en la zona ecuatorial.

Los modelos acoplados y estadísticos (BAC 87 a 99) sugieren el máximo desarrollo de la fase fría del evento ENSO en la zona ecuatorial para los primeros meses de 1999, por lo que se espera que durante los próximos meses las condiciones de La Niña, proyecten sus anomalías hacia la costa sudamericana.

Lo anterior, complementado con la información obtenida durante los cruceros, nos permite confirmar que la situación frente a nuestra costa norte, se encuentra en una fase de normalización y de cambio hacia condiciones relativamente frías, sin embargo 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 Distribución de la clorofila a y los feopigmentos

Durante el primer crucero realizado en el período febrero/marzo de 1998, se constató que en el plano superficial la clorofila a (cloa) no formó ningún patrón de distribución debido a que la concentración de este pigmento no superó los 0,2 $\mu\text{g/L}$ (**Fig. 41**), niveles considerados como extremos en cualquier ambiente, incluso el oligotrófico. Con la sola excepción de las cercanías de Antofagasta donde se midió valores inferiores a 1 $\mu\text{g/L}$, a 1 mn de distancia de la costa.

En el mes de mayo de 1998, la cloa tendió a aumentar levemente en las cercanías de la zona costera especialmente entre Arica y Pisagua, donde la cloa llegó a valores entre 0,2 a 0,8 $\mu\text{g/L}$ (**Fig. 41**), estos valores se mantienen básicamente iguales respecto a los medidos durante el primer crucero.

En agosto y diciembre, la cloa aumentó significativamente con valores que llegaron a ser cercanos a 10 $\mu\text{g/L}$ en Pisagua y al sur de Tocopilla (**Fig. 41**). En la transecta ubicada al sur de Tocopilla los valores de concentración de cloa superiores a 1 $\mu\text{g/L}$ llegaron hasta las 20 mn. En la transecta ubicada en Pisagua se observaron altas concentraciones de cloa en la zona oceánica, con valores mayores de 3 $\mu\text{g/L}$ a 40 mn de la costa. En ambos casos fue posible observar la formación de frentes costeros termohalinos significativos, que permitieron la acumulación de materia orgánica particulada en cantidades muy superiores a las de la zona costera. Otro efecto característico de este aumento en la biomasa fitoplanctónica es el desplazamiento de la isolínea de 0,2 $\mu\text{g/L}$, que durante los primeros cruceros era costera, hacia la zona oceánica.

Al contrario de agosto, durante diciembre (**Fig. 41**) los niveles de cloa disminuyeron significativamente, llegaron a ser cercanos a 3 $\mu\text{g/L}$ solamente en la zona costera de las



transectas ubicadas en Arica y Punta Lobos. En Pisagua es posible observar la presencia de una masa de agua oligotrófica, asociada a una lengua de agua más cálida y salina que penetró desde el norte, afectando a toda el área de estudio con valores de cloa típicos de aguas poco productivas.

Respecto de los productos de degradación de la cloa o feopigmentos (feop) en la zona y para todo el período estudiado (**Fig. 42**), es posible observar que en los meses de marzo y mayo de 1998, estos son más altos que la cloa, especialmente en las transectas ubicadas entre Pisagua y Punta Lobos, con valores en el rango 0,2 a 0,8 $\mu\text{g/L}$. No obstante, en marzo su distribución espacial estuvo más restringida a la zona costera con respecto a mayo. Posteriormente durante agosto la concentración de feop disminuyó significativamente respecto de la concentración de cloa, al contrario de marzo y mayo, con valores que no sobrepasaron los 3 $\mu\text{g/L}$ en las mismas zonas donde se describió las mayores concentraciones de cloa. En diciembre este pigmento disminuyó a valores inferiores de 0,6 $\mu\text{g/L}$, siendo muy inferiores a los de la cloa. Situación diferente a la observada para los dos primeros cruces realizados.

Con la finalidad de cuantificar la concentración total de los pigmentos vegetales y discriminar si los algoritmos de cálculo de cloa eran afectados por la presencia de pigmentos distintos a la cloa (i.e. clo b, c u otros) en la matriz a analizar, se cuantificó la clorofila total (clot). Los resultados indicaron que durante los meses de marzo y mayo (**Fig. 43**) la distribución de ésta era diferente a la de la cloa y más parecida a los de los feop, lo que indica que existen otras especies fotosintéticas que no son detectables por el método fluorimétrico estándar. La situación es diametralmente opuesta en los meses de agosto y diciembre, debido a que tanto la distribución como las magnitudes de esta especie son iguales a la descrita para la cloa. Por la importancia de la situación anteriormente descrita se realizará posteriormente un análisis detallado.

La cloa integrada en marzo de 1998 presentó un patrón de distribución espacial semejante a la cloa superficial, indicando un régimen marcadamente oligotrófico en toda la zona, con valores apenas por sobre los 10 mg/m^2 , entre Arica y Tocopilla (**Fig. 44**), para aumentar levemente a



cerca de 40 mg/m^2 en la transecta realizada en las cercanías de Antofagasta. En mayo esta distribución cambió con los valores más altos en la transecta ubicada en Arica, los que llegaron a los 100 mg/m^2 , en el resto del área muestreada no se calculó valores superiores a los 10 mg/m^2 . En el período correspondiente a agosto es posible observar que, al igual que con la cloa superficial, la cloa integrada aumentó en forma significativa, con valores cercanos a los 250 mg/m^2 en los núcleos de alta concentración ubicados al sur de Tocopilla. Al oeste de Pisagua se observa un segundo núcleo pero sin la magnitud del observado en la transecta 2. Durante diciembre, la cloa integrada disminuyó a valores inferiores a 100 mg/m^2 en toda la zona, con la sola excepción de Arica en la que es posible observar valores superiores a 100 mg/m^2 a distancias entre las 10 y 20 mn. El segundo foco de importancia respecto del mismo período se observó en Punta Lobos llegando a 80 mg/m^2 ; en el resto del área los valores son típicos de sistemas poco productivos.

Respecto de los productos de degradación o feop integrados (**Fig. 45**), en marzo presentaron concentraciones superiores a los de la cloa integrada, con valores superiores a 30 y alcanzando excepcionalmente los 60 mg/m^2 , sin que se observe una asociación entre estos y la cloa, lo mismo se observó para el mes de mayo, incluso con un aumento leve de la magnitud de esta variable. En estos períodos muestreados no existe una asociación entre las magnitudes ni en la distribución espacial de éstos con la cloa, lo que permite reforzar el argumento que existe una desviación en el cálculo de biomasa debido a la presencia de pigmentos distintos a la cloa.

En agosto y diciembre (**Fig. 45**) se observó el aumento de los feop integrados, pero sin que este sea del tipo explosivo como el observado para la cloa, este panorama es el esperado para la zona en condiciones de normalidad de la estructura biológica de la columna de agua. Con las mayores agregaciones (i.e. 90 mg/m^2) en los mismos núcleos de alta concentración de cloa. En diciembre se observó un desplazamiento de este máximo hacia la zona oceánica en la transecta 2 y 4, lo que podría estar asociado a la situación ya descrita para marzo y mayo.



La clo total integrada (**Fig. 46**) presentó un patrón intermedio entre los feop y la cloa integrada, con valores que oscilaron entre 20 y 30 mg/m² para los meses de marzo y mayo y cercanos a 80 mg/m² en el mes de diciembre. Para el mes de agosto por un problema analítico no fue posible integrar este valor en la columna. Los valores antes mencionados son parecidos a los obtenidos para aguas de poca y mediana productividad, apreciándose un aumento moderado en ésta variable en el mes de diciembre.

2.2 Distribución vertical de los pigmentos fotosintéticos y productos de degradación

La cloa en la transecta 1 (**Lat** 23°40`S) ubicada en las cercanías de Antofagasta, indica para el mes de marzo (**Fig. 47**) que aunque no se observó valores significativos de cloa en la superficie, si se formó un núcleo de cloa mayor de 1 µg/L a 25 m de profundidad y a 40 mn de distancia de la costa, pero como un proceso aislado dentro de toda la transecta. En el mes de mayo se midió valores inferiores a 0,2 µg/L de cloa, y solamente en las cercanías de la zona costera. Durante agosto la biomasa de fitoplancton aumentó en forma significativa respecto de los meses anteriores llegando a ser de hasta 2 µg/L, a profundidades no mayores de 10 m. En diciembre la cloa se mantuvo prácticamente constante en magnitud con una distribución espacial semejante a la del mes de agosto.

En la transecta 2 (**Lat.** 22°20`S, **Fig. 48**), la situación en los dos primeros cruceros es semejante a la de la transecta 1, con valores muy bajos de cloa en las inmediaciones de la zona costera (i.e 10 mn). Sin embargo, para el crucero de agosto la magnitud de la cloa aumentó significativamente a valores de 10 µg/L en la superficie, lo que indicó un aumento en un orden de magnitud (i.e. 10 veces) de la concentración de los meses anteriores. Al mismo tiempo, la distribución espacial del máximo de cloa, con valores de 2 a 3 µg/L, se mantuvo a 10 mn de la costa, pero se profundizó significativamente llegando a los 25 m. Posteriormente, en el mes de diciembre la magnitud de la cloa disminuyó significativamente,



casi 5 veces la de agosto, concentrándose esta biomasa principalmente en la superficie y los 10 m de profundidad.

En las transectas 3 (**Lat. 21°00`S, Fig. 49**), 4 (**Lat. 19°40`S, Fig. 50**) y 5 (**Lat 18° 25'S, Fig. 51**) los valores de concentración de cloa en el rango 0,02 a 0,04 $\mu\text{g/L}$ en el mes de marzo, indicarían que el sistema esta bajo un régimen ultraoligotrófico, pero como se verá cuando se analice la información de feop y clot, estos no pueden ser considerados reales sino como un artefacto analítico.

En el mes de mayo en las transectas 3 y 4 (**Figs. 49 y 50**) en el sistema pelágico se observó un incremento en la biomasa de cloa, pero en forma leve y no significativa para el balance del ecosistema, con valores en el rango 0,2 a 0,4 $\mu\text{g/L}$. Contrariamente a las transectas 1 a la 4, en la transecta 5 (**Fig. 51**) la cloa aumentó en forma significativa a valores mayores de 5 $\mu\text{g/L}$, incrementando en casi 50 veces la concentración respecto de las otras transectas, siendo el núcleo de más alta concentración el cercano a la costa (i.e 1 mn), con un gradiente intenso de concentración entre las 5 y 10 mn, producto de la alta estratificación termohalina vertical observada en la zona.

En el mes de agosto en todas las transectas se observó el aumento significativo de la cloa, en núcleos que estuvieron en la cercanía de la zona costera. En la transecta 3, la cloa se distribuyó entre la costa y las 20 mn (**Fig. 49**) y entre la superficie y los 25 m de profundidad, con valores en el rango 1 y 2 $\mu\text{g/L}$. Valores típicos de sistemas poco productivos (i.e.<0,2 $\mu\text{g/L}$) dominan el sistema desde las 20 mn hacia el océano. Durante diciembre la cloa aumentó a valores cercanos a los 5 $\mu\text{g/L}$.

En las transectas 4 y 5 (**Figs. 50 y 51**) la cloa aumentó también en forma significativa en el mes de agosto llegando a valores superiores a 6 $\mu\text{g/L}$ entre la costa y las 10 mn, formando un núcleo que se distribuyó en forma homogénea entre la superficie y aproximadamente los 25 de profundidad, en esta profundidad se observó la influencia de la isolínea de 1 $\mu\text{g/L}$.



En el mes de diciembre en la transecta 4 (**Fig. 50**), la cloa disminuyó drásticamente, valores de $1 \mu\text{g/L}$ se observaron solamente a una mn de distancia de la costa. Más allá de esta distancia la concentración de cloa no presentó valores significativos, disminuyendo a inferiores de $0,2 \mu\text{g/L}$. En la transecta 5 (**Fig. 51**) la cloa aumentó en forma significativa, tanto en magnitud como en distribución espacial, llegando a ser de $10 \mu\text{g/L}$ en el núcleo y formando un gradiente que llegó hasta las 20 mn de distancia de la costa y hasta los 25 m de profundidad, con valores de concentración de $2 \mu\text{g/L}$.

Los feopigmentos (feop), muestran que durante el período de marzo y mayo los valores se encuentran en el rango $0,2$ a $0,4 \mu\text{g/L}$ (**Figs. 52 a la 56**), niveles de concentración esperados para sistemas oligotróficos, y que están en concordancia con lo observado a escala global y de largo plazo para al costa del Atlántico y del Pacífico del hemisferio norte (O'Reilly & Zetlin, 1998). Esta situación es observada además en los diagramas de la clorofila total (clot) (**Figs. 57 a la 61**), por lo que ésto refuerza el antecedente que valores entre $0,02$ y $0,04 \mu\text{g/L}$ de cloa en el sistema pelágico son producto de una desviación en la metodología de análisis y no corresponden a la realidad. Por lo que un valor promedio razonable de cloa aún en sistemas que podrían ser considerados muy oligotróficos esta en **ca.** $0,2 \mu\text{g/L}$ de cloa.

En general, ambos pigmentos siguen las misma tendencias cuando la biomasa del fitoplancton del área se recupera. En términos globales los feop vuelven a ser siempre inferiores en magnitud que la cloa y la clot es básicamente igual que la cloa, indicando que no existe otro tipo de pigmentos interfiriendo la cuantificación de cloa, al menos en lo que respecta a la metodología de análisis mediante fluorometría. Un análisis mas detallado de esta situación demuestra que al establecer las relaciones funcionales entre la cloa y la clot (**Fig. 62**) indica que la clot puede llegar a ser casi el doble de la cloa especialmente en el mes de mayo, en el período febrero marzo, si bien es cierto se observó que la relación entre cloa y clot era practicamente 1:1, en el rango menor de $0,5 \mu\text{g/L}$ esta linealidad se rompe.



Para los meses de agosto y diciembre, la pendiente indica que ambos pigmentos están en equilibrio, indicando el retorno a la normalidad del sistema.

2.3 Relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y el ambiente físico

Las relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y el ambiente permiten relacionar el impacto de las condiciones físicas sobre las magnitudes y la distribución espacio-temporal de la cloa en el ecosistema. Es así como la cloa superficial se relacionó significativamente, con un intervalo de confianza de 95%, con la temperatura en diciembre ($r^2= 0,6937$, $n=33$) (**Fig. 63**), al contrario de lo esperado para el mes de agosto ($r^2= 0,327$, $n=35$) en el que se esperaba una mayor asociación entre la cloa y la temperatura. Esto se debe a que en zonas de bajas temperaturas, por ejemplo 14°C , se presentaron valores bajos y altos de cloa, 2 y $14\ \mu\text{g/L}$, respectivamente. Esto está asociado con el tiempo de permanencia del afloramiento que permite el crecimiento de las microalgas y su agregación. Es habitual que en zonas en las que se observan condiciones adecuadas para los florecimientos fitoplanctónicos, se midan valores bajos de cloa, los índices de producción primaria sean elevados y este recién comenzando el crecimiento exponencial, para posteriormente agregarse en las inmediaciones de las zonas frontales. En un régimen de altas temperaturas, como el período febrero-marzo, no se observó un alto grado de funcionalidad, debido probablemente a que a temperaturas superiores a los 22°C y hasta los 27°C , la concentración de cloa se mantuvo estable en alrededor de $0,2\ \mu\text{g/L}$. Respecto de la asociación de la cloa con la salinidad (**Fig. 64**), se observó la misma situación que con la temperatura, observándose en los meses de febrero-marzo y agosto-septiembre las relaciones más bajas, a esta situación se le pueden atribuir las mismas características de la temperatura.

Los feopigmentos versus la temperatura presentaron (**Fig. 65**) la misma tendencia que la cloa, con el ajuste más significativo durante el mes de diciembre, respecto de la salinidad solamente se asoció funcionalmente con esta variable durante el mes de diciembre, en los



meses restantes no hubo ninguna asociación. La clot presentó la misma tendencia que las otras dos especies analizadas (**Fig. 66**).

En términos generales, es posible definir al menos tres situaciones diferentes respecto de la asociación de los pigmentos versus las variables ambientales; la primera situación dice relación a la presencia de masas de agua con temperaturas superiores a 22°C (**Fig. 67**) y mayores de 35,1 psu, presentaron distribuciones monotónicas en las concentraciones de pigmentos por lo que no se puede establecer ninguna relación entre éstas y las variables ambientales. La segunda dice relación con que no siempre bajas temperaturas (i.e. < 16°C) y bajas salinidades (<34,8 psu) son indicativas de zonas de alta concentración, debido al tiempo que le toma a una masa de agua recién aflorada en acomodarse química y biológicamente para que el fitoplancton pueda prosperar y la tercera situación dice relación con masas de agua que están en pleno apogeo del crecimiento fitoplanctónico y se asocian significativamente con las variables físicas del ecosistema.

2.4 Relación de la biomasa pigmentaria y la profundidad del disco Secchi o visibilidad de la columna de agua.

La medición de la visibilidad de la columna de agua utilizando un disco Secchi es una variable utilizada en oceanografía para medir la visibilidad de la columna de agua e inferir indirectamente la presencia de material particulado en suspensión, habitualmente se la ha relacionado también con la concentración de los pigmentos fitoplanctónicos, lo que resulta en una relación funcional significativa entre esta medición y la concentración de cloa superficial en la columna, tanto en forma estacional como en el largo plazo, por ejemplo variaciones decadales (Borkman & Smayda, 1998). Como puede ser observado por los resultados obtenidos en este estudio, la cloa y la clo total superficiales se asocian significativamente con la profundidad del disco Secchi (**Fig. 68**), tanto en regímenes de baja como de alta concentración de cloa. Esta funcionalidad tiende a ser más significativa cuando se la asocia con la clot superficial, debido a que ésta en condiciones oligotróficas



representa mejor a los niveles de biomasa fitoplanctónica. Respecto de la cloa y clot integrada el disco de Secchi no presentó relaciones significativas (**Fig. 69**), con la excepción del período agosto-septiembre en donde la mayor concentración de cloa se presentó entre la superficie y los 25 m. Esto indica que la cloa de toda la columna no está asociada con el disco Secchi sino que solamente la que está en los primeros metros de la columna de agua, por lo tanto, no es útil cuando existen máximos subsuperficiales profundos, como los que habitualmente se observan entre las 20 y 100 mn en condiciones normales de estructura biológica de la columna de agua.

En términos globales la biomasa fitoplanctónica se vio fuertemente afectada tanto en su distribución espacial como en las magnitudes, durante el apogeo del fenómeno de El Niño, con concentraciones de cloa típicas de sistemas oligotróficos en toda la zona incluyendo la costera. Aún en las condiciones de mayor impacto de El Niño, es posible observar algunos núcleos de alta concentración de cloa, estos lugares están asociados a la presencia de frentes costeros, los que estabilizan la columna de agua permitiendo que la picnoclina se sitúe más cerca de la superficie, lo que deja disponibles nutrientes inorgánicos en la zona eufótica (Hayward & Thomas, 1998. Thomas *et al.*, 1994)), estas mismas estructuras han sido observadas en la zona costera durante este proyecto, y de esta manera se explicaría por que es posible medir concentraciones relativamente altas de cloa (ca. 1 $\mu\text{g/L}$) aún en las condiciones más extremas de temperatura y salinidad en el medio circundante.

Al mismo tiempo la composición quimiotaxonómica del fitoplancton en aguas de alta temperatura y salinidad, es diferente a la esperada en condiciones normales con una composición mayoritaria de pigmentos tales como la clo b y c, lo que introduce errores en la determinación de la cloa (Trees *et al.*, 1985 y Welschmeyer, 1994). Como una alternativa se cuantificó la biomasa total de clorofila y se obtuvo un valor de concentración de pigmentos más cercano a lo esperado para la zona y para el ambiente oceánico en general.



Posteriormente con el debilitamiento de las condiciones oceanográficas la biomasa de cloa se recuperó significativamente, pasando de concentraciones inferiores a 1 µg/L a mayores de 10 µg/L, lo que significa que la biomasa se incremento en un orden de magnitud.

Objetivo 2.3

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 de las 207 muestras de zooplancton, colectadas durante los cruceros estacionales de monitoreo permitió determinar la presencia de 672.123 huevos y 186.150 larvas, de los cuales 432.346 huevos (64,3%) y 41.224 larvas (22,1%) fueron identificados a nivel específico (**Tablas 7 y 8**).

En verano de 1998, crucero MOBIO1-9803, no hubo registros positivos para huevos y larvas de jurel y larvas de sardina. En otoño de 1998, crucero MOBIO2-9805, se registra ausencia de estaciones positivas a huevos y larvas de jurel y caballa y en primavera crucero MOBIO4-9812 no hubo registros positivos para huevos y larvas de jurel.

3.1 Anchoveta, *Engraulis ringens*

En verano de 1998, crucero **MOBIO1-9803**, se identificaron 7 estaciones positivas para huevos (20%) y 17 para larvas (48,6%), con totales de 76.008 huevos y 4.709 larvas, lo que representó una dominancia numérica igual a 85,0% y 8,8% para cada una de las fases de



desarrollo respectivamente, lo que señala actividad reproductiva a lo largo de toda la extensión latitudinal de la zona explorada (**Tabla 9**).

La distribución geográfica de huevos señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Bahía Moreno y Arica, a excepción de la transecta realizada al oeste de Punta Copaca (22°20'S). Con respecto 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 (**Fig. 70a**).

La mayor densidad de huevos de anchoveta fue detectada en la estación de 1 mn frente a Bahía Moreno con 58.937 huevos/10 m², la cual importa el 65,8% al total de huevos censados durante la prospección.

La fase de larvas señala una mayor cobertura latitudinal y longitudinal, con una modalidad de desove costera, la cual no excede las 10 mn frente a Arica y Punta Junín. Desde Punta Lobos (21°00'S) hacia el extremo sur de la zona de estudio, es decir, Bahía Moreno (23°40'S), las larvas de anchoveta colonizan un área mayor, presentándose a 70, 40 y 20 mn en las transectas 1, 2 y 3 respectivamente (**Fig. 71a**).

El patrón de distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta obtenido durante la fase 1 del crucero **MOBIO2-9805** realizado en otoño de 1998, se ilustra en la **figura 72** y de ella podemos deducir que las larvas de esta especie y como suele acontecer presentan con respecto al estadio de huevos una mayor cobertura tanto latitudinal como longitudinal.

Durante esta fase del crucero se encontraron 6 estaciones positivas para huevos y 15 para larvas con totales de 962 huevos y 5.221 larvas/10 m².

Latitudinalmente los huevos de anchoveta se distribuyeron mayoritariamente entre Punta Gruesa y Caleta Chipana, de manera excepcional se registró una estación positiva a 10 mn al



oeste de Punta Hornos. Con respecto a sus abundancias las mayores densidades de huevos se asociaron a las estaciones localizadas en la franja de mar comprendida entre la costa y la estación de 1 mn.

Las fases larvarias colonizaron con una mayor frecuencia de estaciones positivas la zona comprendida entre Punta Blanca y la transecta realizada al norte de Caleta Buena. Cabe señalar la presencia de dos estaciones eminentemente costeras al sur de Punta Amarilla y frente a Punta Gualaguala. Durante esta fase del crucero de otoño, se consignó en las muestras planctónicas la presencia de *Pleuroncodes monodon* para la zona comprendida entre Punta Coloso y Caleta Paquica.

Durante la fase 2 del crucero MOBIO2-9805, aparece solamente un 4,9% de estaciones positivas a huevos (2), con densidades que fluctuaron entre 718 y 16.871 huevos/10m², valores promedio de 8.795 huevos por estaciones positivas y 429 huevos respecto al total de estaciones, índices que revelan una moderada intensidad y escasa extensión del desove (**Tabla 9**).

Se aprecia que los huevos de anchoveta se distribuyen frente a Punta Lobos y Arica, con una modalidad de desove eminentemente costera, destacando en términos cuantitativos la estación realizada a 1 mn al oeste de Arica con 16.871 huevos, la cual importa el 96% al total de huevos de la especie (**Fig. 70b**).

Con respecto a la fase de larvas se encontraron 8 estaciones positivas (19,5%) obteniéndose un total de 3.192 larvas, señalando una mayor cobertura latitudinal y longitudinal con respecto a la fase de huevos, con una modalidad de desove nerítica la cual no excede las 10 mn frente a Punta Copaca (22°20'S) y Caleta Lobos. Frente a Arica, y de manera excepcional colonizan un área mayor presentándose hasta las 70 mn. Al igual que la fase de huevos la mayor densidad larvaria fue detectada a 1 mn frente a Arica con 1.937 larvas/10 m² (**Fig. 71b**).



Las abundancias de huevos y larvas de anchoveta registradas en el crucero de invierno de 1998, **MOBIO3-9808**, señalan claramente que esta especie se encontraba en su pico de desove principal, lo que es avalado por los altos valores del índice de actividad de desove registrado para el período coétaneo al crucero (Semana 35, 24 al 30 de agosto, 88%).

Además, cabe señalar que la frecuencia de estaciones positivas para ambas fases de desarrollo experimenta un importante incremento, exhibiendo además las fases larvarias una gran cobertura geográfica, situación que supera de manera significativa a lo observado en igual zona durante el período de otoño (**Figs. 70c y 71c**).

Durante el crucero su presencia se constató en 3 estaciones positivas para huevos, presentando las larvas una mayor colonización de área de estudio, 20 registros positivos, con totales de 68.140 huevos y 11.017 larvas, los cuales representan una dominancia numérica igual a 80,1% y 47,3%, respectivamente (**Tabla 9**).

Con respecto al patrón de distribución latitudinal, los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta exhiben en general, la misma tendencia creciente en sentido sur-norte registrada en otoño de 1998, con abundancias cuantitativamente más significativas frente a Arica (transecta 5).

Con respecto a la modalidad de desove y de acuerdo a lo señalado por la fase de huevos, éstos presentaron una modalidad eminentemente costera en la postura, similar a la situación reportada para la época de otoño, a excepción de una estación positiva localizada a 70 mn al oeste de Punta Junín, concentrándose casi el 100% de los huevos de esta especie en la franja comprendida entre la costa y la estación de 1mn, por su parte las fases larvarias y como se mencionó anteriormente presentaron con respecto al crucero precedente una mayor cobertura tanto en sentido latitudinal como longitudinal, presentándose hasta las 100 y 70 mn al oeste de las transectas realizadas frente a Punta Copaca (22°20'S) y Punta Junín (19°40'S), respectivamente. Cabe consignar la total ausencia de larvas frente a Bahía Moreno (**Fig. 71c**).



Los focos de mayor abundancia para ambos estadios de desarrollo, se localizaron frente a Arica ($18^{\circ}25'S$), con abundancias máximas de 67.332 para el estadio de huevo y rangos comprendidos entre 3.000 y mayor a 5.000 especímenes/ $10m^2$ para la fase de larvas.

Se incorpora además, información proveniente de la realización del crucero estacional de la Empresa Pesquera EPERVA, efectuado entre el 10 y el 14 de agosto a la zona comprendida entre Arica y Mejillones, desde la costa hasta una distancia máxima de 20 mn. En la **figura 73** se presenta la abundancia y distribución de huevos y larvas de anchoveta, y en ella podemos apreciar la presencia de 3 estaciones positivas a huevos localizadas 2 de ellas en la península de Mejillones con densidades comprendidas entre 1.325 y 11.587 huevos/ $10m^2$, siendo estas estrictamente costeras, y la restante al sur oeste de Arica, de carácter más oceánica, 20 mn de la costa.

Con respecto a las fases larvarias, colonizaron tanto en sentido latitudinal como longitudinalmente el área de estudio con 16 estaciones positivas de un total de 25 realizadas, detectándose las mayores abundancias al igual que el estadio de huevo en la península de Mejillones con densidades comprendidas entre 1.178 y 3.463 larvas/ $10 m^2$.

Las abundancias de huevos y larvas de anchoveta registradas en el crucero de primavera de 1998, **MOBIO4-9812**, señalan una importante actividad reproductiva de la especie en la zona de estudio, lo que es avalado por las altas densidades de huevos y larvas registrados, 257.154 huevos y 15.354 larvas lo que representa una frecuencia de 40,4% y 46,8% para cada una de las fases de desarrollo, respectivamente (**Tabla 9**).

Cabe señalar que la frecuencia de estaciones positivas para ambas fases de desarrollo experimenta un importante incremento, exhibiendo ambas, una gran cobertura geográfica, situación que supera de manera significativa a lo observado en igual zona durante los cruceros precedentes (**Figs. 70d y 71d**).



Durante el crucero su presencia se constató en 19 estaciones positivas para huevos, y 22 registros positivos para larvas, con totales de 257.154 huevos y 15.354 larvas, los cuales representan una dominancia numérica igual a 56,0% y 20,7%, respectivamente (**Tabla 9**).

Con respecto al patrón de distribución latitudinal, los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta exhiben en general, la misma tendencia creciente en sentido sur-norte registrada en los cruceros precedentes, con abundancias cuantitativamente más significativas frente a Arica (transecta 5).

Con respecto a la modalidad de desove y de acuerdo a lo señalado por la fase de huevos, éstos presentaron una modalidad costera en la postura concentrándose el 99,1% de los huevos de anchoveta en las primeras 20 mn, a excepción de las estaciones localizadas a 40 mn al oeste de Bahía Moreno y Arica. Por su parte las fases larvianas y como se mencionó anteriormente presentaron con respecto a cruceros precedentes una mayor cobertura tanto en sentido latitudinal como longitudinal, presentándose hasta las 100 y 70 mn durante la navegación intertransectas entre Punta Copaca y Bahía Moreno y al oeste de Arica, respectivamente (**Fig. 71d**).

Los focos de mayor abundancia (> 11.000 huevos/10m²) para el estadio de huevo se localizaron en las estaciones de 1 y 20 mn al oeste de Arica (18°25'S), a 5 mn frente a Punta Junín, a 10 mn al oeste de Punta Lobos y en la estación asignada con el número 28 realizada a 1mn durante la navegación entre Punta Lobos y Punta Copaca. Cabe señalar que sus abundancia en conjunto aportan más del 95% al total de huevos de la especie censados durante el crucero. La estación más relevante en términos cuantitativos correspondió a la realizada a 1 mn frente a la Transecta 5 (Arica).

Las áreas de mayor densidad larvaria (> 1.000 larvas/10m²) se localizaron al igual que la fase de huevos a 1 y 10 mn al oeste de Arica y a 10 mn frente a Punta Lobos (21°00'S).



3.2 Sardina, *Sardinops sagax*

El análisis de las 207 muestras colectadas durante los cruceros estacionales de monitoreo permitió determinar la presencia de 8.120 huevos y 767 larvas, situación que caracteriza una actividad reproductiva muy deprimida (**Tabla 10**).

Durante el crucero de verano de 1998, **MOBIO1**, la distribución y abundancia de huevos de sardina en la época identificada como de reproducción secundaria (febrero-marzo), señala una actividad reproductiva prácticamente nula con la presencia de tan sólo una estación positiva localizada a 1 mn al oeste de Punta Junín (19°40'S), con niveles de abundancia extremadamente bajos, 35 huevos/10m², lo que representó una constancia igual a 2,9% (**Fig. 74a, Tabla 10**). En el transcurso de esta exploración no se registraron estaciones positivas a larvas de sardina.

En otoño, crucero **MOBIO2-9805**, no se registraron estaciones positivas a huevos de esta especie.

Con respecto a las fases larvarias, el procesamiento y análisis de las muestras colectadas señaló una actividad reproductiva muy baja identificándose sólo dos estaciones positivas a este estadio de desarrollo, las que se localizaron a 1 y 5 mn al oeste de Punta Lobos y Arica respectivamente. Los niveles de abundancia exhibidos son extremadamente bajos, 151 y 37 larvas/10 m², con densidades promedio por estaciones totales y positivas de 5 y 94 larvas/10 m², respectivamente, las que representaron una constancia y una dominancia numérica iguales a 4,9% y 0,9% (**Fig. 75b; Tabla 10**).

La presencia de huevos y larvas de sardina en invierno de 1998, crucero **MOBIO3-9803**, se focalizó en la zona costera de la transecta 5 realizada frente a la localidad de Arica, y en las estaciones de 10 y 20 mn al oeste de la transecta 2, Punta Copaca (22°20'S), determinándose



la presencia de un registro positivo para huevos y 3 para larvas de esta especie, con totales de 106 huevos y 253 larvas/10m² (Figs. 74c y 75c).

Durante el crucero de primavera, **MOBIO4-9812**, se identificaron 4 estaciones positivas para huevos y larvas de sardina, con totales de 7.979 huevos y 263 larvas, lo que representó una dominancia numérica igual a 1,7% y 0,4% para cada una de las fases de desarrollo, respectivamente, lo que indica actividad reproductiva de esta especie para la zona comprendida entre Arica y Punta Lobos en el caso de los huevos y Arica – Pisagua para las fases larvarias (Tabla 10).

La mayor frecuencia de estaciones positivas para huevos y larvas de sardina, se registró en la línea de estaciones realizadas a las 100 mn durante la navegación entre Arica y Pisagua, el resto de los registros positivos son estrictamente costeros y se localizaron a 1 mn frente a Arica y Punta Lobos para el estadio huevo, y a 1 mn al oeste de Arica para las fases larvarias (Figs. 74d y 75d).

3.3 Jurel, *Trachurus murphyi*

En el transcurso de los cruceros estacionales de monitoreo no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de jurel.

3.4 Caballa, *Scomber japonicus*

En invierno de 1998, no hubo registros positivos para huevos y larvas de esta especie. De la misma manera en otoño, crucero **MOBIO2-9805 FASE1**, no se constató la presencia de larvas de caballa.

El análisis de las muestras colectadas durante las prospecciones de verano, otoño, invierno y primavera de 1998, permitió determinar la presencia de 4.373 huevos y 964 larvas;



reconociéndose 15 estaciones positivas para huevos y 7 para larvas, lo que representó una frecuencia de 7,2% y 3,4% y una dominancia numérica igual a 0,7% y 0,5% para cada una de las fases de desarrollo respectivamente (**Tabla 11**).

Durante el crucero **MOBIO1-9803**, se identificaron 4 estaciones positivas para huevos y una para larvas con totales de 1.697 y 656 especímenes para cada uno de dichos estadios. Las estaciones con presencia de huevos se localizaron al oeste de Arica, Punta Junín y a 70 mn frente a Bahía Moreno. La estación situada a 5 mn frente a la localidad de Arica, es la que presenta la mayor densidad con 1.379 huevos/10 m² (**Fig. 76a**). El registro positivo a larvas de esta especie se localizó frente a Arica (**Fig. 77a**).

En otoño de 1998, se determinaron 5 estaciones positivas para huevos y larvas de caballa con totales de 2.418 huevos y 280 larvas.

Las estaciones con presencia de huevos se localizaron mayoritariamente al oeste de Arica y Punta Junín, 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 al oeste de Arica, donde las estaciones positivas se hicieron presentes desde las 20 hasta las 100 mn, con densidades que fluctuaron entre 220 y 880 huevos/10m². La estación situada a 40 mn frente a Punta Junín fue la que presentó la menor densidad con 43 larvas (**Fig. 76b**).

El patrón de distribución latitudinal de las larvas se asemeja al presentado por los huevos de esta especie, pero con una mayor cobertura hacia el sur de la zona prospectada donde se identificó una estación positiva a 130 mn de la costa frente a Punta Lobos, siendo este registro el de mayor relevancia cuantitativa con 118 larvas/10m² (**Fig. 77b**).

En invierno de 1998, crucero **MOBIO3-9808**, no se registraron estaciones positivas a huevos y larvas de caballa.



En el transcurso del crucero de primavera, se identificaron 5 estaciones positivas para huevos y una para larvas con totales de 201 y 28 especímenes para cada uno de dichos estadios del desarrollo (**Tabla 11**). Las estaciones con presencia de huevos se localizaron a 1 y 70 mn al oeste de Arica, 100 mn al suroeste de Arica, 40 mn frente a Punta Lobos y a 20 mn de Punta Copaca. El registro positivo a larvas de caballa se localizó frente a Punta Lobos (**Figs. 76d y 77d**).

3.5 Variación temporal de la intensidad de desove de anchoveta y su distribución espacial

Las densidades promedio por estaciones positivas utilizada como índice de la intensidad del desove, muestra tendencias generales distintas para las fases de huevos y larvas para el período que se extiende desde el invierno de 1995 a primavera de 1998.

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 y la menos significativa se presenta verano/otoño de 1998 (**Fig. 78**).

Con respecto a las fases larvarias, estas muestran una tendencia general descendente con mínimos de magnitudes similares a las que se presentan en los períodos de verano/otoño de 1996, 1997 y 1998, presentándose las máximas abundancias en los inviernos de 1997 y 1996.

Desde el punto de vista de su distribución espacial, y como suele acontecer, los huevos presentan en general una distribución eminentemente costera, colonizando las larvas una mayor área geográfica producto de procesos que las afectan como puede ser el transporte y la dispersión (**Figs. 79 y 80**).



3.6 Desove de Verano

Las **figuras 81 y 82** exhiben las estimaciones de la abundancia promedio de huevos y larvas de las especies objetivo del presente estudio, realizadas en prospecciones precedentes en la misma época y área geográfica en el transcurso de los años 1982 – 1998. El análisis de esta serie nos señala que durante el verano de 1998, persiste el predominio de anchoveta sobre sardina, jurel y caballa, situación que se ha mantenido sin alteraciones a partir del verano de 1990.

Al contrastar los resultados obtenidos en verano de 1998 con los reportados en cruceros anteriores, se determina que los niveles de abundancia del ictioplancton de anchoveta analizados en base a la densidad promedio por estaciones totales utilizada como índice de la extensión del desove, señala una situación distinta para ambos estadios del desarrollo, produciéndose en esta oportunidad un significativo incremento en la cobertura geográfica de los huevos y un decremento para la fase de larvas, lo cual se refleja en tasas de cambio respecto a 1997, iguales a 3,348% y – 49,4%, respectivamente, ocupando los huevos la segunda de las mayores áreas registradas en cruceros precedentes, constituyéndose en el segundo registro más importante de la serie 1982/1998. Con respecto a las larvas su registro corresponde al 5° más bajo de la serie analizada.

Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto al verano de 1997, un importante incremento, mientras que las fases larvarias experimentan una disminución en su intensidad del orden de –31,9%.

Para sardina, cabe destacar por vez primera ausencia de larvas durante los veranos de los años 1982/1998 y con respecto al estadio de huevos se registra sólo una estación positiva similar a lo reportado en verano de 1991.

La comparación de resultados obtenida para jurel en función de la serie de tiempo analizada revela ausencia de huevos y larvas de la especie. Para el estadio de huevos esta



situación se presentó también en verano de los años 1982, 1983, 1989, 1997 y 1998 y para las fases larvarias durante los años 1983, 1989, 1991, 1997 y verano de 1998.

Con respecto al ictioplancton de caballa cabe mencionar, que el verano de 1998 se constituyó en cuanto a cobertura geográfica en el segundo registro más significativo para la fase de huevos y el más importante para las fases larvarias.

3.7 Desove de Otoño

Al contrastar los resultados obtenidos en el crucero **MOBIO2-9805**, con los reportados en años anteriores, se determina que la abundancia promedio por estaciones totales de huevos y larvas de anchoveta con respecto al año precedente, presentan una situación diferente, es así como los huevos incrementan su abundancia en un 61,3% mientras que las fases larvarias disminuyen en un 27,1% (**Figs. 83 y 84**).

La extensión del desove para ambos estadios de desarrollo señala una tendencia creciente para el período 1984 - 1998. Cabe señalar que el número de huevos encontrados en otoño de 1998, se constituyó en el segundo registro más significativo de la serie histórica analizada. Por otra parte, los niveles de abundancia de larvas de anchoveta son superiores a los reportados los años 1986, 1988 y 1989 e inferiores a los años 1987, 1990, 1992, 1994, 1996 y 1997, constituyéndose en el octavo registro más importante de la serie 1984/1998.

En relación a la intensidad del desove se aprecia un incremento en los niveles de abundancia del ictioplancton de anchoveta con respecto a 1997, la cual es notoriamente más marcada para la fase de huevos (560%).

Cabe consignar para sardina, la ausencia de ambos estadios de desarrollo en otoño de 1996 y ausencia de huevos en 1997 y 1998. La intensidad del desove para ambas fases de desarrollo señala una tendencia decreciente para los otoños de los años 1984 - 1998.



Durante el otoño de 1998, no se encontraron huevos y larvas de jurel, situación que, con la excepción de los años 1986, 1987 y 1992, es consecuente con lo observado en el resto de los otoños que configuran la serie de tiempo analizada.

3.8 Desove de Invierno

Al contrastar los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina y jurel obtenidos para la zona norte del país durante los inviernos de los años 1981 - 1998, se observa una marcada predominancia del desove de anchoveta respecto de sardina y jurel, situación que se ve corroborada mediante el examen del parámetro comunitario dominancia numérica. Se exceptúa la fase de huevos y larvas asociada a los cruceros de 1981, 1983 y 1984 en los cuales se aprecia una predominancia en los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina.

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina se visualizan en la **figuras 85 y 86** y al contrastar los resultados obtenidos en invierno de 1998 con los reportados en inviernos precedentes, se determina que los niveles de abundancia del ictioplancton de esta especie, analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales utilizada como índice de la extensión del desove, señala que en esta oportunidad se produce un aumento en la cobertura geográfica de huevos y un decremento para la fase de larvas, lo cual se refleja en porcentajes de cambio respecto a 1997, iguales a 50% y -30% respectivamente, ocupando los huevos la segunda menor de las áreas registradas en cruceros precedentes, constituyéndose este en el segundo registro más bajo de la serie 1981 -1998. Con respecto a las larvas los años 1996 y 1998 constituyen los registros más bajos de la serie histórica analizada.

Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1997, una situación distinta para huevos y larvas, exhibiendo los huevos un importante aumento igual a 194%, mientras que las larvas experimentan una disminución en su intensidad del orden de - 28,8%.



En general, la intensidad del desove para ambos estadios de desarrollo señala una tendencia decreciente para el período de invierno de los años 1981 -1998. Cabe señalar que tanto el número de huevos como larvas determinados para el crucero MOBIO3 es el segundo registro más bajo de la serie 81/98.

De este análisis, se puede concluir que el ciclo de desove de sardina se encuentra en un nivel muy bajo, situación que para la época del año, no puede ser considerada normal debido a que la especie se encontraba en proceso de pick primario de desove. Lo anterior corrobora, la declinación del potencial reproductivo que ha experimentado esta especie a partir de 1985 en la zona norte de Chile, no mostrando hasta el día de hoy señales de recuperación.

Con respecto a la anchoveta, y de acuerdo a lo indicado por ambos estadios de desarrollo, se detecta una significativa disminución en la abundancia promedio, acusando con respecto a 1997 una diferencia porcentual igual a - 42,5% y - 82,3%, respectivamente.

La intensidad del desove con respecto al invierno de 1997 señala una situación diferente para ambos estadios de desarrollo, es así como los huevos de esta especie incrementan su intensidad en un 196%, mientras que las fases larvarias exhiben una fuerte declinación del orden de - 69% . En general, la intensidad del desove para ambos estadios de desarrollo ha sido pulsátil a través de los años, con desoves muy intensos en invierno de los años 1985, 1989, 1994 y 1998.

La comparación de resultados obtenidos para jurel, respecto de años anteriores, revela ausencia de huevos y larvas durante el crucero MOBIO3, al igual que lo reportado en invierno de los años 83, 90, 95, 97 y 1998.

3.9 Desove de Primavera

Al contrastar los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina y jurel obtenidos para la zona norte del país durante las primaveras de los años 1983 -



1998, se observa una marcada predominancia del desove de anchoveta respecto de sardina y jurel, situación que se ve corroborada mediante el exámen del parámetro comunitario dominancia numérica. Se exceptúa la fase de huevos y larvas asociada al crucero de 1987, donde se aprecia una predominancia en los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina.

La estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina se visualizan en la **figuras 87 y 88** y al contrastar los resultados obtenidos en primavera de 1998 con los reportados en primaveras precedentes, se determina que los niveles de abundancia del ictioplancton de esta especie, analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales utilizada como índice de la extensión del desove, señala que en esta oportunidad se produce un aumento en la cobertura geográfica de huevos y un decremento para la fase de larvas, lo cual se refleja en porcentajes de cambio respecto a 1997, iguales a 100% y -72,7% respectivamente, ocupando los huevos la tercera de las mayores áreas registradas en cruceros precedentes, constituyéndose este en el tercer registro más importante de la serie 1983 -1998.

Con respecto a las larvas los años 1996 y 1998 constituyen los registros más bajos de la serie histórica analizada.

Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1997, una situación distinta para huevos y larvas, exhibiendo los huevos un significativo incremento, mientras que las larvas experimentan una disminución en su intensidad del orden de - 65,8%.

Con respecto a la anchoveta, y de acuerdo a lo indicado por ambos estadios de desarrollo, se detecta una situación diferente para huevos y larvas, es así, como el estadio de huevos exhibe un importante incremento en su abundancia promedio, acusando con respecto a 1997



una diferencia porcentual igual a 33,0%. Por su parte las fases larvarias experimentaron una leve disminución en su extensión espacial igual a - 3,25% .

La intensidad del desove con respecto a la primavera de 1997 acusa una fuerte disminución para el estadio de huevo igual 43,6% y un leve descenso para las fases larvarias la cual se manifiesta por una tasa de cambio negativa igual a -5,5%.

La comparación de resultados obtenidos para jurel, respecto de años anteriores, revela ausencia de huevos y larvas durante el crucero MOBIO4-9812, al igual que lo reportado en primavera de 1983 para el estadio de huevo.

3.10 Densidad larval y su relación con la temperatura superficial

Se utiliza la variación con respecto a la fase de larvas para la comparación de las características asociadas a la abundancia del ictioplancton de sardina y anchoveta con respecto a la temperatura superficial, 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 1982/1998, se observa una tendencia general creciente a partir del año 1987 en los niveles de abundancia de larvas de sardina que se extiende hasta 1989, verano en el cual se reportan las más altas abundancias asociadas a temperaturas mínimas y máximas iguales a 15,1 y 26,7 °C, respectivamente. Con respecto a las fases larvarias de anchoveta, estas experimentan un crecimiento sostenido en sus abundancias a partir del verano de 1988 con un máximo en 1991 donde en rango de temperatura fluctuó entre 16,1 y 26,7 °C (**Fig. 89**).

Las densidades larvales de sardina en época de otoño, han experimentado una fuerte disminución a partir de 1984, año en el cual se constató la mayor de las abundancias de la



serie histórica 1983 - 1998, la que estuvo asociada a rangos de temperatura superficiales iguales a 12,74 y 24,97 °C. En otoño de 1990 y con temperaturas superficiales iguales a 18,98 y 24,40 °C se reportan las densidades más bajas, las cuales son muy similares a las reportadas en 1983 y 1997.

La anchoveta a presentado un crecimiento pulsátil hasta el otoño de 1992, constituyéndose este, en el principal registro de la serie analizada. Con posterioridad se logra apreciar una disminución en los niveles de abundancia de las fases larvianas conjuntamente con una disminución en los valores mínimos y máximos de temperaturas superficiales, a excepción del año 1997, donde los límites inferior y superior de temperatura fueron similares a los reportados los años 87, 89 y 90 (**Fig. 90**).

En términos generales y como se ilustra en la **figura 91**, en invierno de 1997 se registraron los más altos valores extremos y promedio de temperatura superficial de los últimos 16 años, reafirmando la presencia del fenómeno de El Niño 1997/98, el cual afectó al ecosistema y la pesquería pelágica de la zona norte, generando alteraciones en el comportamiento y la distribución de los recursos pelágicos de la zona de estudio.

Los niveles de abundancia de larvas de sardina, han exhibido hasta el invierno de 1989 una tendencia general fluctuante y creciente, destacando el desove de 1983 el cual se constituye en el principal registro de la serie histórica analizada, coincidiendo con uno de los fenómenos de El Niño más intensos de los últimos cien años.

Las características ambientales que se presentaron durante el invierno de 1983, le fueron adversas a la anchoveta, produciendo prácticamente su desaparición en el ecosistema pelágico de la zona norte a nivel del ictioplancton. Sin embargo, esta especie experimentó una significativa recuperación a partir de 1984, alcanzando tres picos importantes durante los años 1985, 1989 y 1994; siendo el primero y el último los de mayor relevancia para la serie 1983/98.



En terminos generales, la abundancia promedio de larvas de sardina y anchoveta registradas en **invierno de 1998**, son similares a los niveles de abundancia reportados durante los eventos de El Niño que se presentaron en 1987 y 1991; existiendo además una rápida transición desde un invierno extremadamente cálido como lo fué el de 1997 hacia condiciones típicas frías de La Niña registradas durante el crucero de invierno MOBIO3.

Como se ilustra en la **figura 92**, en primavera de 1997 se registran los más altos valores extremos y promedio de temperatura superficial de los últimos 16 años, reafirmandose la presencia del fenómeno de El Niño 1997/98, el cual afectó al ecosistema y a la pesquería pelágica de la zona norte, generando alteraciones en el comportamiento y la distribución de los recursos pelágicos de la zona de estudio.

Los niveles de abundancia de larvas de sardina, han exhibido hasta la primavera de 1988 una tendencia general fluctuante y creciente, destacando los desoves de 1987 y 1991, los cuales han coincidido con fenómenos de El Niño reportados para la zona. El desove de 1998 se constituye en el cuarto más importante de la serie analizada.

La anchoveta experimentó una significativa recuperación a partir de 1984, alcanzando cuatro picos importantes durante los años 1985, 1986, 1988 y 1996 ; siendo el primero y el último los de mayor relevancia para la serie 1983/98.



Objetivo 2.4

Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual con observaciones realizadas en a lo menos 3 estaciones costeras profundidad ($30 > z > 200\text{m}$) localizadas dentro de la zona de estudio, donde se registrarán a lo menos las variables señaladas en los puntos 2.2 y 2.3.

4.1 Temperatura, salinidad y contenido de oxígeno en estaciones de monitoreo

La distribución temporal de temperatura con profundidad, en las estaciones de monitoreo mensual (**Fig. 93**) 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 Kelvin 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 97 y enero 98 en los tres lugares. Entre septiembre y octubre 97 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 98 el sistema comienza a disminuir rápidamente la temperatura, alcanzando en agosto 98 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, sin embargo se encuentran aguas de menor temperatura bajo los 30 m de profundidad, producto de la intensificación de la surgencia.

La salinidad (**Fig. 94**) presenta una tendencia general similar a la descrita para la temperatura, con un máximo en julio 97 y otro en enero 98. 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 98 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 diciembre los valores disminuyen ligeramente, lo que estaría indicando una mayor participación del agua Subantártica en la surgencia.

El oxígeno (**Fig. 95**) presenta una gran variabilidad temporal, con una distribución un tanto diferente que la observada en temperatura y salinidad, ya que 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 de aguas Ecuatoriales Subsuperficiales de bajo contenido de oxígeno pero de salinidad muy similar a la que está más hacia la superficie o de aguas subantárticas de alto contenido de oxígeno y salinidades levemente menores que las ecuatoriales. Esta situación se observa claramente durante el periodo agosto a diciembre 98 (especialmente en la estación frente a Iquique), donde los valores de oxígeno confirman lo señalado con la salinidad, de que en la surgencia en agosto es de aguas ecuatoriales y entre septiembre y octubre participa agua de origen Subantártico.

4.2 Distribución temporal de la biomasa fitoplanctónica en las estaciones de monitoreo

La distribución temporal de los pigmentos, en las tres estaciones realizadas, puede ser visualizada a escala macro utilizando como un indicador general a la biomasa integrada de los pigmentos en la columna, vale decir cloa, feop y clot integrados (**Figs. 96 y 97**) esto permite visualizar la información como la biomasa presente en toda la columna.

4.2.1 Análisis de los pigmentos integrados en la columna

En el caso de Mejillones, la cloa integrada (**Fig. 96**) se mantuvo baja y propia de sistemas oligotróficos (i.e inferior a 100 mg/m^2), 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 mg/m^2 . En el período comprendido entre los meses de julio y agosto, este valor estuvo entre 24 a 50 mg/m^2 , indicando la persistencia de las condiciones oligotróficas en esta zona.



En Iquique, la cloa integrada (**Fig. 96**) presentó fluctuaciones mensuales considerables, especialmente entre julio y agosto en donde varió de 18,37 a 120,42 mg/m², para posteriormente en diciembre aumentar a 450 mg/m². 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. Esto indica que la estación recuperó todas sus características de alta productividad en un periodo muy corto de tiempo y asociado al cambio de estación propia de este periodo del año.

En Arica (**Fig. 96**), al contrario de Iquique, los niveles de cloa integrada comenzaron a recuperarse en mayo de 1998, con valores de 128 mg/m². Entre mayo de 1997 y abril de 1998, esta estación se comportó de manera marcadamente oligotrófica, con valores que llegaron a ser incluso de 5 mg/m² 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 mg/m² 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 mg/m², típicos de oligotrofia, para pasar a un aumento explosivo en agosto que llegó a 450 mg/m². Durante el mes de diciembre, esta variable bajó en forma considerable a 82 mg/m². Esto refleja la alta variabilidad en los niveles de producción de este sistema.

En el caso de la clorofila total integrada (clot integrada) esta presentó (**Fig. 97**) un comportamiento temporal semejante al de la cloa integrada, por lo que los valores bajos de cloa determinados en forma puntual solamente fueron detectados en algunos meses del año.

4.2.2 Análisis de los pigmentos por profundidad

En Arica se observa que la cloa estuvo deprimida durante prácticamente todo el año (**Fig. 98**), con valores altos en los meses de mayo (i.e. 1,98 µg/L) y noviembre de 1997 (i.e. 2,33 µg/L), durante el resto del período los valores no superaron los 0,8 µg/L. Esto mismo se ve reflejado en los otros niveles muestreados, con la sola excepción de octubre en que la



concentración de cloa subió a 1,59 $\mu\text{g/L}$ a 10 m. Durante 1998 la cloa siguió deprimida en alrededor de 0,3 $\mu\text{g/L}$, para comenzar a incrementar en abril a 1 $\mu\text{g/L}$, sin máximos en los otros niveles. En mayo la cloa superficial subió significativamente hasta los 8,5 $\mu\text{g/L}$, para disminuir a 0,85 y 1,1 $\mu\text{g/L}$ entre junio y julio, no se observó máximos subsuperficiales y en el caso de mayo la concentración disminuyó con el aumento de la profundidad sin formar máximos. En agosto y diciembre, la cloa aumentó a valores de 19,4 y 15,64 $\mu\text{g/L}$, entre la superficie y 10 m, disminuyendo a 6,68 y 1,94, entre los 25 y 50 m. Durante el mes de diciembre la situación cambió radicalmente con 1,5 $\mu\text{g/L}$ en superficie y 4.6 $\mu\text{g/L}$ a 10 m, bajo estos niveles la cloa disminuyó a 0,68 y 0,39 $\mu\text{g/L}$, a 25 y 50 m. Esta disminución de la cloa en esta mes del año no se asocia con los valores obtenidos en la transecta 5 que se realizó en la misma zona, por lo que este valor en particular no debe ser considerado representativo de la estructura biológica del área.

Para la estación realizada en Iquique (**Fig. 99**) es posible observar la alta variabilidad de la cloa a nivel superficial, con máximos de 1 a 3,8 $\mu\text{g/L}$ en los meses de julio a noviembre de 1997, con el valor más alto en septiembre, aunque en este 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 $\mu\text{g/L}$), la biomasa de cloa en esta estación disminuyó monótonicamente en profundidad hasta alcanzar los 3,2 $\mu\text{g/L}$ a los 25 m. 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 el nivel de 25 m la cloa se mantuvo constantemente baja, con una alta variabilidad, la que estuvo en el rango de 2,99 a 0,05, con una mayor



preponderancia de valores cercanos a $0,5 \mu\text{g/L}$. A 50 m la cloa es cuasi constante en alrededor de $0,07 \mu\text{g/L}$, con algunos pequeños aumentos estacionales.

La información puntual de cloa a los niveles superficial, 10, 25 y 50 m en Mejillones (**Fig. 100**), 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 $0,08 \mu\text{g/L}$).

En las estaciones de vigilancia la cloa se comportó básicamente igual que lo observado a mesoescala, es decir, con una disminución significativa de la cloa durante los meses de más alta temperatura y salinidad. Algunos aumentos de concentración, aunque leves, del sistema en mayo en Arica, septiembre de 1997 y agosto de 1998 en Iquique y septiembre de 1997 y marzo de 1998 en Mejillones, indicó que a pesar de las anomalías termo-halinas en la columna ésta se estabilizó y permitió la agregación de la cloa a niveles por sobre lo observado durante el resto del año. En general estos episodios, que no están asociados a la tendencia general del ecosistema, permiten indicar que aunque el sistema esté bajo condiciones oligotróficas, se establecen en el tiempo condiciones que permiten la agregación de alimento para estadios tempranos de desarrollo de especies de importancia comercial o de especies del zooplancton que son fuente de alimento para estos.

4.3 Huevos y larvas de peces

Tanto en anchoveta como en sardina hay una clara evidencia de actividad reproductiva en el período de estudio y en las zonas de muestreo, sin embargo, para el caso del jurel y caballa la actividad reproductiva fue muy baja principalmente en el recurso jurel.



4.3.1 Anchoqueta

La presencia casi continua de huevos durante el período comprendido desde mayo de 1997 a agosto de 1998 en la localidad de Mejillones, a excepción de los meses de abril, mayo y junio, es evidencia de actividad reproductiva en toda la zona de estudio para esta especie, 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 anchoqueta 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. Para la fase larvaria, éstas aparecen en el mes de mayo de 1997 para las tres zonas muestreadas y a medida que avanzamos hacia el sur su presencia se va haciendo continua en la zona de estudio, a excepción del 2° trimestre (**Fig. 101**).

En la localidad de Arica, las máximas abundancias de huevos de anchoqueta, se registraron en diciembre de 1997 y marzo de 1998, con densidades iguales a 159.189 y 97.364 huevos/10m², respectivamente. Por su parte, las fases larvarias exhibieron máximos en agosto de 1997 y 1998, con densidades iguales a 39.703 y 68.472 especímenes/10m², situación que es coincidente con el pick de desove principal que presenta esta especie en la zona norte del país.

En Iquique, las máximas densidades para huevos de esta especie, se registraron en los meses de noviembre y diciembre de 1997, con 16.906 y 27.087 huevos/10m², respectivamente; exhibiendo las fases larvarias máximos en agosto y noviembre de 1997 con densidades iguales a 32.482 y 7.426 larvas/10m² /10m². Durante 1998, las larvas presentaron densidades que fluctuaron entre 29 y 1.273 ejemplares.



Finalmente en Mejillones, y como se señaló con antelación, existe prácticamente un registro continuo para ambas fases de desarrollo el cual se extiende desde mayo de 1997 hasta marzo de 1998, para ausentarse durante el 2° trimestre del año y aparecer nuevamente a partir de julio. Con respecto a los máximos registrados para la fase de huevos, estos se presentaron en julio de 1997 (53.734 huevos) y en febrero de 1998 (13.237 huevos), exhibiendo las larvas máximas abundancias en marzo y agosto de 1998, con densidades iguales a 1.269 y 1.691 larvas/10m², respectivamente.

4.3.2 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 estos se presentan bajos fluctuando entre 21 y 640 para los huevos y entre 28 y 473 para las fases larvarias.

En la estación costera de Mejillones, los valores de abundancia de huevos y larvas son extremadamente bajos con sólo 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 para el mes de julio y 4.279 huevos/10m² en julio. En general, las densidades larvarias oscilaron entre 39 y 85 larvas/10m².

No obstante lo anterior, podría pensarse que para el período de estudio, el área o foco de desove de sardina se concentró en la zona de Iquique durante 1997 y en 1998 en Arica (**Fig. 102**).



4.3.3 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 y que éste presenta un carácter más 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, indican 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. 103**).

4.3.4 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 (**Fig. 104**).

4.3.5 Biomasa zooplanctónica

La **figura 105** 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 diciembre de 1998, 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. En Iquique, en cambio los valores de biomasa presentan una tendencia a incrementarse a través del tiempo, exhibiendo una distribución trimodal, 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 biomásas son nuevamente registradas a partir de septiembre de 1998 en adelante. 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 2.5

Describir y analizar la distribución estacional de la biomasa zooplanctónica.

5. Biomasa zooplanctónica

La biomasa zooplanctónica registrada en el presente estudio fluctuó entre 4 y 2.552 ml/1.000 m³, correspondiendo ambos valores extremos a los cruceros realizados en otoño fase1 e invierno de 1998 respectivamente, observándose como tendencia general en los cruceros de monitoreo, una disminución de la biomasa zooplanctónica hacia las estaciones más oceánicas del área de estudio, situación que ha sido descrita para igual área prospectada por Braun *et al.*, 1998 (Tabla 12). Cabe señalar que el zooplancton normalmente presenta una distribución de este tipo y la causa de esta radica principalmente en la alta productividad de las zonas neríticas asociadas a procesos de surgencia. Las muestras estuvieron constituidas mayoritariamente por copépodos, con valores cercanos al 80% del total de la composición específica de las muestras, además de quetognatos, eufáusidos y salpas.

En verano de 1998, la biomasa zooplanctónica fluctuó entre 66 y 456 ml/1.000 m³, con un promedio por estación de 176. La distribución espacial de la biomasa indica en términos generales que existen zonas de alta biomasa, localizadas a 20 mn al oeste de Punta Copaca (22°20'S), frente a Punta Lobos y a 100 mn al oeste de Arica con biomásas comprendidas entre 310 y 456 ml/1.000 m³. El resto del área explorada se caracteriza por el predominio del rango de densidad comprendido entre 101-300, el cual incluye al 80% de los volúmenes



calculados (**Fig. 106a**). Al comparar el promedio de biomasa registrado en verano de 1998, respecto de aquellos reportados para los veranos de los años 1997, 1994 y 1992, se observa una tendencia declinante en los niveles de biomasa zooplanctónica, la cual se expresa por tasas de cambio negativas iguales 31,8%, 7,9% y 26,9%, respectivamente.

Los valores de biomasa zooplanctónica obtenidos durante el crucero de otoño **MOBIO2-9805**, mostraron un rango de variación que fluctuó entre 35 y 1.692, con un promedio general por estación de 242 ml de zooplancton/1.000 m³, correspondiendo ambos valores extremos a las estaciones realizadas a 1 mn al oeste de Bahía Moreno y a 5 mn frente a Arica, respectivamente (**Tabla 12**).

La distribución espacial de la biomasa indica en términos generales que las zonas de alta densidad zooplanctónica se localizaron a 5 y 20 mn al oeste de Arica, a 70 mn frente a Punta Junín, 130 mn al oeste de Punta Lobos y en las dos primeras estaciones realizadas frente a Punta Copaca, con biomásas comprendidas entre 110 y 1.692 ml de zooplancton/1.000m³, el resto de la zona explorada se caracterizó por el predominio de los rangos de densidades comprendidos entre 101-300 y 34-100, los cuales incluyen al 46,3% y 36,6% de los volúmenes, respectivamente (**Fig. 106b**). Al contrastar el promedio de biomasa obtenido en otoño de 1998, con aquellos reportados para los otoños de los años 1985/1998, se registra una tendencia creciente en sus valores, exhibiendo con respecto a 1997 un porcentaje de cambio igual a 27,4%.

La biomasa zooplanctónica registrada durante el crucero de invierno de 1998, fluctuó entre 47 y 2.552 ml de zooplancton/1.000 m³, correspondiendo ambos valores extremos a las estaciones realizadas a 70 mn al oeste de Bahía Moreno y a 5 mn frente a Arica. En el área de estudio se determinó la predominancia de las categorías de densidad comprendidas entre los rangos 34-100 y 101-300, constatándose su presencia en 13 estaciones representando cada una de ellas el 37,1% de la biomasa total estimada. Como tendencias generales se



observó una disminución de la biomasa zooplanctónica hacia las estaciones más oceánicas y un incremento de ésta en sentido sur-norte (**Fig. 106c**).

Cuantitativamente destacan las estaciones ubicadas a 1 mn frente a Punta Copaca, 40 mn al oeste de Punta Junín y a 5 mn al oeste de Arica con biomasa que fluctuaron entre 989 y 2.552 ml de zooplancton/1.000 m³. Cabe mencionar que para la zona de estudio, el zooplancton normalmente presenta una distribución de este tipo y la causa de esta se asocia preferentemente a la alta productividad de las zonas neríticas y a los procesos de surgencia que ellas presentan. Con respecto a la composición de las muestras, éstas estuvieron constituidas mayoritariamente por copépodos, además de eufáusidos, quetognatos, salpas y pequeñas medusas. Con respecto al invierno de 1997, el promedio de biomasa registrado en el crucero MOBIO-9808, muestra un significativo incremento, 53,2%, constituyéndose el invierno de 1998 en el segundo registro más importante de la serie analizada.

En primavera de 1998, crucero **MOBIO4-9812**, los valores de biomasa estimados fluctuaron entre 26 y 685 ml de zooplancton/1.000 m³, correspondiendo estos valores extremos a las estaciones realizadas a 70 mn al oeste de Punta Lobos y a 1 mn frente a Arica, respectivamente (**Tabla 12**), determinándose la predominancia de la categoría de densidad comprendida entre 101-300. Su presencia se constató en 31 estaciones representando más del 65,9% de la biomasa total estimada, observándose las mismas tendencias generales descritas para el crucero precedente (**Fig. 106d**).

Las áreas cuantitativamente importantes (> 500 ml de zooplancton/1.000 m³) se localizaron frente a Arica, a 20 mn al oeste de Punta Lobos y a 40 mn frente a Bahía Moreno.

Los valores promedio de biomasa zooplanctónica registrados en primavera de 1998, fueron 55,1% más bajos que los reportados en 1997, constituyéndose la primavera de 1998 en el tercer registro más bajo de la serie analizada.



En términos comparativos los promedios de biomasa zooplanctónica, obtenidos durante los cruceros estacionales de monitoreo, muestran que las mayores abundancias se presentaron en invierno de 1998, exhibiendo con respecto a los cruceros de verano, otoño y primavera porcentajes de cambio iguales a 70,5%, 23,9% y 48,5%, respectivamente.

Objetivo 2.6

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

6. Distribución geográfica de los recursos

6.1 Total de especies

Durante los cuatro cruceros realizados en 1998, la anchoveta fue la especie más frecuente y más abundante, el jurel presentó algunos niveles de agregación relativamente más altos en el crucero de fines de otoño (9805), mientras que la caballa tuvo una presencia escasa y esporádica en otoño, tendiendo a desaparecer en el invierno y primavera. La sardina estuvo virtualmente ausente en todo el año. El bacaladillo y el pez linterna tuvieron importantes niveles de agregación en el crucero de primavera (9812) y altos valores de densidad, especialmente el pez linterna.

6.2 Anchoveta

El análisis de la distribución espacial de la anchoveta en los cuatro cruceros considerados (2 en otoño, invierno y primavera), sugiere un incremento en los niveles de abundancia de la especie desde el invierno hacia la primavera, con una mayor ocupación espacial y con una aproximación hacia la costa en esta última estación. En los dos cruceros realizados en el otoño se aprecia que la anchoveta se registró más frecuentemente entre Arica y el sur de



Iquique, mientras que hacia el sur de este puerto se produjo una mayor variabilidad en la distribución (**Fig.107**).

En particular, durante el crucero de otoño (MOBIO 9803), la anchoveta presentó una distribución eminentemente costera y contagiosa con agregaciones pequeñas de densidades baja y media, ubicándose en general en las primeras 8 mn de la costa, llegando excepcionalmente hasta las 30 mn al oeste de la península de Mejillones, en el paralelo 23°15'S, y hasta las 10 mn al oeste de Arica (**Fig 107**). En este caso, los sectores en que se detectó anchoveta estuvieron localizados entre la costa y las 10 mn a la cuadra de Arica; en el sector costero entre Pisagua y Punta Patache (20°50'S) ; en las cercanías de Punta Angamos y a la cuadra de Antofagasta. Las mayores concentraciones de anchoveta se localizaron al sur de Pisagua, en las cercanías de Punta Angamos (23°00'S) y en el sector costero a la cuadra de Antofagasta.

El crucero de mayo de 1998 (MOBIO 9805) estuvo constituido por dos fases, en la primera se efectuó una prospección acústica costera, con lances de pesca con una red de arrastre a mediana y en la fase 2 se cubrió la zona hasta las 100 mn de la costa. Durante la fase 1, la anchoveta fue el recurso más abundante. Esta especie presentó un comportamiento altamente gregario distribuyéndose en sectores costeros entre Punta Buitre (24°37'S) y Caleta Buena (19°50'S) distinguiéndose tres sectores de concentración del recurso, ubicados entre la costa y las 8 mn desde Punta Buitre a Punta Agua Salada (24°10'S), en el sector costero cercano a Punta Hornos (22°57'S) y en las primeras 3 mn entre Tocopilla y Caleta Buena (19°50'S), la mayor concentración de la especie se detectó entre Caleta Paquica (21°55'S) y norte de Punta Lobos (21°00'S) (**Fig. 108**). Durante la fase I del crucero 9805, se realizaron 8 lances de pesca a mediana, con capturas que fluctuaron entre 50 y 851 kg. La especie dominante en las capturas fue la anchoveta, registrándose también otras especies como langostino colorado de pequeña talla y una especie indeterminada de apariencia similar al bagre. La distribución de tallas total de las anchovetas muestreadas en el crucero fue unimodal, variando entre 10,5 y 17 cm, con la moda centrada en 13 cm (**Fig. 109**).



En la fase 2, la anchoveta también fue la especie más importante, presentando una distribución altamente contagiosa, localizándose en los sectores costeros entre Tocopilla y Arica (**Fig. 107**), siendo posible distinguir los sectores ubicados entre la costa y las 8 mn entre Tocopilla y Punta Patache ($20^{\circ}50'S$), el que además constituyó el sector de mayor concentración de anchoveta; a 4 mn al sur-oeste de Punta Pichalo ($19^{\circ}34'S$) y en las cercanías de Arica.

Durante el crucero de agosto de 1998-invierno (MOBIO 9808), la presencia de anchoveta fue escasa y esporádica, distribuyéndose en las primeras 5 mn de la costa entre Pisagua y Antofagasta y registrándose su presencia en bajas densidades a 90 mn de la costa al oeste de Pisagua ($19^{\circ}33'S$). Se distinguen cuatro sectores que presentaron cardúmenes de pequeño tamaño y en general en bajas densidades, ubicados en las cercanías de Pisagua; desde Punta Patache ($20^{\circ}50'S$) a Caleta Paquica ($21^{\circ}50'S$); en las cercanías de Mejillones y al oeste de Antofagasta. El sector costero entre Punta Lobos ($21^{\circ}00'S$) y Punta Guanillo ($21^{\circ}15'S$) se destacó porque se registraron las mayores densidades del crucero (**Fig. 107**).

Batimétricamente en los cruceros de otoño (9803, 9805 FI y FII) la anchoveta, se ubicó entre los 10 hasta 130 m, con una distribución bimodal de las frecuencias, centradas en los 20-30 m y entre los 70 y 100 m (**Figs. 110, 111 y 112**). Esta distribución vertical estuvo asociada a las isotermas de 14 hasta $24^{\circ}C$, observándose una mayor preferencia por localizarse en torno a los $14 - 15^{\circ}C$ y entre $19 - 20^{\circ}C$ (alrededor del 30% de los cardúmenes en el crucero 9803). Las salinidades que limitaron esta distribución fluctuaron entre 34,7 y 35,6 psu, centrándose en torno a 34,8 y 35,2 psu (crucero 9803).

En el crucero 9805, en el sector de mayor agregación, la anchoveta se presentó fuertemente asociada al fondo del mar, formando agregaciones tipo cardumen y estratos de alta densidad (**Figs. 113, 114, 115 y 116**).



La extensa distribución vertical presentada por la anchoveta en las estaciones cálidas se redujo a límites más típicos en el invierno (9808) y primavera (9812) localizándose entre los 10 y 60 m de profundidad, registrándose sobre el 75% de los cardúmenes en los primeros 20 m de profundidad, situación inversa a la observada durante el crucero de mayo (MOBIO 9805) en que la mayor proporción de cardúmenes de anchoveta se detectó entre 50 y 80 m de profundidad, asociada al fondo del mar (**Figs. 117 y 118**), asociada a las isotermas de 13 a 18°C en invierno y , registrándose el 73% de los cardúmenes en las isotermas de 15 y 16°C y entre 15 a 21°C en primavera, con alrededor del 70% de los cardúmenes entre los 18 y 19°C.

De igual modo, las salinidades límites de la distribución de anchoveta en los períodos de invierno y primavera fueron inferiores a los registrados durante el otoño variando entre 34,5 y 35,3 psu, registrándose la mayor frecuencia de los cardúmenes (alrededor del 80%) entre 34,6 y 34,8 psu.

6.3 Jurel

En general, las mayores agregaciones de jurel se registraron durante el otoño siendo más abundante a fines de esa estación (9805).

En forma particular, durante el crucero de principios de otoño (MOBIO 9803), el jurel se detectó en forma esporádica y escasa en densidades bajas, ubicándose preferentemente al sur de la zona de estudio desde Punta Lobos (21°00'S) (**Fig. 119**), donde se registró en las cercanías de la costa, hasta la cuadra de Antofagasta donde adoptó una distribución oceánica, detectándose hasta las 85 mn.

Durante el crucero de fines de otoño (MOBIO 9805), el jurel se detectó solamente en la fase 2, distribuyéndose principalmente en áreas oceánicas entre el límite norte de la prospección y Antofagasta, con la excepción del sector localizado en las cercanías de Pisagua, el jurel se ubicó desde las 30 mn de la costa hasta las 190 mn, registrándose su presencia en



densidades relativamente mayores entre las 40 y 50 mn al oeste de Antofagasta; entre las 10 y 15 mn y a 130 mn al sur-oeste de Punta Pichalo (19°34'S).

La presencia de jurel durante el crucero de invierno (MOBIO 9808) fue aún más esporádica y escasa que la anchoveta, registrándose su presencia en bajas densidades solamente en tres sectores ubicados a 1 mn de la costa y 52 mn al norte de Caleta Chipana; y a 90 mn al oeste de Punta Hornos (22°57'S) (**Fig. 119**).

Al igual que en el caso de anchoveta, la distribución vertical del jurel en el otoño (9805) fue bastante amplia localizándose entre los 10 y 240 m de profundidad, presentando una distribución bimodal, con modas en 130 m y 190 m (**Figs. 110, 111 y 112**), asociada a las isotermas entre 12 y 22°C, con modas en los 13 - 14°C; salinidades entre 34,5 y 35,1 psu, centrándose en torno a los 34,8 psu; y oxígeno disuelto entre 0,5 y 5,5 ml/L, ubicándose preferentemente en 0,5 y 1,5 ml/L.

Durante el crucero de invierno (9808), la distribución vertical de esta especie se redujo a niveles más típicos localizándose entre los 10 y 40 m de profundidad, (**Fig. 117**), asociada a las isotermas entre 14 y 17°C, con modas en los 14 - 15°C y 17°C; salinidades entre 34,5 y 34,9 psu, centrándose en torno a los 34,9 psu.

6.4 Caballa

A principio del otoño (MOBIO 9803) esta especie presentó una distribución bastante similar a la observada para el jurel, con una presencia escasa y en bajas densidades en los sectores oceánicos (12 a 85 mn de la costa) entre el paralelo 23°10'S y Antofagasta (**Fig. 120**).

En el crucero de mayo de 1998 (MOBIO 9805) esta especie mantuvo la situación registrada en marzo detectándose en muy bajos niveles de densidad y en agregaciones de pequeño tamaño en sectores oceánicos entre Arica y Antofagasta. Es posible que esta especie haya escapado al paso del barco, por lo que no fue detectada por los equipos acústicos o sus agregaciones fueron



de tamaño muy reducido ubicados en sectores en que no se prospectó, razones por la cual el mapa de distribución puede estar sesgado.

Batimétricamente la caballa se localizó entre los 10 y 70 m de profundidad, con modas en los 10 y 30-40 m (**Fig. 110, 111 y 112**), asociado a las isotermas de 15 a 22°C, con modas en los 17 y 19°C; salinidades entre 34,7 y 35,3 psu y oxígeno entre 3,5 y 7 ml/L, ubicándose preferentemente en aguas de alto contenido en oxígeno (5 ml/L).

6.5 Sardina

La sardina estuvo virtualmente ausente durante todo el año, registrándose en forma esporádica y escasa en los dos cruceros de otoño (9803 y 9805) (**Fig. 121**).

6.6 Otras especies

En esta categoría se han incluido el bacaladillo (*Normanichthys crockeri*) y el pez linterna (*Viciguerria lucetia*) que se detectaron en el crucero de primavera (MOBIO 9812) en pequeñas agregaciones de alta densidad en las cercanías de la costa, en el caso del bacaladillo, su presencia estuvo localizada en las primeras 10 mn desde Punta Chilena (21°30'S) hasta el paralelo 22°20'S, sector que registró las mayores agregaciones, y en las cercanías de Arica que presentó niveles de densidad menor (**Fig. 122**).

El pez linterna tuvo una mayor presencia, detectándose en niveles de densidad altos desde Arica hasta el sur de Tocopilla desde las 10 mn hasta las 100 mn de la costa, con tendencia a prolongarse hacia el oeste del límite occidental de la zona de estudio. Las mayores agregaciones de este pez se registraron entre las 20 y 70 mn desde Pisagua a Iquique (**Fig. 118**).

6.7 Índices de cobertura y densidad

Con el fin de hacer comparables los resultados obtenidos en el presente proyecto con la información histórica, los índices de cobertura y densidad se han calculado en base a IBM's de 2 mn.



En la **Tabla 13** se presentan los índices de cobertura (IC) por especie y crucero, los IC por especie indican que la anchoveta fue la especie que presentó una mayor presencia en la zona de estudio variando entre 7,5 y 47,3 %.

Para la anchoveta, el menor IC se registró en el invierno, estando presente en un 7,5% de las observaciones realizadas, presentándose los mayores valores en los cruceros de principio de otoño (9803) y primavera (9812) con 24,2 y 30,8 %, respectivamente.

La fase I del crucero 9805 debe ser considerado por separado y no es comparable a los otros cruceros, por cuanto el área prospectada fue menor, registrándose la presencia de anchoveta en el 47,3% de las observaciones acústicas realizadas.

El jurel presentó una tendencia levemente creciente entre los IC de principios y fines de otoño (9803 y 9805), con valores de 13 y 25,3% respectivamente, cayendo bruscamente en el invierno (9808) ha 1,2 %.

En el caso de la caballa se presentó una tendencia decreciente sostenida entre el crucero de principio de otoño hacia el de invierno, variando entre 10,7 y 0,2%.

La sardina también tuvo una tendencia similar a la caballa, pero con una presencia aun más escasa en la zona de estudio, variando entre 0,4 a 0,2%.

Los Índices de densidad (ID) calculados por crucero y especie (**Tabla 14**) confirman el hecho que la anchoveta fue la especie que además de tener una mayor presencia espacial, también registró las mayores agregaciones, con ID entre 46,8 y 191,2 t/mn², con la excepción de lo observado en la primavera en que se registraron altas agregaciones de bacaladillo y pez linterna. Los menores ID se presentaron a principios de otoño y en invierno, mientras que los mayores se registraron a fines del otoño y en primavera. En general, los indicadores de la densidad fueron congruentes con los de cobertura, excepto en el crucero de principio de otoño



(9803) que aun cuando se registró un IC relativamente alto, las agregaciones fueron de baja densidad. Es importante destacar que una de las más altas densidades de esta especie, corresponde con el período de reclutamiento (MOBIO 9812) y se registraron en gran parte en los sectores cercanos a la costa.

El ID de jurel presentó una tendencia alcista desde el otoño hacia el invierno, variando entre 8,9 y 18,7 t/mn², observándose una congruencia entre el mayor IC, detectado en el otoño y el ID del mismo período.

En el caso de la caballa, y aún cuando los IC indican un brusco cambio entre fines de otoño e invierno, los ID indican que las pocas agregaciones que se detectaron presentaron densidades relativamente altas.





IX. DISCUSIÓN

Durante el verano de 1998 se observó la intrusión de aguas de origen Subtropical que llegaron hasta la zona costera elevando la temperatura y la salinidad hasta + 6°C y + 0,5 psu, por sobre los promedios históricos. La presencia de esta masa de agua tuvo profundos efectos sobre la estructura biológica del ecosistema, reduciendo la biomasa de pigmentos fitoplanctónicos hasta concentraciones de 0,2 µg/L, en algunos casos extremos estos valores llegaron a ser inferiores pero estarían asociados a complejo fotosintéticos que no son cuantificables por la técnica usada.

Independientemente de la presencia conspicua de masas de agua oligotróficas, o de alta salinidad y temperatura, en toda la zona muestreada, se detectó algunos núcleos de concentración relativamente altas de clorofila respecto de las masa de agua circundantes, las que eventualmente están asociadas a la presencia de sistemas frontales que permitieron la acumulación de la producción biológica, lo que ha sido demostrado en experimentos de producción primaria durante eventos de El Niño, en los que se midió tasas de asimilación de carbono propias de sistemas altamente productivos (i.e > 1000 mgC/cloa*m⁻³ día⁻¹) en zonas con sistemas frontales (Daneri y González, 1998).

Durante el mismo período de verano la anchoveta incrementó su distribución geográfica en sentido latitudinal, pero al mismo tiempo disminuyó su densidad, en un 50% respecto del año anterior. En el caso de la sardina, por primera vez no se detectó larvas y escasa presencia de huevos, no obstante ser este período del año su época de pick secundario de desove. Respecto del recurso jurel, no se detectó larvas ni huevos. Por el contrario el recurso caballa presentó en cuanto a cobertura geográfica el segundo registro más significativo para la fase de huevos y el más importante para las fases larvarias, respecto de la serie histórica.

En el mes de agosto se observó que los valores de temperatura y la salinidad llegan a ser cercanas a los valores históricos, con anomalías de 0 a -1 °C y 0 a -0,1 psu, lo que indicó una disminución general de la presencia de El Niño en la zona. Junto con la relajación en la



intensidad de la presencia de masa de agua Subtropical, estuvo asociada la intensificación de los afloramientos, causando la formación de frentes costeros que permitieron la acumulación de concentraciones significativas de biomasa fitoplanctónica, la que llegó a ser hasta un orden de magnitud superior en agosto, respecto de los cruceros precedentes de mayo y febrero-marzo. Los valores de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto observadas en el sector costero, permiten indicar que el agua surgente corresponde en gran parte a la masa de agua Subantártica, y no de masa de agua Ecuatorial Subsuperficial, debido a que el viento no tuvo la intensidad ni constancia suficiente para hacer surgir este tipo de agua. Como efecto importante de esta forma de surgencia el mínimo de oxígeno disuelto no alcanzó la superficie en el sector costero durante todo el año.

La anchoveta en agosto presentó una disminución sustantiva en los estadios de huevos y larvas, con una disminución respecto del año anterior de 42,5 y 82,3 %, respectivamente. En el caso de la sardina, la densidad promedio de huevos y larvas señala una tendencia decreciente respecto de la serie histórica, constituyéndose en el segundo registro más bajo de la serie. Respecto del jurel y la caballa, al igual que en el verano, no se detectó huevos ni larvas.

En diciembre se incrementó la disminución de la temperatura y la salinidad respecto de los promedios históricos, pero sin que se observara un aumento en la concentración de clorofila en la zona costera, como el observado en agosto. Esta disminución de la biomasa fitoplanctónica es propia de la estacionalidad y estuvo asociada además al debilitamiento general de la circulación geostrofica, la que durante agosto fue más intensa y en sentido sur-norte, disminuyendo en diciembre. Este debilitamiento en la intensidad de los patrones de circulación, inhibió la probabilidad de generar surgencias costeras locales, que activaran los procesos biológicos de nivel primario.

En diciembre, la anchoveta presentó un incremento importante en la densidad promedio de huevos y una leve disminución en las larvas, respecto del año anterior, con un 33 % y –



3,2% para ambos estadios, respectivamente. Con respecto a sardina las densidades promedio acusan con respecto a 1997, un significativo incremento para la fase huevos, experimentando las larvas una disminución igual a 65%. En relación a jurel y al igual que lo reportado para las estaciones de verano, otoño e invierno de 1998 no se registraron huevos ni larvas de esta especie.

La zona oceánica a pesar de los cambios en el campo termohalino, mantuvo los niveles de biomasa fitoplanctónica en forma cuasi-constante, lo que es propio de sistemas que son considerados como en "estado estacionario" desde el punto de vista de la biomasa de cloa. Al mismo tiempo, en algunas zonas de más altas temperaturas y salinidades se midió ocasionalmente valores de cloa iguales a 0,02 $\mu\text{g/L}$, y que no son propias del ecosistema marino (Ulloa, coms pers), esto se podría deber a la presencia de fitoplancteres con características quimiotaaxonómicas diferentes a las "normales", las que no pueden ser resueltas con las técnicas oceanográficas en uso. Razón por la cual se utilizó la concentración total de pigmentos o clot para obviar esta situación, la que no obstante queda sin resolver.

El Fenómeno de El Niño impactó fuertemente al ecosistema de la zona norte de Chile, con disminuciones significativas en la densidad de larvas y huevos de especies pelágicas especialmente la anchoveta y sardina, encontrándose las solamente en las cercanías de la zona costera y en bajas densidades. En el otoño, el sistema en su totalidad estuvo en condiciones semejantes a marzo. En agosto, el sistema tendió a la normalidad y comenzaron a prevalecer condiciones oceanográficas consideradas normales para la zona, no obstante la anchoveta y la sardina no presentaron un acoplamiento con esta recuperación del ecosistema, presentando densidades bajas, aún cuando la oferta ambiental de biomasa fitoplanctónica fue alta y solamente comenzaron a aumentar sus densidades relativas en el periodo correspondiente a la primavera (diciembre), aunque la concentración de clorofila a disminuyó, pero no se puede desconocer que este nivel de biomasa fitoplanctónica puede tener un alta tasa de producción primaria.



La información acústica indica que durante los cuatro cruceros realizados en 1998, la anchoveta fue la especie más frecuente y más abundante, presentando el jurel algunos niveles de agregación relativamente más altos a fines de otoño, mientras que la caballa tuvo una presencia escasa y esporádica en otoño tendiendo a desaparecer en el invierno y primavera. Con respecto a sardina, estuvo virtualmente ausente durante todo el año. Cabe señalar que en la primavera el bacaladillo y el pez linterna presentaron importantes niveles de agregación y altos valores de densidad, especialmente éste último.

La extensa distribución vertical presentada por la anchoveta en las estaciones cálidas se redujo a límites típicos en el invierno y primavera localizándose entre los 10 y los 60 m de profundidad, registrándose sobre el 75% de los cardúmenes en los primeros 20 m de profundidad, situación inversa a la observada durante el otoño, en que la mayor proporción de cardúmenes de anchoveta se detectó entre 50 y 80 m de profundidad.



X. CONCLUSIONES

Los valores de temperatura medidos concuerdan con lo señalado por los índices globales y costeros, confirmando el término, durante el mes de mayo de 1998, de uno de los eventos de El Niño de mayor magnitud que se hayan registrado. Sin embargo los valores de salinidad se mantienen levemente más elevados hasta el invierno y primavera. El viento predominante fue del S y SW, registrándose la mayor intensidad durante el verano y primavera y la menor intensidad durante el invierno y el otoño de 1998.

Se determinó la presencia de las 4 masas de agua descritas para la zona, predominando en superficie el Agua Subtropical, que alcanzó en verano valores superiores a los 26°C en temperatura y 35,7 psu en salinidad, valores que disminuyeron notoriamente hacia la primavera.

Los principales centros de surgencia durante el año 1998 se ubicaron en el sector de la península de Mejillones, Tocopilla, Punta Lobos, Punta Patache y de Punta Baquedano a Pisagua.

Durante el verano y el invierno la circulación en la columna de agua presentó solo un intenso flujo hacia el ecuador. En otoño y primavera los flujos concuerdan con los patrones normales de circulación en la zona.

La situación oceanográfica frente a la costa norte, se encuentra en una fase de normalización y de cambio hacia condiciones relativamente frías.

La zona norte estuvo bajo un régimen oligotrófico en el período correspondiente a febrero y mayo de 1998, provocado por la presencia de masas de agua más cálidas y salinas en la zona, con valores de biomasa fitoplanctónica en el rango 0,2 a 0,4 $\mu\text{g/L}$. Aunque prácticamente toda el área estuvo bajo un régimen oligotrófico, se detectaron zonas en las que la clorofila fue 5 veces mayor que la zona circundante, vale decir aumentó de 0,2 a 1 $\mu\text{g/L}$, indicando la influencia positiva que



tienen los frentes costeros en la mantención de parches aislados de biomasa fitoplanctónica, que pueden ser utilizados por algunas especies pelágicas de altos requerimientos nutricionales, tales como pequeños peces pelágicos.

Posteriormente a la relajación de este fenómeno, la biomasa fitoplanctónica se recuperó hasta alcanzar en algunas zonas valores mayores en un orden de magnitud a los observados en los meses de febrero-marzo y mayo, con núcleos de alta concentración que llegaron, en algunos casos, hasta los 10 $\mu\text{g/L}$.

En las estaciones de vigilancia oceanográfica se observó la misma tendencia en los datos, especialmente en Arica e Iquique, es decir baja concentración de cloa hasta mayo, para tender a recuperarse durante los florecimientos fitoplanctónicos de la primavera. No obstante esta tendencia, fue posible observar pequeños máximos de cloa en el apogeo de El Niño, lo que indica la importancia de la formación de frentes costeros aún durante eventos cálidos.

La variación temporal en la intensidad de desove de la anchoveta, muestra que la fase de huevos presenta una tendencia general ascendente, con tres picos de abundancia significativamente importantes, los que se registran en primavera de 1997, invierno de 1998 y primavera de 1996, experimentando descensos importantes en la intensidad del desove durante los períodos verano/otoño de 1997, otoño/invierno de 1996 y la menos significativa se presentó en verano otoño de 1998.

Las fases larvarias de anchoveta, muestran una tendencia general descendente con mínimos de magnitudes similares a las exhibidas por el estadio de huevos, las que se registran en los períodos de verano otoño de 1996, 1997 y 1998, presentándose las máximas abundancias en los inviernos de 1997 y 1996.

En términos generales los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina registrados durante los cruces estacionales de monitoreo, señalan que el ciclo de desove de esta especie, se



encuentra en un nivel muy bajo, lo cual corrobora la declinación del potencial reproductivo que esta especie ha experimentado a partir de 1985 en la zona norte, no mostrando señales de recuperación.

La biomasa zooplanctónica, estuvo constituida principalmente por copépodos (80%), y fluctuó entre 4 y 2.552 ml/1.000 m³, correspondiendo ambos valores extremos a los cruceros realizados en otoño Fase1 e invierno de 1998 respectivamente, observándose como tendencia general en los cruceros de monitoreo, una disminución de la biomasa zooplanctónica hacia las estaciones más oceánicas.

Durante los cruceros estacionales de monitoreo realizados en 1998, la anchoveta fue la especie más frecuente y más abundante. El jurel presentó algunos niveles de agregación relativamente más altos en el crucero de fines de otoño (9805), mientras que la caballa tuvo una presencia escasa y esporádica en otoño, tendiendo a desaparecer en el invierno y primavera. La sardina estuvo virtualmente ausente durante todo el año. El bacaladillo y el pez linterna presentaron importantes niveles de agregación en el crucero de primavera (9812) y altos valores de densidad, especialmente el pez linterna.

El análisis de la distribución espacial de la anchoveta en los cuatro cruceros considerados (2 en otoño, invierno y primavera), sugiere un incremento en los niveles de abundancia de la especie desde el invierno hacia la primavera, con una mayor ocupación espacial y con una aproximación hacia la costa en esta última estación.

Las mayores agregaciones de jurel se registraron durante el otoño siendo más abundante a fines de esa estación (9805), durante el crucero de principios de otoño (MOBIO 9803), el jurel se detectó en forma esporádica y escasa en densidades bajas, ubicándose preferentemente al sur de la zona de estudio hasta las 85 mn de la costa.



La distribución vertical del jurel en el otoño (9805) fue bastante amplia localizándose entre los 10 y 240 m de profundidad, presentando una distribución bimodal, con modas entre 130 y 190 m, asociado a temperaturas de 13 a 14 °C, salinidades en torno a los 34,8 psu; y oxígeno disuelto entre 0,5 y 1,5 ml/L. Durante el invierno (9808), la distribución vertical de esta especie se redujo a niveles más típicos localizándose entre los 10 y 40 m de profundidad, asociado a temperaturas de 15 y 17°C y salinidades en torno a los 34,9 psu.

En el crucero de primavera (MOBIO 9812), se detectó la presencia de bacaladillo (*Normanichthys crockeri*) y pez linterna (*Viciguerria lucetia*) en pequeñas agregaciones de alta densidad, en el caso del bacaladillo, su presencia estuvo localizada en las primeras 10 mn desde Punta Chilena (21°30'S) hasta el paralelo 22°20'S, sector que registró las mayores agregaciones, y en las cercanías de Arica que presentó niveles de densidad menor.



XI. 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 87 a 98. 1998. Boletín de Alerta Climático. Enero a Diciembre 1998. CPPS.
- Bakun, A. 1985. Comparative studies and the recruitment problem: Searching for generalizations. CalCOFI Rep., Vol. XXVI.
- Bakun, A. and R. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Perú current systems. CalCOFI rep., Vol XXIII, 99-112.
- Bakun, A. and C. Nelson. 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. J. Phys. Oceanogr., 21, 1815-1834.
- Balbontín, F. M. Garretón. 1977. Desove y primeras fases de desarrollo de la Sardina Española, *Sardinops sagax*, en Valparaíso. Rev. Biol. Mar, 16(2) : 171-181.
- Balbontín, F. y R. Pérez. 1980. Descripción de los estados larvales de *Normanichthys crockeri* Clark (Perciformes: Normanichthyidae) del área de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Valparaíso, 17:81-95.
- Bjerknes, J. 1966. A Possible Response of the Atmospheric Hadley Circulation to Equatorial Anomalies of Ocean Temperature. Tellus, 18(4): 820-829.
- 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. 1991. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile durante julio-agosto de 1991. En: Evaluación directa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica zona norte julio-agosto 1991. Programa de 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.
- Carpenter, J. H. 1965. The chasepeake 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.
- Daneri, H. Y H. Gonzalez. 1998. Productividad Primaria y Secundaria durante el reclutamiento de anchoveta en el verano de 1998. En : Estimación del Reclutamiento de Anchoveta en las Regiones I y II. Informe Final FIP 97-51, Diciembre 1998. 201 pp. + 84 Figs, 20 Tablas.
- 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.
- Footte, K., H. Knudsen, G. Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.
- Fuenzalida, H. 1971. Climatología de Chile. Departamento de Física y Geodesia, Universidad de Chile, 73 pp.
- Fuenzalida, R. 1989. Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar 1: 37-47.
- Frontier, S. 1966. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I) Programa des récoltes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.



- Greenwood, P., D. Rosem, S. Weitzman y G. Myers. 1966. Phyletic studies of teleosteam fishes, with a provisional classification of 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.
- Hellerman, S. and M. Rosenstein. 1983. Normal Monthly Wind Stress Over the World Ocean with Error Estimates. *J. Phys. Oceanogr.*, 13, 1093-1104.
- 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.
- JMA, 1997. Monthly Report on Climate System de enero a mayo 1997. Japan Meteorological Agency.
- 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.
- Kelly, R., R. Rubio y J. Osses. 1988. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile en invierno de 1988. IFOP. En: Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y



vigilancia bio-oceanográfica, zona norte, agosto 1988. Programa de investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.

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.

Montecinos, A. 1991. Efecto del Fenómeno El Niño en los vientos favorables a la surgencia costera en la zona norte de Chile. Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso. 143 pp.

Moser, H.G. and E.H. Ahlstrom. 1970. Development of lantern fishes (family Myctophidae) in the California 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.
- Retamales, R. Y L.González. Aspectos reproductivos de la "caballa" (*Scomber japonicus peruanus*) en la zona norte de Chile (manuscrito).
- Reynolds, R. 1982. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Technical Report NNS-31, National Meteorological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- 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 Anchoveta 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, Paris: 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, R.1968. Upwelling. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 6: 11-46. Harold Barnes, Ed.
- 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.
- Staufer, 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.
- Staufer, 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.
- 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.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

TABLAS

Tabla 1
 Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO1 - 9803.

N° EST	FECHA		HORA		LAT		LONG		RED CÓDIGO	MALLA	RED	PROF. FLUJÓMETRO ECOS. COD. N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ARR. ANG.	TEMP(C) 0m	SALINI. 0m	PRESIÓN ATMOSF. SECA	TEMP. HUMEDA	SECCHI	OLAS		VIENTO		NUBES												
	AA	MM	DD	HH	MM	GR	MIN	GR													ALT.	DIR.	ALT.	DIR.	VEL. TIP.	CANT.											
1	98	3	1	6	51	23	40	0	70	260	03	297	83 A09	510	1	55	1	53	75	8	21	62	35	13	4	0	0										
2	98	3	1	8	5	23	40	0	70	302	03	297	144 A09	685	1	56	1	44	100	6	21	32	35	13	4	0	0										
3	98	3	1	10	8	23	40	0	70	359	03	297	531 A09	793	1	47	1	46	100	16	20	52	35	04	4	5	22	5									
4	98	3	1	12	37	23	40	0	70	466	03	297	2400 A09	708	1	44	1	38	100	4	21	79	35	11	4	5	24	0									
5	98	3	1	16	12	23	40	0	71	81	03	297	4000 A09	740	1	57	2	19	100	15	23	16	35	11	4	0	0	0									
6	98	3	1	21	5	23	40	0	71	40.8	03	297	4000 A09	781	1	43	1	38	100	18	23	81	35	48	5	1	18	16	0	0							
7	98	3	2	1	55	23	40	0	72	132	03	297	4000 A09	720	1	50	1	48	100	4	23	99	35	59	6	0	0	0	0								
8	98	3	3	0	44	22	20	0	70	168	03	297	121 A09	970	2	15	1	42	100	20	21	83	35	19	5	0	0	0	0								
9	98	3	3	1	58	22	20	0	70	203	03	297	380 A09	760	1	43	1	44	100	16	22	59	35	25	5	0	0	0	0	0							
10	98	3	3	4	5	22	20	0	70	259	03	297	881 A09	828	2	24	2	0	100	16	22	32	35	22	4	0	0	0	0	0							
11	98	3	3	6	11	22	20	0	70	365	03	297	1259 A09	735	2	13	1	54	100	6	23	22	35	30	5	5	20	0	0	0							
12	98	3	3	10	4	22	20	0	70	575	03	297	4000 A09	745	1	37	1	38	100	7	22	48	35	26	6	5	23	5	19	17	0	0					
13	98	3	3	15	0	22	20	0	71	30.5	03	297	4000 A09	748	1	50	1	42	100	12	24	81	35	58	6	0	0	0	0	0	0						
14	98	3	3	20	5	22	20	0	72	2.5	03	297	4000 A09	702	1	48	1	43	100	6	25	40	35	71	5	0	0	0	0	0	0	0					
15	98	3	4	15	20	21	71	24.5	03	297	5000 A09	822	1	47	1	47	1	47	100	14	25	21	35	59	5	0	28	0	26	0	0	2					
16	98	3	4	20	24	21	70	52.0	03	297	3000 A09	795	1	57	2	8	100	11	24	31	24	31	35	49	4	0	25	0	22	0	0	0	6				
17	98	3	5	0	35	21	70	30.4	03	297	770 A09	728	1	46	1	38	100	25	23	72	35	41	5	0	23	0	20	0	20	0	0	0	6				
18	98	3	5	3	10	21	70	21.4	03	297	110 A09	710	2	6	1	54	100	5	21	51	35	18	4	5	22	0	20	0	20	0	0	0	6				
19	98	3	5	4	37	21	70	15.3	03	297	95 A09	660	1	36	90	23	1	36	90	23	21	15	35	18	4	5	22	0	20	0	0	0	6				
20	98	3	5	5	35	21	70	12.0	03	297	78 A09	540	1	24	1	27	70	12	21	14	21	14	35	18	4	5	22	0	20	0	0	0	6				
21	98	3	5	18	50	19	40	0	70	11.4	03	297	68 A09	412	0	59	0	59	60	14	21	28	35	13	3	3	30	0	20	0	0	0	0	0			
22	98	3	5	19	52	19	40	0	70	16.0	03	297	251 A09	671	1	39	1	41	100	20	22	66	35	24	4	0	24	5	22	5	22	5	0	0	0		
23	98	3	5	21	11	19	40	0	70	21.0	03	297	669 A09	742	1	40	1	52	100	21	22	96	35	27	5	0	23	5	22	5	22	5	0	0	0		
24	98	3	5	23	31	19	40	0	70	31.4	03	297	803 A09	708	2	19	1	41	100	21	24	08	35	34	5	0	23	5	22	5	22	5	0	0	0		
25	98	3	6	6	6	19	40	0	70	52.5	03	297	2200 A09	928	2	17	2	15	100	25	25	09	35	62	3	0	24	0	22	0	21	0	0	0	0		
26	98	3	6	6	6	19	40	0	70	52.5	03	297	4000 A09	911	2	10	2	10	100	6	25	80	35	64	4	5	25	0	20	0	20	0	0	0	0		
27	98	3	6	16	10	19	40	0	71	56.0	03	297	4000 A09	700	2	9	1	38	100	6	25	80	35	64	4	5	25	0	20	0	20	0	0	0	0		
28	98	3	7	2	43	18	25	0	72	4.5	03	297	5000 A09	660	1	50	1	36	100	2	26	04	35	68	4	0	25	5	24	0	20	0	0	0	0		
29	98	3	7	7	55	18	25	0	71	33.0	03	297	2000 A09	680	1	45	1	49	100	1	25	86	35	78	4	0	25	0	20	0	20	0	0	0	0		
30	98	3	7	13	6	18	25	0	71	1.6	03	297	926 A09	642	1	44	1	45	100	9	26	86	35	66	4	0	25	0	20	0	20	0	0	0	0	0	
31	98	3	7	16	45	18	25	0	70	40.5	03	297	660 A09	746	1	45	1	46	100	20	26	02	35	66	4	0	28	0	20	0	20	0	0	0	0	0	
32	98	3	7	19	15	18	25	0	70	30.2	03	297	110 A09	765	1	38	1	50	100	15	22	86	35	32	3	5	27	5	26	0	20	0	0	0	0	0	
33	98	3	7	20	25	18	25	0	70	25.0	03	297	67 A09	440	1	8	60	11	23	18	33	18	35	28	4	0	25	5	26	0	20	0	0	0	0	0	
34	98	3	7	21	59	18	25	0	70	21.3	03	297	19 A09	89	0	19	0	17	15	13	23	07	35	30	5	2	24	3	23	5	26	0	20	0	0	0	0
35	98	3	28	18	47	23	10	70	22.0	03	297	77 A09	512	1	17	1	33	70	18	21	35	30	14	4	0	26	0	20	0	20	0	0	0	0	0	0	
M203-IQUIQUE	98	3	5	12	49	20	11	0	70	11.0	03	297	95 A09	658	1	21	1	22	90	17	20	74	35	21	8	5	23	0	20	0	0	0	0	0	0		
M103-ARICA	98	3	7	21	6	18	23	5	70	25.4	03	297	65 A09	458	1	7	0	58	60	10	23	02	35	29	4	5	24	5	23	5	26	0	20	0	0	0	0

Tabla 3

Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO2 - 9805 FASE 2.

N° EST	FECHA		HORA		LAT		LONG		RED	CODIGO MALLA	PROF. FLUJÓMETRO ECOS. COD. N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG ARR.	CABLE ANG.	TEMP(°C) 0m	SALINI. 0m	PRESIÓN ATMOSF. SECA	TEMP-AIRE HUMEDA	SECHI	OLAS		VIENTO VEL. TIP. CANT.	NUBES TIP. CANT.										
	AA	MM	DD	HH	MM	GR	MIN	GR												ALT. DIR.	DIR.												
1	98	5	26	0	55	23	40	0	70	260	03	297	85	A09	558	1	52	1	37	80	7	16.94	34.753	8.0	16.5	15.5	0	20	14	01	7	2	
2	98	5	26	2	0	23	40	0	70	30.2	03	297	143	A09	790	2	4	1	59	100	14	16.53	34.755	8.0	16.5	15.5	1	17	15	04	7	2	
3	98	5	26	3	15	23	40	0	70	35.7	03	297	480	A09	880	2	14	2	18	100	17	17.06	34.722	9.0	15.5	15.0	1	17	16	04	7	2	
4	98	5	26	5	22	23	40	0	70	46.6	03	297	2000	A09	828	2	36	1	47	100	25	18.18	34.870	8.0	17.0	18.0	1	17	17	04	7	2	
5	98	5	26	9	7	23	40	0	71	6.2	03	297	4000	A09	821	1	38	1	37	100	18	18.88	34.990	9.5	18.5	17.5	22	1	19	19	04	6	4
6	98	5	26	15	0	23	40	0	71	40.8	03	297	5000	A09	768	1	59	1	46	100	17	18.78	34.807	9.5	19.0	17.5	16	1	18	18	02	6	6
7	98	5	26	19	45	23	40	0	72	13.2	03	297	4000	A09	762	1	45	1	42	100	2	18.25	35.038	10.2	19.0	17.5	0	18	18	03	0	0	
8	98	5	27	7	4	22	20	0	72	2.2	03	297	4000	A09	705	2	18	2	1	100	2	20.78	35.458	12.1	19.0	18.0	23	0	19	19	01	6	8
9	98	5	27	12	10	22	20	0	71	30.2	03	297	4000	A09	715	1	40	1	52	100	21	18.18	35.039	13.0	22.0	20.0	23	0	19	19	01	6	8
10	98	5	27	17	15	22	20	0	70	57.5	03	297	5000	A09	705	1	56	2	7	100	2	18.68	35.185	12.0	23.5	20.0	17	1	13	10	03	7	2
11	98	5	27	20	55	22	20	0	70	38.5	03	297	1256	A09	720	1	54	1	48	100	9	18.77	35.052	13.0	19.0	17.5	0	15	15	04	0	0	
12	98	5	27	23	27	22	20	0	70	25.9	03	297	875	A09	735	1	36	1	42	100	10	17.03	34.807	13.0	18.0	16.5	1	16	15	04	0	0	
13	98	5	28	1	9	22	20	0	70	20.3	03	297	375	A09	830	2	6	2	3	100	13	18.37	35.148	13.0	18.0	16.5	1	16	16	04	7	1	
14	98	5	28	2	28	22	20	0	70	16.5	03	297	116	A09	740	1	43	1	53	100	3	17.84	34.918	13.0	18.0	16.5	1	16	16	03	7	1	
15	98	5	28	14	55	21	0	70	11.2	03	297	73	A09	495	1	11	1	23	65	17	18.22	34.873	12.0	22.5	22.0	17	1	14	13	04	8	1	
16	98	5	28	15	58	21	0	70	15.3	03	297	94	A09	598	1	34	1	50	90	2	18.61	34.895	12.0	22.5	20.1	11	1	14	13	04	8	1	
17	98	5	28	17	10	21	0	70	21.4	03	297	112	A09	681	1	41	2	2	100	12	18.22	34.980	12.0	19.0	17.0	11	1	16	15	03	6	5	
18	98	5	28	18	53	21	0	70	30.5	03	297	796	A09	730	1	43	1	40	100	14	18.37	35.025	12.0	18.5	17.5	26	2	16	15	04	6	8	
19	98	5	28	22	29	21	0	70	52.0	03	297	3000	A09	740	1	47	1	30	100	9	20.22	35.250	13.2	19.2	17.3	21	2	16	15	03	6	7	
20	98	5	29	3	25	21	0	71	24.5	03	297	5000	A09	850	2	30	1	58	100	22	20.88	35.431	13.0	19.0	17.0	23	3	15	14	05	6	8	
21	98	5	29	8	14	21	0	71	55.6	03	297	5000	A09	610	1	36	1	30	100	4	21.17	35.493	13.1	19.5	17.5	26	2	16	15	04	6	8	
22	98	5	29	12	52	21	0	72	26.0	03	297	4000	A09	760	1	47	1	54	100	9	21.16	35.500	13.0	20.0	18.0	21	2	16	15	04	6	8	
23	98	5	29	17	45	21	0	72	58.4	03	297	4500	A09	860	1	46	1	41	100	23	20.88	35.470	11.0	20.0	18.0	21	3	14	12	05	9	8	
24	98	5	29	22	43	21	0	73	30.0	03	297	4000	A09	880	1	47	1	41	100	24	20.76	35.583	12.0	19.5	17.5	23	3	15	14	05	6	8	
25	98	5	30	10	5	19	40	0	73	32.0	03	297	4000	A09	835	1	52	1	40	100	10	21.68	35.712	10.5	20.6	18.5	23	3	16	15	03	6	8
26	98	5	30	15	10	19	40	0	72	58.5	03	297	4000	A09	910	1	55	2	0	100	8	21.78	35.710	8.5	22.5	20.0	24	3	16	14	04	9	8
27	98	5	30	19	40	19	40	0	72	28.0	03	297	4000	A09	830	2	2	2	0	100	9	21.85	35.686	9.2	20.7	18.6	24	3	16	14	04	9	8
28	98	5	31	0	37	19	40	0	71	56.0	03	297	4000	A09	710	2	12	1	46	100	12	21.77	35.707	10.5	20.5	18.5	23	1	15	15	03	6	8
29	98	5	31	5	35	19	40	0	71	24.5	03	297	4000	A09	744	2	18	1	38	100	10	20.85	35.372	10.0	20.0	18.0	24	1	14	10	03	6	8
30	98	5	31	10	30	19	40	0	70	52.5	03	297	3000	A09	689	1	45	1	49	100	14	21.41	35.574	11.0	21.6	18.7	24	2	15	10	02	6	8
31	98	5	31	14	9	19	40	0	70	31.4	03	297	803	A09	708	1	49	2	0	100	14	21.35	35.580	9.5	22.5	20.0	24	2	15	15	03	9	8
32	98	5	31	16	33	19	40	0	70	21.0	03	297	677	A09	852	1	38	1	59	100	20	21.05	35.504	9.3	22.0	20.0	18	2	14	13	03	6	7
33	98	5	31	18	26	19	40	0	70	16.0	03	297	259	A09	890	1	47	1	38	100	15	18.20	34.902	10.0	19.5	18.5	24	2	14	14	03	6	5
34	98	5	31	19	42	19	40	0	70	11.8	03	297	84	A09	510	1	40	1	34	75	18	17.08	34.851	10.5	18.7	17.5	16	0	14	12	01	0	0
35	98	6	1	11	57	18	25	0	72	4.5	03	297	5000	A09	760	1	50	1	53	100	24	20.63	35.307	10.5	20.5	18.5	16	3	17	15	03	6	8
36	98	6	1	16	48	18	25	0	71	33.0	03	297	2000	A09	790	1	58	2	5	100	8	20.23	35.181	8.5	20.5	18.0	11	2	12	14	03	6	8
37	98	6	1	21	35	18	25	0	71	1.6	03	297	944	A09	718	2	6	1	52	100	2	19.84	35.124	11.0	19.7	18.2	11	2	18	16	03	0	0
38	98	6	2	1	15	18	25	0	70	40.5	03	297	660	A09	680	2	2	1	40	100	6	20.03	35.230	10.0	19.5	18.0	24	1	17	16	02	6	8
39	98	6	2	3	50	18	25	0	70	29.7	03	297	106	A09	720	2	17	1	44	100	25	17.86	34.907	10.0	19.5	18.0	24	1	10	06	02	6	7
40	98	6	2	5	2	18	25	0	70	25.0	03	297	17	A09	498	1	13	0	57	60	10	17.18	34.855	10.0	19.5	18.0	12	0	10	16	01	6	7
41	98	6	2	6	45	18	25	0	70	21.0	03	297	17	A09	80	0	33	0	19	10	14	17.53	34.871	19.5	17.5	11.5	12	0	12	04	02	2	8
M305-MEJILLONES	98	5	25	14	0	23	0	0	70	22.0	03	297	83	A09	477	1	13	1	14	75	5	9.0	21.0	19.0	12	1	28	28	02	7	1		
M205-IGUIQUE	98	6	3	1	7	20	12	0	70	11.5	03	297	95	A09	623	1	37	1	33	90	25	17.58	34.887	12.5	17.5	16.5	0	06	06	02	6	8	
M105-ARICA	98	6	2	5	45	18	23	0	70	25.4	03	297	62	A09	413	0	58	0	58	55	18	17.05	34.852	9.5	17.5	16.0	0	10	10	02	6	7	

Tabla 4
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO3 - 9808.

N° EST	FECHA		HORA		LAT		LONG		RED CODIGO	RED MALLA	PROF. FLUJÓMETRO ECOS. COD. N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ANG.	TEMP(°C) 0m	SALINI. 0m	PRESION ATMOSF.	TEMP.AIRE SECA HUMEDA	SECCHI	OLAS		VIENTO DIR. VEL. TIP. CAN.	NUBES TIP. CAN.							
	AA	MM	DD	HH	MM	GR	MIN	GR												ALT.	DIR.									
1	98	8	27	21	22	23	40	70	260	03	297	582	1	50	1	39	80	2	15.01	34.58	11.0	14.5	12.5	0	23	09	01	0	0	
2	98	8	27	22	40	23	40	70	300	03	297	142	2	4	1	46	100	9	14.76	34.59	11.5	14.0	12.0	4	23	18	04	0	0	
3	98	8	28	0	15	23	40	70	360	03	297	500	2	33	2	28	100	14	13.95	34.52	11.0	15.0	11.5	2	23	18	03	0	0	
4	98	8	28	3	0	23	40	70	460	03	297	2700	2	3	1	48	100	10	15.79	34.72	11.0	14.5	12.0	4	23	18	04	0	0	
5	98	8	28	7	16	23	40	71	80	03	297	4900	2	2	2	46	100	13	15.48	34.66	12.0	14.0	12.5	17	4	23	18	04	6	4
6	98	8	28	12	45	23	40	71	410	03	297	4900	1	46	1	46	100	22	15.63	34.64	11.5	16.0	14.0	19	4	23	18	04	6	5
7	98	8	28	17	55	23	40	72	130	03	297	4300	2	26	1	59	100	21	16.33	34.87	11.0	15.0	13.0	15	4	23	18	04	6	8
8	98	8	29	5	54	22	20	72	2.5	03	297	4190	2	4	1	52	100	11	16.15	34.92	9.0	15.0	12.5	16	1	23	14	03	6	8
9	98	8	29	10	59	22	20	71	300	03	297	4800	2	3	1	47	100	12	16.00	34.75	7.0	15.0	14.0	14	0	23	18	01	6	8
10	98	8	29	16	10	22	20	70	575	03	297	4808	2	3	1	47	100	12	16.00	34.75	7.0	17.0	15.0	14	2	23	18	02	6	8
11	98	8	29	19	55	22	20	70	360	03	297	1296	2	14	1	55	100	5	15.13	34.72	8.9	14.6	13.0	0	23	16	02	6	8	
12	98	8	30	1	46	22	20	70	265	03	297	638	1	49	1	41	100	3	14.26	34.63	9.9	14.5	12.0	0	23	18	01	6	8	
13	98	8	30	3	25	22	20	70	200	03	297	350	1	54	1	34	100	3	14.14	34.67	10.1	14.2	13.0	1	23	18	02	6	8	
14	98	8	30	4	50	22	20	70	160	03	297	103	1	32	1	31	90	15	14.07	34.72	10.0	13.5	12.0	2	23	18	03	0	0	
15	98	8	30	17	8	21	00	70	110	03	297	70	1	0	1	0	60	12	14.98	34.77	9.2	18.0	16.0	5	4	23	14	04	0	0
16	98	8	30	18	13	21	00	70	155	03	297	94	1	32	1	22	85	5	15.18	34.63	12.0	15.5	14.0	6	2	23	18	03	0	0
17	98	8	30	19	19	21	00	70	207	03	297	107	1	35	1	25	100	14	15.78	34.73	11.0	15.0	13.8	4	23	18	03	0	0	
18	98	8	30	21	4	21	00	70	315	03	297	780	1	32	1	26	100	8	15.45	34.60	12.0	15.0	13.0	0	23	18	03	0	0	
19	98	8	31	0	33	21	00	70	530	03	297	2680	1	47	1	42	100	7	16.37	34.88	9.5	15.0	14.0	0	23	14	01	0	0	
20	98	8	31	5	28	21	00	71	24.5	03	297	4345	1	56	1	53	100	5	16.35	34.89	11.0	15.5	14.0	13	2	23	18	03	0	0
21	98	8	31	10	38	21	00	71	56.4	03	297	4300	1	41	1	38	100	7	16.29	34.92	12.0	16.5	14.5	0	23	14	02	0	0	
22	98	8	31	6	34	19	40	70	110	03	297	64	1	2	0	54	55	3	14.49	34.80	11.2	15.5	14.5	5	1	23	14	01	6	8
23	98	8	31	7	33	19	40	70	157	03	297	103	1	2	0	54	55	3	14.49	34.80	11.2	15.5	14.5	5	2	23	09	02	6	8
24	98	8	31	8	34	19	40	70	210	03	297	670	1	32	1	40	100	7	15.12	34.80	12.0	16.5	15.0	0	23	14	01	6	8	
25	98	8	31	10	34	19	40	70	310	03	297	797	1	49	1	35	100	5	16.64	34.82	12.2	17.0	15.0	10	1	23	14	02	6	4
26	98	8	31	13	44	19	40	70	520	03	297	2283	1	41	1	42	100	2	17.61	35.08	12.0	18.3	16.0	14	0	23	18	03	6	7
27	98	8	31	18	41	19	40	71	243	03	297	4500	1	49	1	46	100	20	17.26	35.02	10.0	16.5	15.0	0	23	18	03	6	7	
28	98	8	31	23	25	19	40	71	560	03	297	4500	1	44	1	49	100	3	17.61	35.21	12.0	15.0	14.5	10	2	23	05	01	6	8
29	98	8	31	25	10	18	25	72	4.5	03	297	2080	1	46	1	49	100	8	17.92	35.23	11.5	18.0	16.5	11	2	23	14	03	6	8
30	98	8	31	15	10	18	25	71	330	03	297	4500	1	44	1	39	100	10	18.25	35.28	9.1	21.2	19.0	11	1	23	09	03	6	8
31	98	8	31	20	17	18	25	71	1.7	03	297	926	1	34	1	39	100	10	18.15	35.26	11.0	23.0	21.0	0	23	14	03	0	0	
32	98	8	31	0	4	18	25	70	405	03	297	661	1	43	1	47	100	5	16.81	34.89	11.8	16.5	15.0	0	23	14	01	0	0	
33	98	8	31	3	16	18	25	70	300	03	297	110	1	53	1	49	100	3	15.88	34.77	11.0	15.5	14.0	0	23	09	01	0	0	
34	98	8	31	3	24	18	25	70	250	03	297	76	1	7	1	7	60	10	14.88	34.78	10.1	18.5	12.5	0	23	05	01	0	0	
35	98	8	31	5	19	18	25	70	212	03	297	17	0	18	0	23	13	4	15.01	34.81	11.0	14.5	12.0	0	23	09	01	0	0	
M108-ARICA	98	8	31	4	20	18	23	70	254	03	297	62	1	2	1	1	55	5	16.16	34.81	10.0	14.0	12.5	0	23	09	01	0	0	
M208-LOQUIE	98	8	31	1	50	20	11	70	100	03	297	43	0	36	0	44	35	4	14.40	34.80	11.5	15.5	14.0	0	23	09	01	0	0	
M308-MEJILLONES	98	8	27	12	20	23	00	70	220	03	297	85	1	37	1	34	80	11	14.20	34.68	11.8	18.0	15.0	19	0	23	27	03	0	0

Tabla 5
Bitácora de estaciones bio-oceanográficas y registro de datos meteorológicos. Crucero MOBIO4 - 9812.

N° EST	FECHA		HORA		LAT		LONG		RED CÓDIGO	RED MALLA	PROF. ECOS. COD.	FLUJÓMETRO N°FIN.	CALADO MIN SEG	VIRADO MIN SEG	CABLE ARR. ANGO.	TEMP(°C) 0m	PRESION ATMOSF. SECA 0m	TEMPAIRE HÚMEDA	SECCHI ALT.	OLAS DIR.	VIENTO DIR.	NUBES TIP. CAN.									
	AA	MM	DD	HH	MM	GR	MIN	GR																							
1	88	12	12	22	25	18	25.0	70	21.7	03	287	20	A08	112	0	31	0	40	15	4	18.90	34.73	17.0	19.5	18.0	0	20	09	01	0	0
2	88	12	12	23	49	18	25.0	70	28.0	03	287	60	A08	315	1	0	1	37	50	2	18.40	34.78	17.0	19.4	18.0	0	20	12	02	4	2
3	88	12	13	0	50	18	25.0	70	31.3	03	287	115	A08	843	1	13	2	21	100	2	18.92	34.78	17.0	19.0	18.0	0	20	12	02	4	2
4	88	12	13	2	20	18	25.0	70	41.8	03	287	737	A08	658	2	4	1	46	100	2	19.01	34.73	16.0	19.0	18.0	0	20	09	02	4	2
5	88	12	13	5	0	18	25.0	71	2.9	03	287	891	A08	725	2	10	1	43	100	19	21.84	35.19	14.0	19.0	19.5	0	22	12	02	6	6
6	88	12	13	8	40	18	25.0	71	34.7	03	287	2690	A08	818	2	0	1	35	100	19	21.50	35.05	15.0	20.0	19.0	0	22	14	03	6	8
7	88	12	13	12	30	18	25.0	72	6.2	03	287	4470	A08	692	1	57	1	34	100	14	22.55	35.33	15.0	25.0	22.0	0	18	18	04	4	8
8	88	12	13	17	45	18	44.3	72	3.2	03	287	6000	A08	810	2	11	1	46	100	17	22.54	35.11	14.0	24.0	21.0	0	20	18	04	6	7
9	88	12	13	20	29	19	3.0	72	1.6	03	287	6000	A08	717	1	48	1	35	100	17	22.36	35.33	15.0	22.0	20.0	0	20	18	03	6	6
10	88	12	13	23	5	19	21.9	71	59.4	03	287	6000	A08	738	1	47	1	45	100	10	22.23	35.31	16.0	21.0	19.0	0	20	17	03	6	6
11	88	12	14	1	35	19	40.0	71	57.2	03	287	4500	A08	708	1	42	1	34	100	15	22.26	35.28	16.0	22.0	21.0	0	20	19	02	0	0
12	88	12	14	5	40	19	40.0	71	25.4	03	287	6000	A08	720	2	3	1	46	100	9	21.24	34.86	13.6	20.0	18.0	0	20	16	02	0	2
13	88	12	14	9	30	18	40.0	70	53.6	03	287	2445	A08	730	1	51	1	30	100	3	21.43	34.85	14.5	21.0	19.0	0	16	13	02	6	4
14	88	12	14	13	15	19	40.0	70	32.3	03	287	783	A08	725	1	44	1	35	100	8	21.67	34.89	13.5	23.0	20.0	0	16	15	03	6	4
15	88	12	14	14	50	18	40.0	70	21.7	03	287	650	A08	685	1	53	1	35	100	6	21.01	34.80	13.0	25.0	22.0	0	17	16	03	6	2
16	88	12	14	16	0	19	40.0	70	16.3	03	287	400	A08	670	1	52	1	32	100	15	18.88	34.65	12.0	25.0	22.0	0	19	17	04	6	2
17	88	12	14	17	0	19	40.0	70	12.0	03	287	86	A08	610	1	38	1	22	80	20	19.83	34.62	11.5	25.0	21.5	0	19	16	03	6	2
18	88	12	15	0	25	20	23.9	70	38.2	03	287	1314	A08	665	1	46	1	42	100	4	21.69	35.15	15.0	20.0	18.0	0	19	20	02	6	1
19	88	12	15	4	10	20	38.0	71	4.6	03	287	5170	A08	770	1	48	1	35	100	24	19.36	34.74	14.0	20.0	18.5	0	18	16	00	6	1
20	88	12	15	7	40	20	48.3	71	31.3	03	287	5180	A08	738	1	45	1	32	100	19	21.34	34.90	14.0	20.5	18.0	0	21	17	02	6	3
21	88	12	15	11	10	21	0.0	71	57.5	03	287	4300	A08	750	1	46	1	50	100	19	21.49	35.05	15.0	25.0	19.0	0	22	17	04	0	2
22	88	12	15	15	15	21	0.0	71	25.5	03	287	6000	A08	750	2	2	1	42	100	13	22.13	35.11	13.5	25.5	21.5	0	21	17	04	8	2
23	88	12	15	19	17	21	0.0	70	53.3	03	287	3875	A08	700	1	48	1	36	100	18	21.46	34.85	12.5	21.5	19.0	0	21	18	04	6	7
24	88	12	15	22	12	21	0.0	70	32.0	03	287	860	A08	668	1	52	1	31	100	29	20.88	34.82	15.0	20.5	18.5	0	21	21	02	6	7
25	88	12	16	0	17	21	0.0	70	21.0	03	287	106	A08	638	1	48	1	32	100	8	18.35	34.50	15.0	20.5	19.0	0	21	21	02	6	7
26	88	12	16	1	18	21	0.0	70	15.0	03	287	65	A08	665	1	48	1	31	90	7	16.33	34.64	14.5	19.0	17.0	0	21	16	03	6	7
27	88	12	16	2	7	21	0.0	70	11.7	03	287	78	A08	578	1	22	1	7	70	13	15.42	34.65	14.5	18.0	17.0	0	21	16	03	6	7
28	88	12	16	5	0	21	20.0	70	11.6	03	287	106	A08	778	1	54	1	34	100	27	19.40	34.77	14.0	19.0	18.0	0	21	18	02	6	7
29	88	12	16	7	43	21	40.0	70	13.1	03	287	124	A08	712	1	44	1	31	100	17	18.22	34.77	14.0	19.5	18.0	0	21	17	02	6	6
30	88	12	16	12	32	22	0.0	70	14.2	03	287	130	A08	685	1	50	1	37	100	17	17.52	34.71	13.5	25.0	21.0	0	21	20	02	6	6
31	88	12	16	15	1	22	20.0	70	16.3	03	287	410	A08	725	1	52	1	41	100	15	19.38	28.03	13.0	24.0	20.0	0	21	20	02	6	6
32	88	12	16	15	48	22	20.0	70	20.8	03	287	106	A08	662	1	48	1	31	100	9	18.53	27.97	12.5	23.0	19.5	0	21	20	02	6	6
33	88	12	16	16	46	22	20.0	70	26.0	03	287	890	A08	682	1	55	1	36	100	0	18.28	33.81	12.0	22.0	18.5	0	21	21	02	6	6
34	88	12	16	18	0	22	20.0	70	36.8	03	287	1325	A08	780	1	55	1	41	100	16	21.42	34.95	11.5	19.0	19.0	0	21	20	03	6	4
35	88	12	16	21	46	22	20.0	70	58.3	03	287	4860	A08	746	1	47	1	38	100	15	21.73	34.94	14.0	20.0	18.0	0	20	20	03	6	8
36	88	12	17	1	54	22	20.0	71	30.7	03	287	4333	A08	730	1	50	1	40	100	17	20.34	34.75	14.5	20.0	18.5	0	20	20	03	6	7
37	88	12	17	5	51	22	20.0	72	3.4	03	287	4333	A08	787	1	53	1	37	100	25	19.87	34.68	14.5	19.0	17.5	0	20	18	03	6	8
38	88	12	17	9	10	22	42.0	72	6.0	03	287	4200	A08	775	1	58	1	39	100	21	19.63	34.68	15.0	14.5	16.5	0	20	18	04	6	8
39	88	12	17	12	31	23	4.0	72	9.7	03	287	4250	A08	758	1	42	1	36	100	13	19.74	34.68	14.0	22.5	19.0	0	20	19	05	6	7
40	88	12	17	15	38	23	26.4	72	11.6	03	287	4330	A08	810	1	59	1	33	100	20	20.06	34.87	13.0	21.5	18.0	0	20	18	04	6	5
41	88	12	17	17	52	23	40.0	72	14.2	03	287	4300	A08	712	2	8	1	34	100	16	19.33	34.75	12.4	20.5	17.0	0	20	18	04	6	3
42	88	12	17	21	50	23	40.0	71	41.4	03	287	5250	A08	763	1	48	1	40	100	18	19.32	34.58	14.5	18.6	15.0	0	20	18	03	6	8
43	88	12	18	2	43	23	40.0	71	8.6	03	287	6000	A08	775	1	43	1	35	100	10	18.38	34.52	15.0	18.0	17.0	0	20	16	02	6	8
44	88	12	18	5	20	23	40.2	70	47.8	03	287	2320	A08	780	1	56	1	41	100	17	17.82	34.53	14.0	18.5	17.0	0	20	17	03	6	4
45	88	12	18	7	25	23	40.0	70	35.9	03	287	500	A08	747	1	35	1	32	100	18	17.20	34.48	14.5	17.5	16.5	0	20	17	02	5	7
46	88	12	18	8	30	23	40.0	70	30.3	03	287	143	A08	680	1	35	1	32	100	2	16.61	34.50	14.5	17.5	16.0	0	22	20	02	6	8
47	88	12	18	8	32	23	40.0	70	26.0	03	287	83	A08	485	1	10	0	59	70	8	16.35	34.46	14.5	18.0	16.0	0	22	24	01	6	8
48	88	12	12	23	10	18	23.3	70	25.4	03	287	78	A08	462	2	17	1	13	70	3	20.33	34.80	17.5	18.5	18.0	0	20	11	01	7	2
49	88	12	14	20	55	20	12.0	70	11.5	03	287	93	A08	720	1	31	1	23	85	17	17.00	34.65	13.0	20.0	18.0	0	00	00	00	6	1

M112-ARICA
M212-I

Tabla N° 6. Categorías por densidad

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

Tabla 7
 DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE HUEVOS DE PECES. CRUCEROS DE VERANO, OTONO, INVIERNO Y PRIMAVERA C

ESPECIE	ESTACION	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE HUEVOS	DENSIDAD		CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
				PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	PROMEDIO ESTACIONES POSITIVAS		
<i>Sardinops sagax</i>	VERANO	1	35	1	35	2.9	0.0
	OTONO	0	0	0	0	0.0	0.0
	INVIERNO	1	106	3	106	2.9	0.1
	PRIMAVERA	4	7379	170	1996	8.6	1.7
	TOTAL	6	8120	39	1363	2.9	1.2
<i>Engraulis ringens</i>	VERANO	7	76008	2172	10868	20.0	86.0
	OTONO	6	862	20	160	12.2	21.4
	INVIERNO	2	17689	429	3796	4.9	61.9
	PRIMAVERA	3	68140	1947	22713	8.6	80.1
	TOTAL	19	257164	6471	13634	40.4	66.0
	TOTAL	37	419863	2028	11347	17.9	62.6
<i>Trachurus murphyi</i>	VERANO	0	0	0	0	0.0	0.0
	OTONO	0	0	0	0	0.0	0.0
	INVIERNO	0	0	0	0	0.0	0.0
	PRIMAVERA	0	0	0	0	0.0	0.0
	TOTAL	0	0	0	0	0.0	0.0
<i>Scomber japonicus</i>	VERANO	4	1697	48	424	11.4	1.9
	OTONO	1	67	1	67	2.0	1.3
	INVIERNO	5	2418	69	484	12.2	7.1
	PRIMAVERA	6	201	4	40	10.6	0.0
	TOTAL	16	4373	21	292	7.2	0.7
Otras especies	VERANO	33	11724	336	366	94.3	13.1
	OTONO	24	3481	71	146	49.0	77.4
	INVIERNO	33	13879	339	421	80.6	41.0
	PRIMAVERA	26	16798	480	646	74.3	19.8
	TOTAL	39	193896	4126	4972	83.0	42.2
	TOTAL	166	239778	1168	1647	74.9	36.7
Total Huevos	VERANO	33	89464	2666	2711	94.3	100.0
	OTONO	26	4600	129	180	61.0	100.0
	INVIERNO	34	33886	968	997	82.9	100.0
	PRIMAVERA	27	86044	2430	3160	77.1	100.0
	TOTAL	44	469230	13121	10437	93.6	100.0
	TOTAL	163	672123	19204	4123	78.7	100.0

DENSIDAD PROMEDIO, CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMERICA DE LARVAS DE PECES. CRUCEROS DE VERANO, OTONO, INVIERNO Y PRIMAVERA DE 1988

Tabla 8

LARVAS

ESPECIE	ESTACION	NUMERO ESTACIONES POSITIVAS	NUMERO DE LARVAS	DENSIDAD		CONSTANCIA FRECUENCIA %	DOMINANCIA NUMERICA %
				PROMEDIO ESTACIONES TOTALES	ESTACIONES POSITIVAS		
<i>Sardinops sagax</i>	VERANO	0	0	0	0	0.0	0.0
	OTONO	2	63	1	32	4.1	0.4
	INVIERNO	2	188	6	94	4.9	0.9
	PRIMAVERA	3	263	7	84	8.6	1.1
	TOTAL	4	263	6	66	8.6	0.4
	TOTAL	11	767	4	70	6.3	0.4
<i>Engraulis ringens</i>	VERANO	17	4709	136	277	48.6	8.8
	OTONO	16	5221	107	326	32.7	36.7
	INVIERNO	8	3192	78	339	19.6	16.5
	PRIMAVERA	20	11017	316	661	67.1	47.3
	TOTAL	22	16364	327	698	46.8	20.7
	TOTAL	83	33493	191	476	40.1	21.2
<i>Trechurus murphyl</i>	VERANO	0	0	0	0	0.0	0.0
	OTONO	0	0	0	0	0.0	0.0
	INVIERNO	0	0	0	0	0.0	0.0
	PRIMAVERA	0	0	0	0	0.0	0.0
	TOTAL	0	0	0	0	0.0	0.0
<i>Scomber japonicus</i>	VERANO	1	666	19	666	2.86	1.23
	OTONO	0	0	0	0	0	0
	INVIERNO	6	280	7	66	12.20	1.36
	PRIMAVERA	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	7	964	5	138	2.13	0.04
Otras especies	VERANO	36	48184	1377	1377	100	90.0
	OTONO	49	9338	191	191	100	63.9
	INVIERNO	40	16923	413	423	97.6	82.2
	PRIMAVERA	33	12034	344	365	94.3	61.6
	TOTAL	46	68446	1244	1271	98	78.9
	TOTAL	203	144926	700	714	98.1	77.9
Total Larvas	VERANO	36	63660	1630	1630	100	100
	OTONO	49	14622	298	298	100	100
	INVIERNO	40	20683	602	616	97.6	100
	PRIMAVERA	35	23306	666	666	100	100
	TOTAL	47	74090	1676	1676	100	100
	TOTAL	206	186160	899	904	99.5	100

Tabla 9 DENSIDAD PROMEDIO CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMÉRICA DE HUEVOS Y LARVAS DE *Engraulis ringens* POR CRUCERO

FASE HUEVOS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones			
					Totales	Positivas	Constancia o Frecuencia %	
MOBIO1-9803	VERANO	410(1)98CP	7	76008	2172	10858	20.0	85.0
MOBIO2-9805F1	OTONO	412(2)98AM	6	962	20	160	12.2	21.4
MOBIO2-9805F2		413(2)98CP	2	17589	429	8795	4.9	51.9
MOBIO3-9808	INVIERNO	416(3)98CP	3	68140	1947	22713	8.6	80.1
MOBIO4-9812	PRIMAVERA	419(4)98AM	19	257154	5471	13534	40.4	56.0
TOTAL			37	419853	2028	11347	17.9	62.5

FASE LARVAS

CRUCERO	Estación	Codigo	Número de estaciones positivas	Numero de larvas	Densidad promedio por estaciones			
					Totales	Positivas	Constancia o Frecuencia %	
MOBIO1-9803	VERANO	410(1)98CP	17	4709	135	277	48.6	8.8
MOBIO2-9805F1	OTONO	412(2)98AM	16	5221	107	326	32.7	35.7
MOBIO2-9805F2		413(2)98CP	8	3192	78	399	19.5	15.5
MOBIO3-9808	INVIERNO	416(3)98CP	20	11017	315	551	57.1	47.3
MOBIO4-9812	PRIMAVERA	419(4)98AM	22	15354	327	698	46.8	20.7
TOTAL			83	39493	191	476	40.1	21.2

Tabla 10 DENSIDAD PROMEDIO CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMÉRICA DE HUEVOS Y LARVAS DE *Sardinops sagax* POR CRUCERO

FASE HUEVOS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones			Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas	Positivas		
MOBIO1-9803	VERANO	410(1)98CP	1	35	1	35	2.9	0.0	
MOBIO2-9805F1	OTONO	412(2)98AM	0	0	0	0	0.0	0.0	
MOBIO2-9805F2		413(2)98CP	0	0	0	0	0.0	0.0	
MOBIO3-9808	INVIERNO	416(3)98CP	1	106	3	106	2.9	0.1	
MOBIO4-9812	PRIMAVERA	419(4)98AM	4	7979	170	1995	8.5	1.7	
TOTAL			6	8120	39	1353	2.9	1.2	

FASE LARVAS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones			Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas	Positivas		
MOBIO1-9803	VERANO	410(1)98CP	0	0	0	0	0.0	0.0	
MOBIO2-9805F1	OTONO	412(2)98AM	2	63	1	32	4.1	0.4	
MOBIO2-9805F2		413(2)98CP	2	188	5	94	4.9	0.9	
MOBIO3-9808	INVIERNO	416(3)98CP	3	253	7	84	8.6	1.1	
MOBIO4-9812	PRIMAVERA	419(4)98AM	4	263	6	66	8.5	0.4	
TOTAL			11	767	4	70	5.3	0.4	

Tabla 11 DENSIDAD PROMEDIO CONSTANCIA Y DOMINANCIA NUMÉRICA DE HUEVOS Y LARVAS DE *Scomber japonicus* POR CRUCERO

FASE HUEVOS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones			
					Totales	Positivas	Constancia o Frecuencia %	
MOBIO1-9803	VERANO	410(1)98CP	4	1697	48	424	11.4	1.9
MOBIO2-9805F1	OTONO	412(2)98AM	1	57	1	57	2.0	1.3
MOBIO2-9805F2		413(2)98CP	5	2418	59	484	12.2	7.1
MOBIO3-9808	INVIERNO	416(3)98CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO4-9812	PRIMAVERA	419(4)98AM	5	201	4	40	10.6	0.0
TOTAL			15	4373	21	292	7.2	0.7

FASE LARVAS

CRUCERO	Estación	Código	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones			
					Totales	Positivas	Constancia o Frecuencia %	
MOBIO1-9803	VERANO	410(1)98CP	1	656	19	656	2.9	1.2
MOBIO2-9805F1	OTONO	412(2)98AM	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO2-9805F2		413(2)98CP	5	280	7	56	12.2	1.4
MOBIO3-9808	INVIERNO	416(3)98CP	0	0	0	0	0.0	0.0
MOBIO4-9812	PRIMAVERA	419(4)98AM	1	28	1	28	2.1	0.0
TOTAL			7	964	5	138	3.4	0.5

Tabla 12. Biomasa promedio y rangos del zooplancton por crucero.

	MOBIO1-9803	MOBIO2-9805F1	MOBIO2-9805F2	MOBIO3-9808	MOBIO4-9812
N	35	49	41	35	47
Mínimo	66	4	35	47	26
Máximo	456	335	1692	2552	685
Promedio	176	101	242	300	202
Sd	85.11	71.04	326.36	457.5	133.9
CV(%)	0.48	0.70	1.35	1.53	0.66

Tabla N° 13. Indices de Cobertura (%) por cruceros y especies

CRUCERO	Sardina	Anchoveta	Jurel	Caballa	Bacaladillo	Pez linterna
MOBIO 9803	0.4	24.2	13	10.7		
MOBIO 9805 F I	0.5	47.3	1.6	1.2		
MOBIO 9805 F II	0.2	15.9	25.3	4.4		
MOBIO 9808		7.5	1.2	0.2		
MOBIO 9812		30.8			5.7	33.8

Tabla N° 14. Indices de Densidad (t/mn²) por crucero y especie

CRUCERO	Sardina	Anchoveta	Jurel	Caballa	Bacaladillo	Pez linterna
MOBIO 9803	11.4	46.8	8.9	23.1		
MOBIO 9805 F I	28.2	191.2	9.1	24.9		
MOBIO 9805 F II	16.5	128	17.3	11.4		
MOBIO 9808		54.2	18.7	0.4		
MOBIO 9812		106.3			166.8	115.5



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

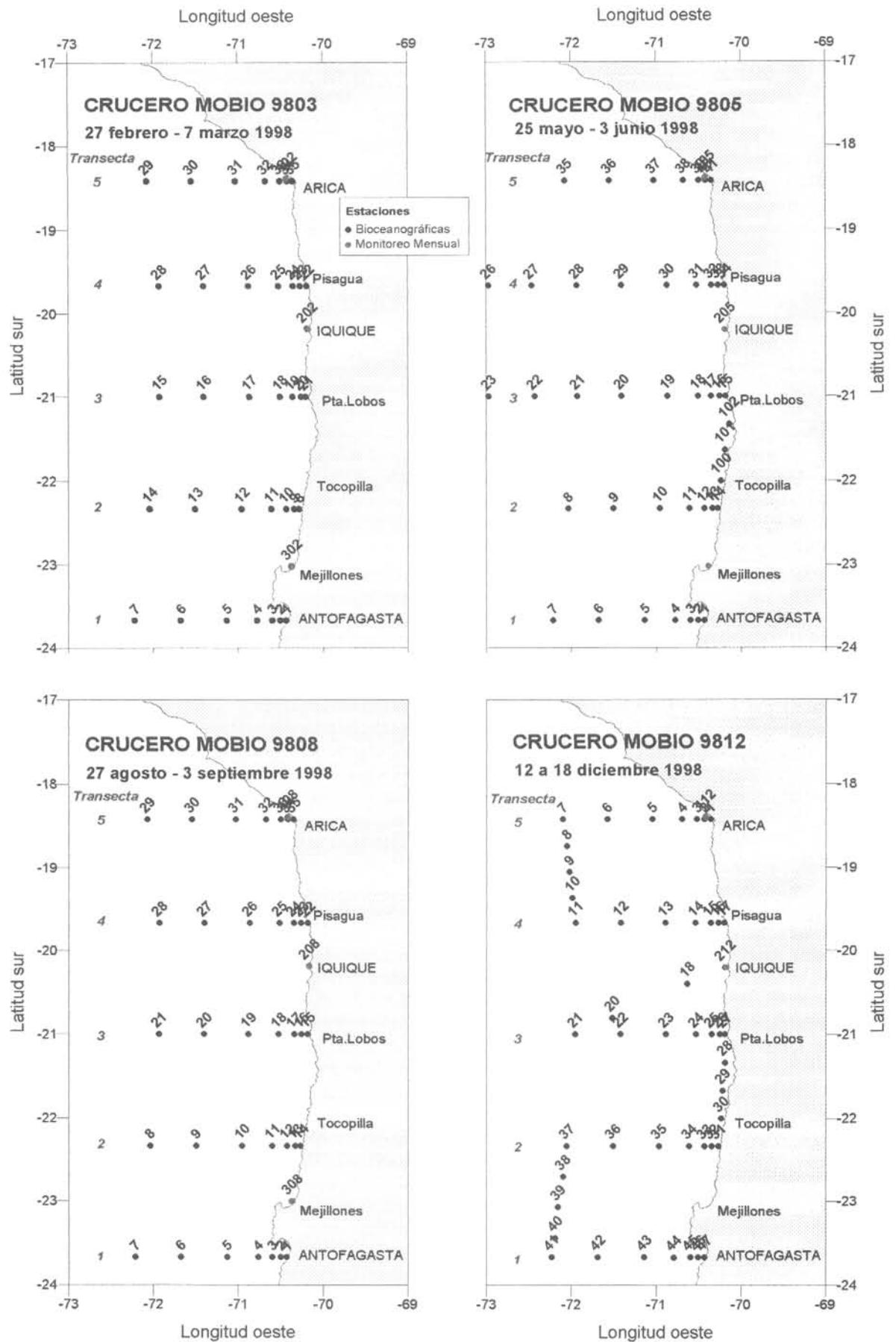


Figura 1.- Posición geográfica de las estaciones bioceanográficas. Cruceros trimestrales 1998

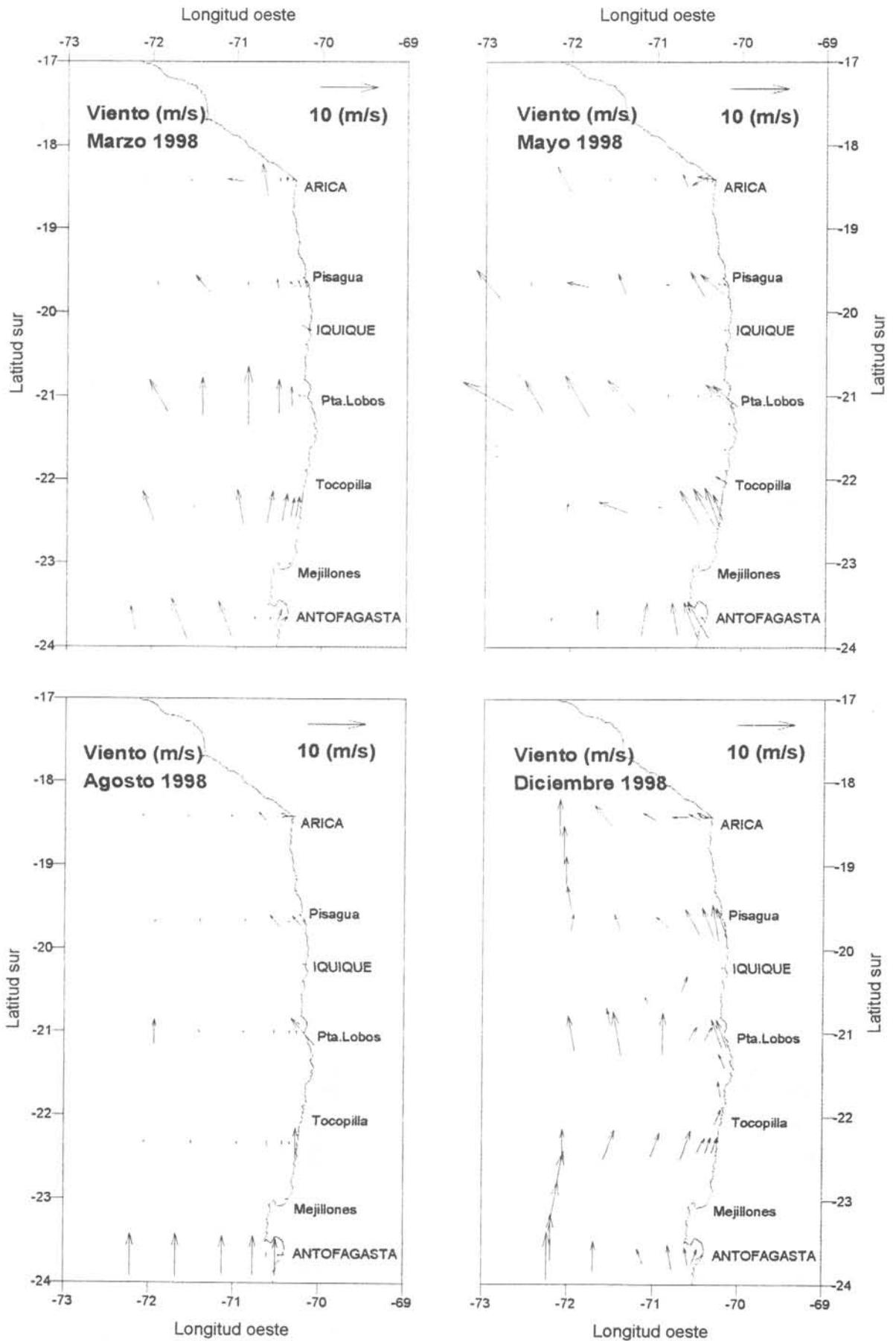


Figura 2.- Dirección e intensidad del viento medido en las estaciones.

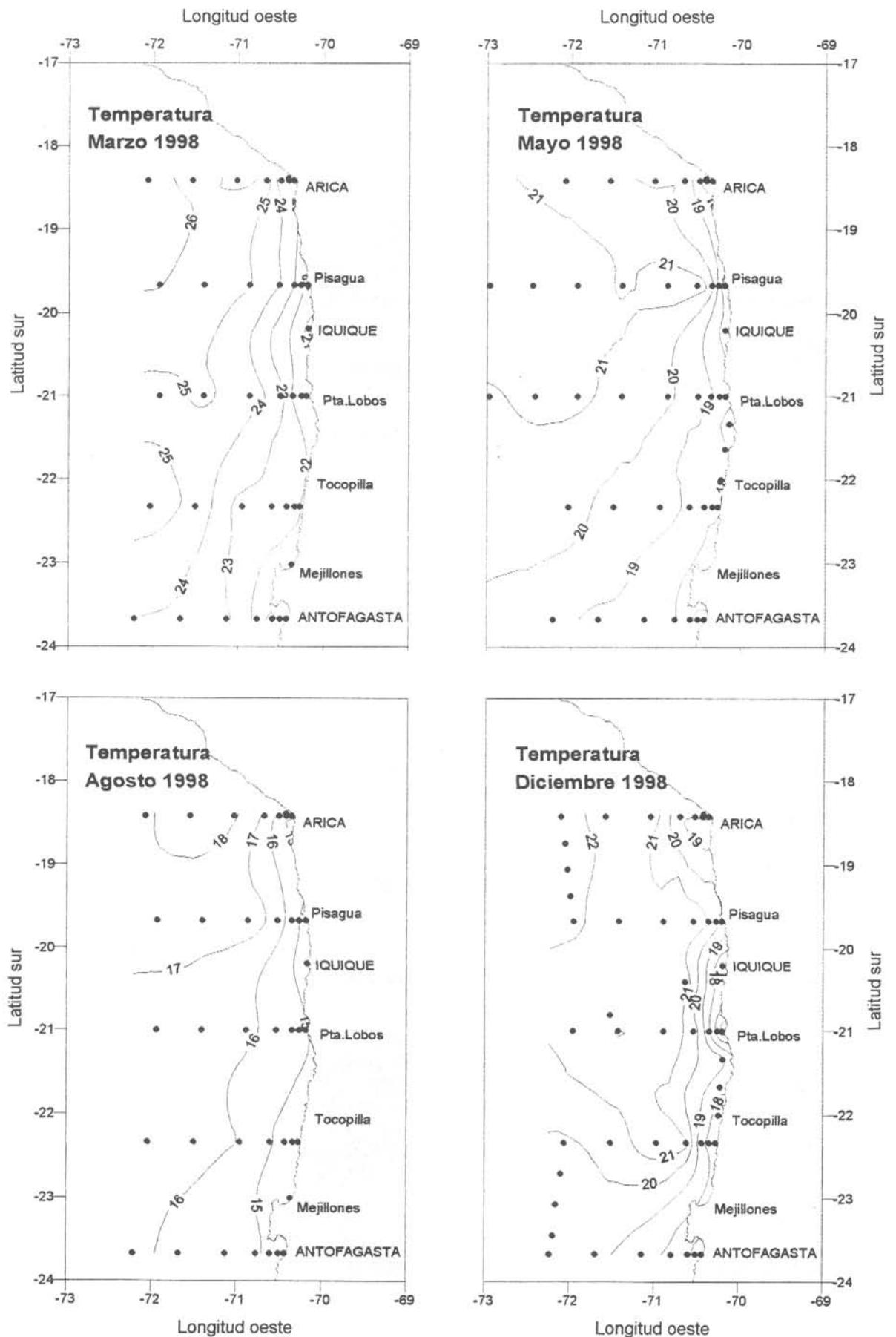


Figura 3.- Distribución superficial de temperatura. Cruceros trimestrales 1998

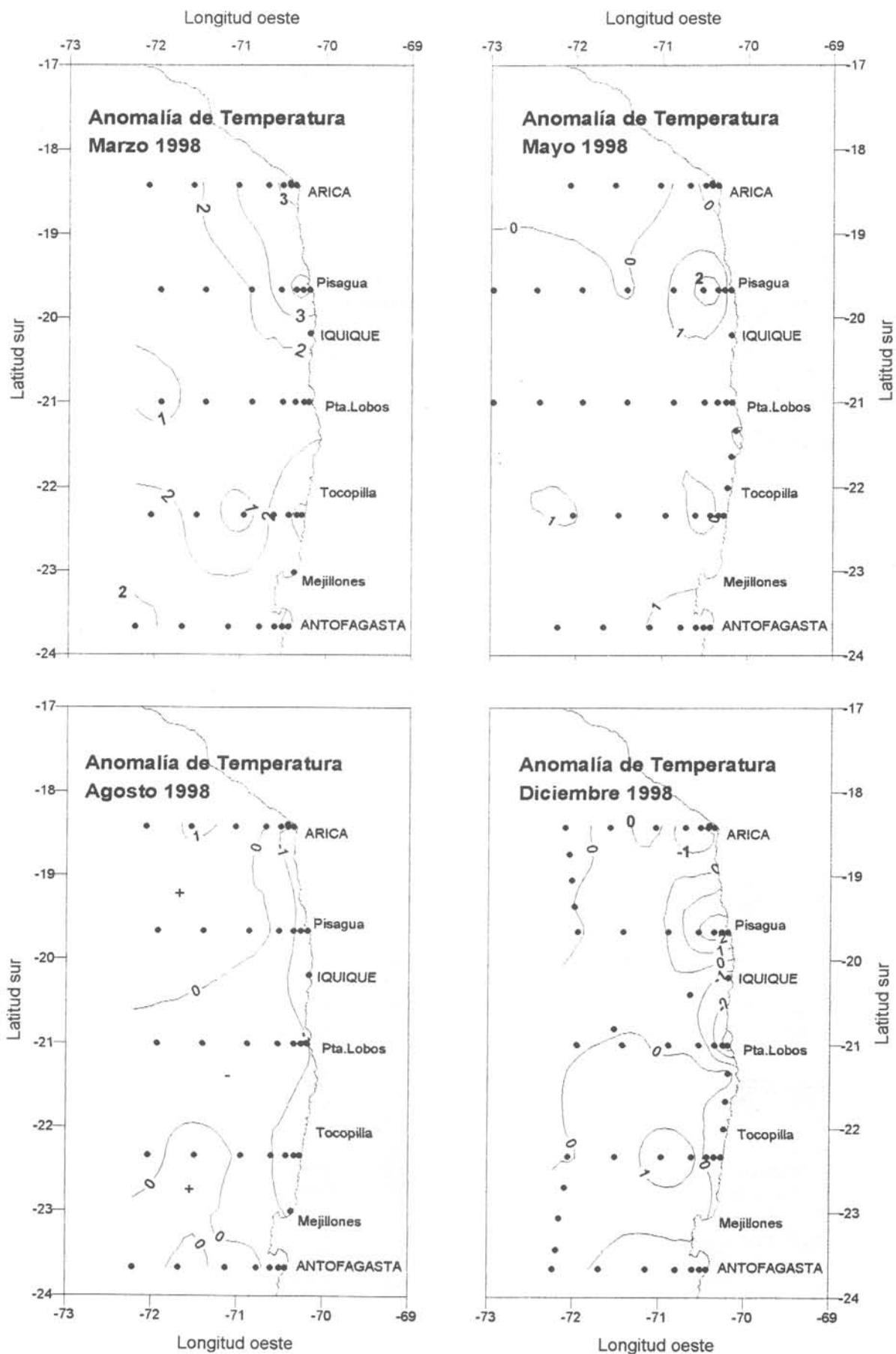


Figura 4.- Distribución superficial de anomalía de temperatura. Cruceros trimestrales 1998

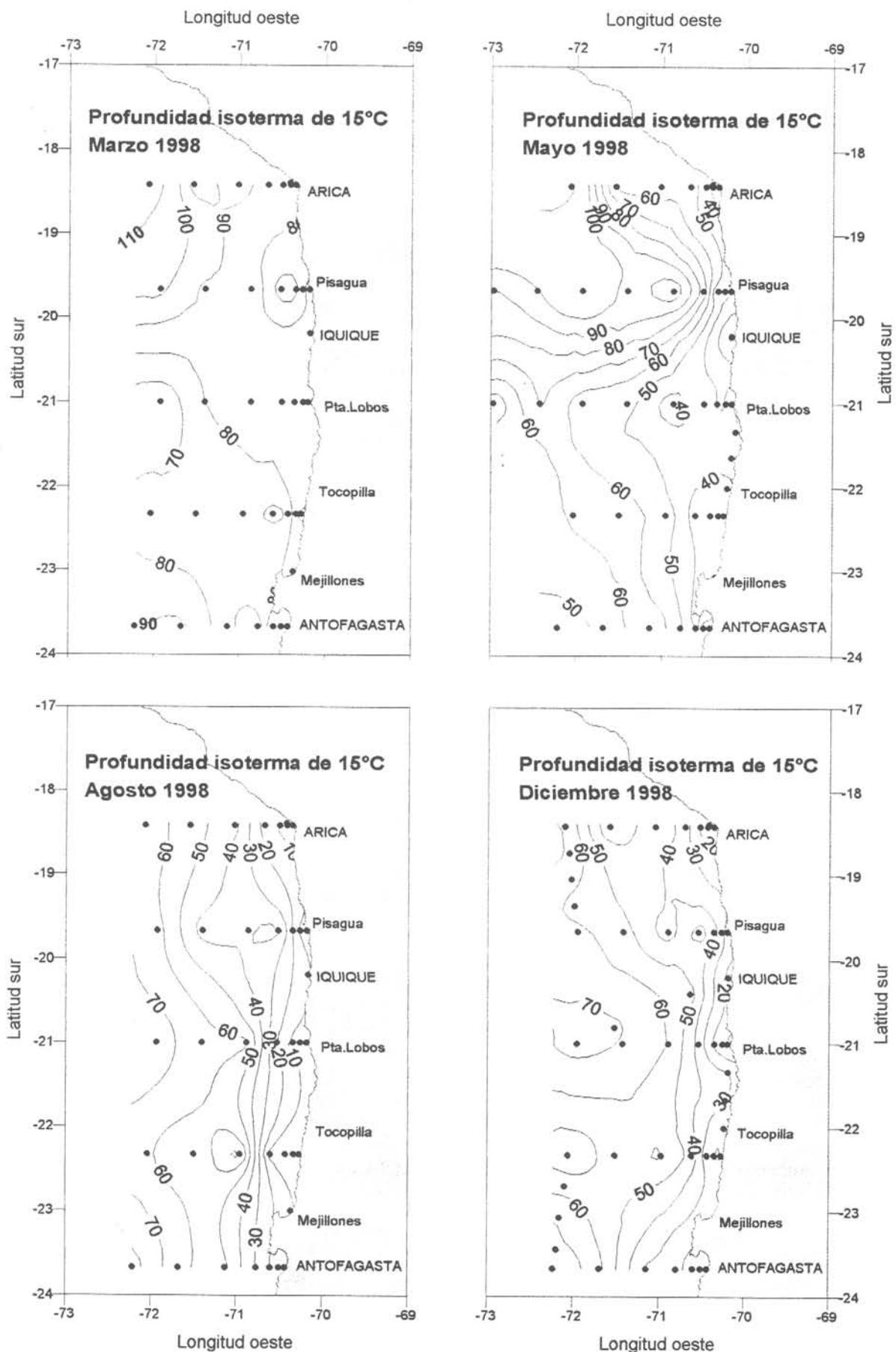


Figura 5.- Distribución de la profundidad de la isoterma de 15°C. Cruceros trimestrales 1998

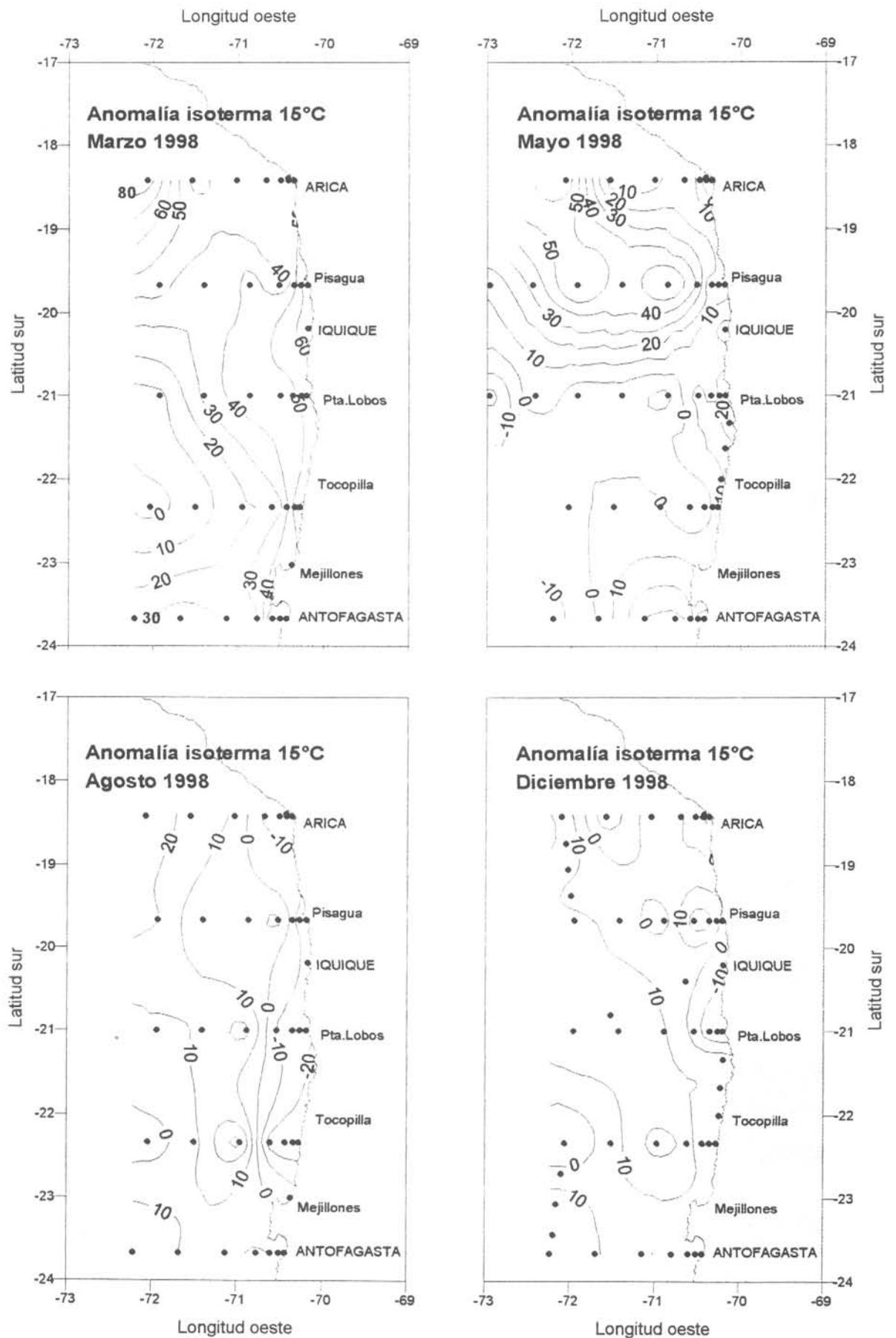


Figura 6.- Anomalia de la profundidad de la isoterma de 15°C. Cruceros trimestrales 1998

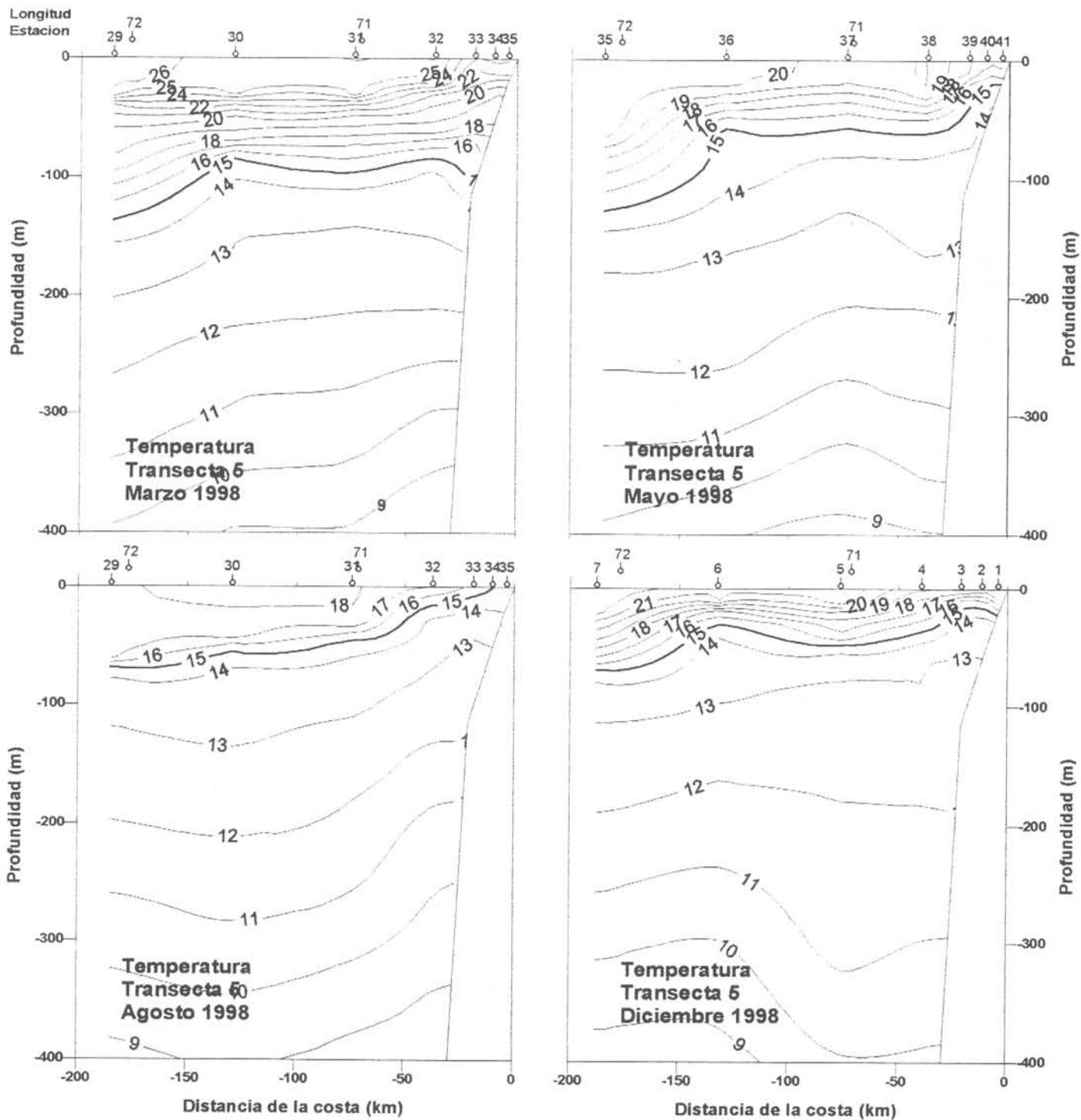


Figura 7.- Distribución vertical de temperatura en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros Trimestrales 1998.

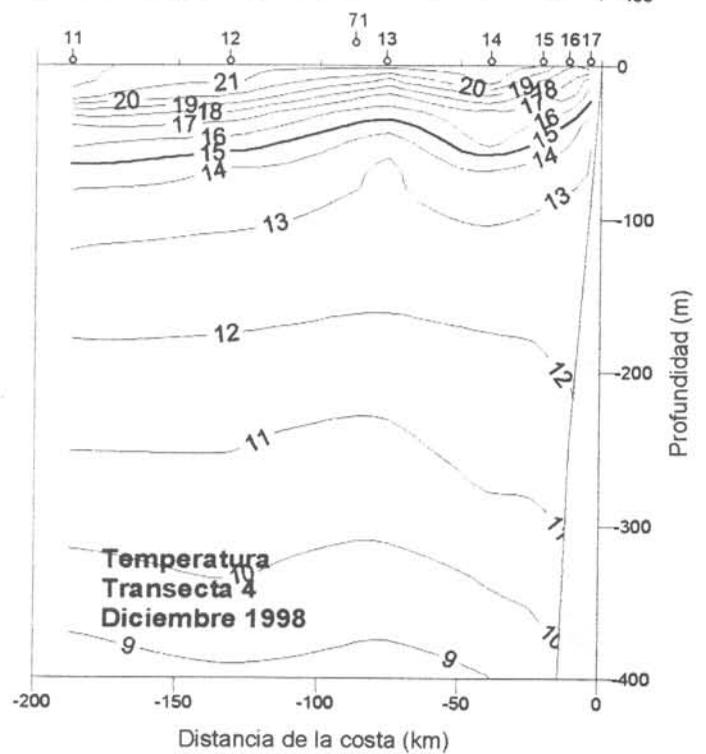
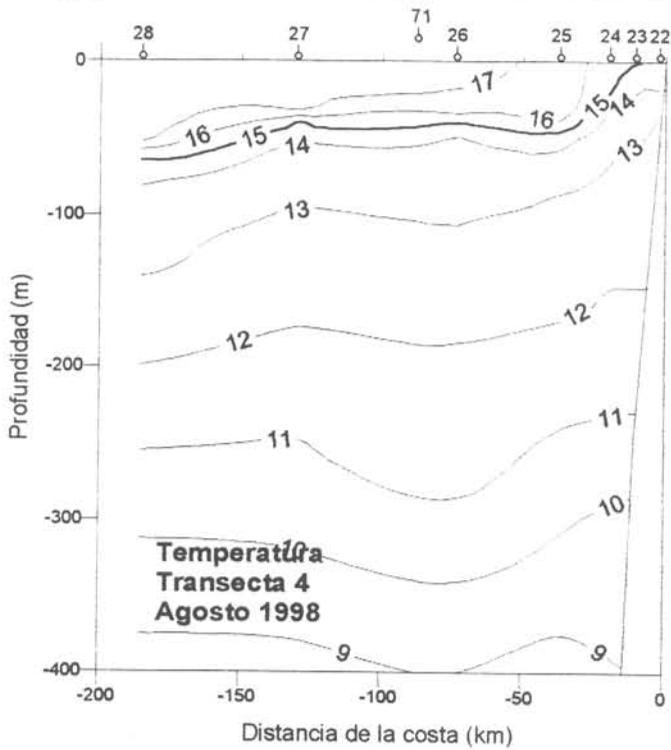
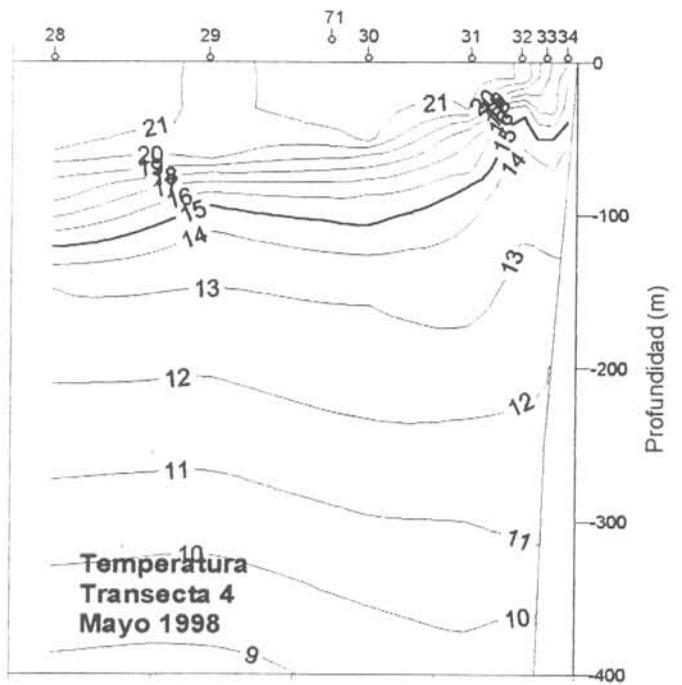
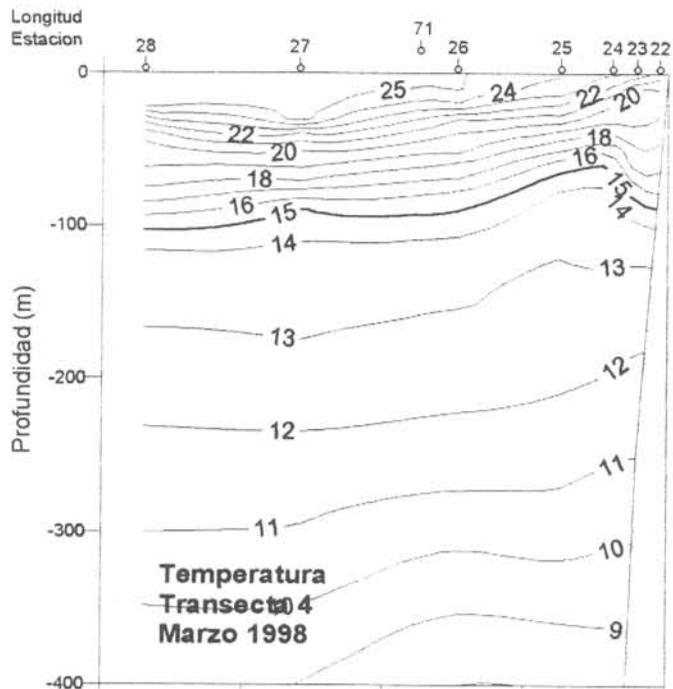


Figura 8.- Distribución vertical de temperatura en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros Trimestrales 1998.

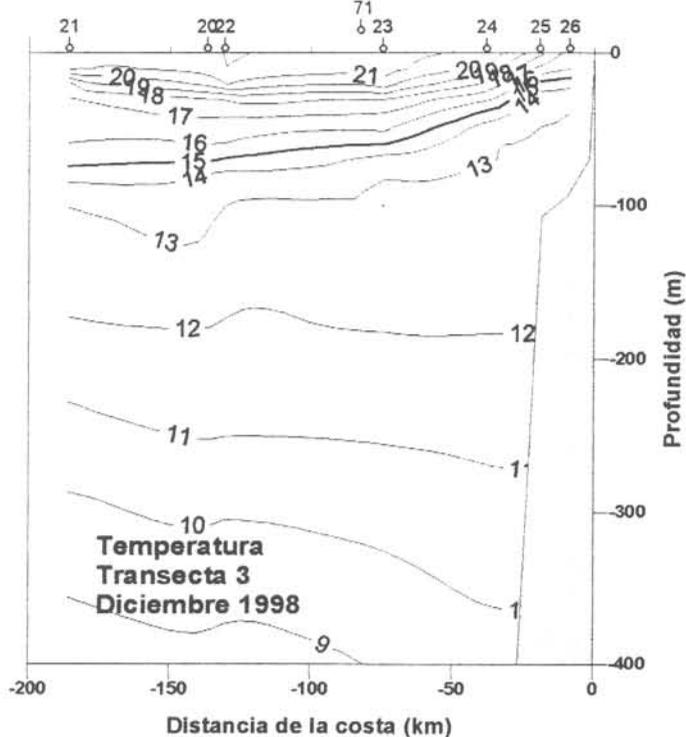
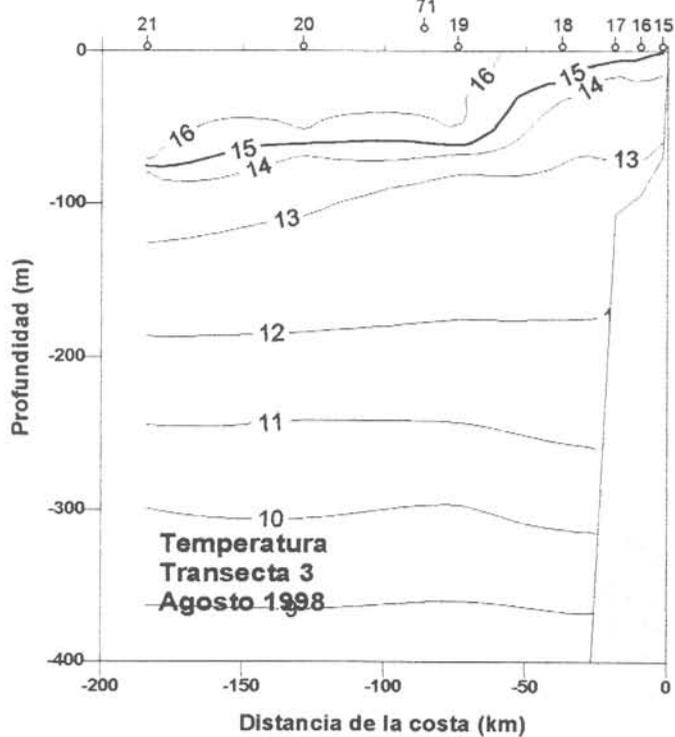
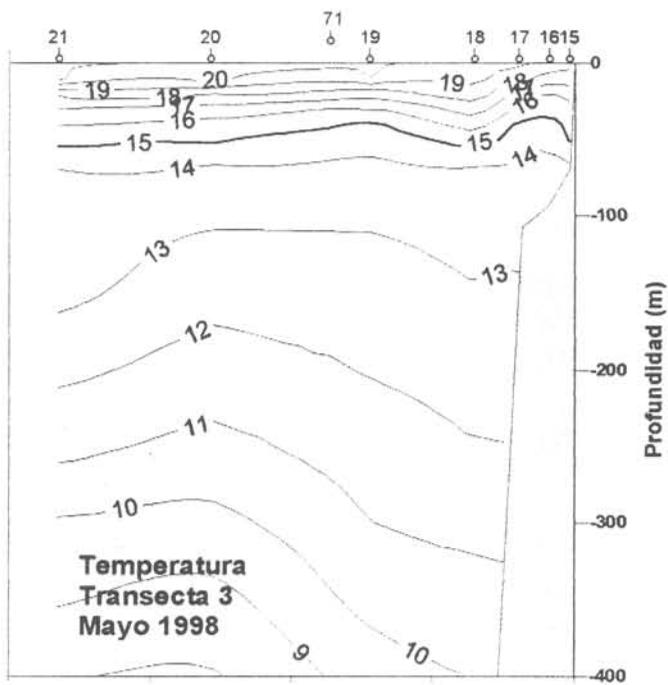
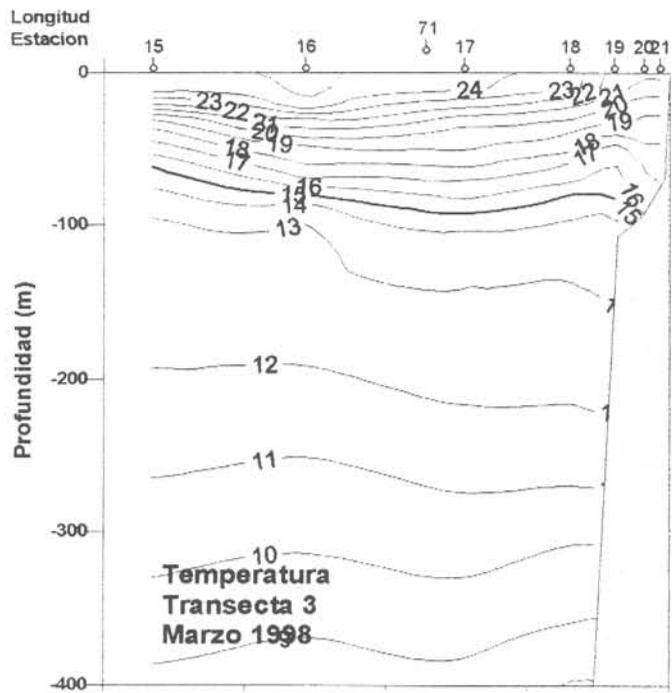


Figura 9.- Distribución vertical de temperatura en la transecta 3. Latitud 21°S. Cruceros Trimestrales 1998.

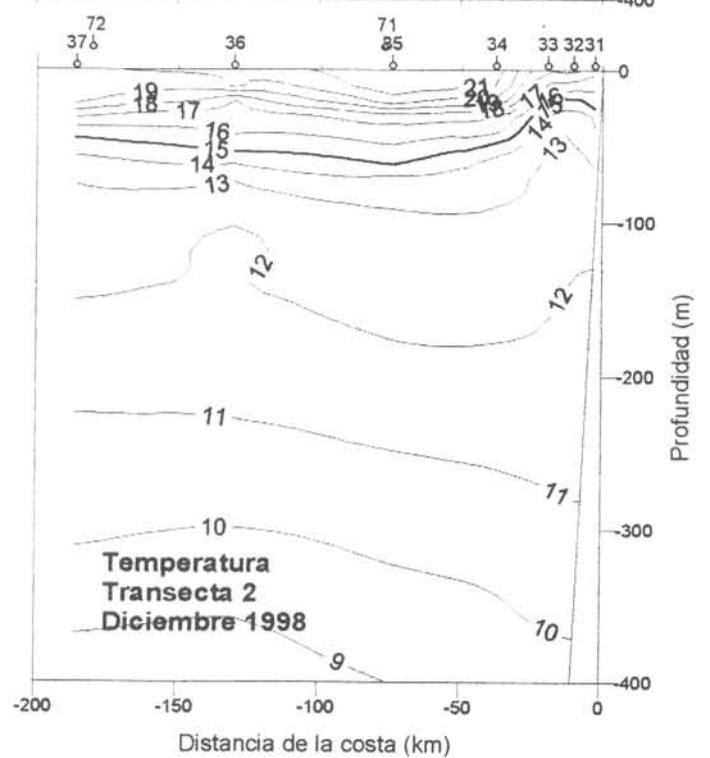
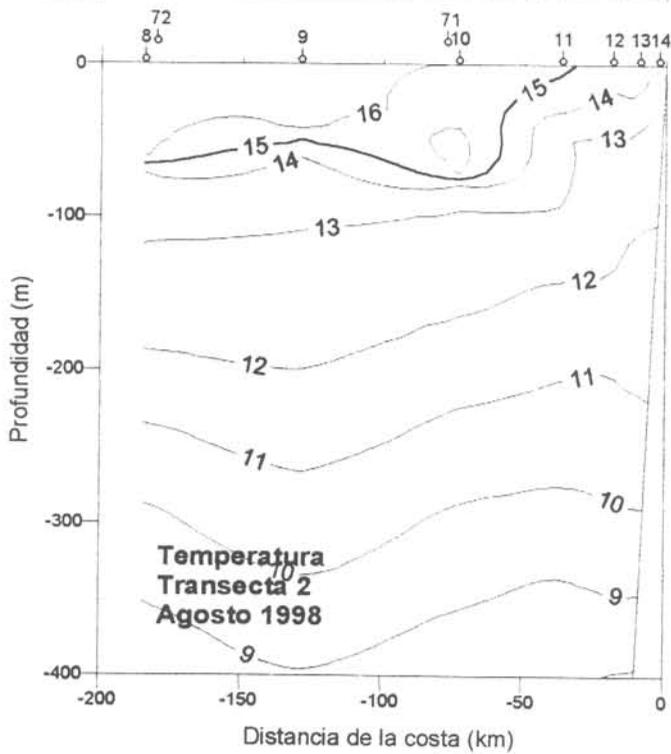
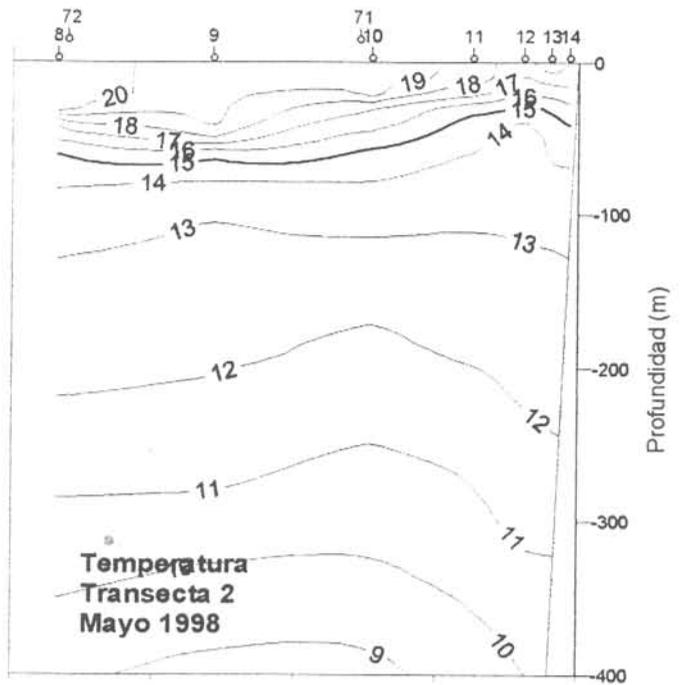
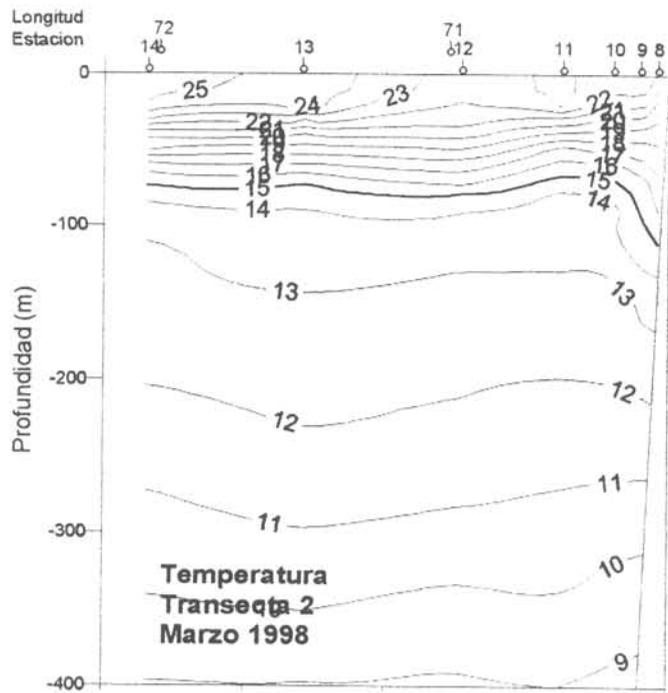


Figura 10.- Distribución vertical de temperatura en la transecta 2. Latitud 22°20'S.
Cruceros Trimestrales 1998.

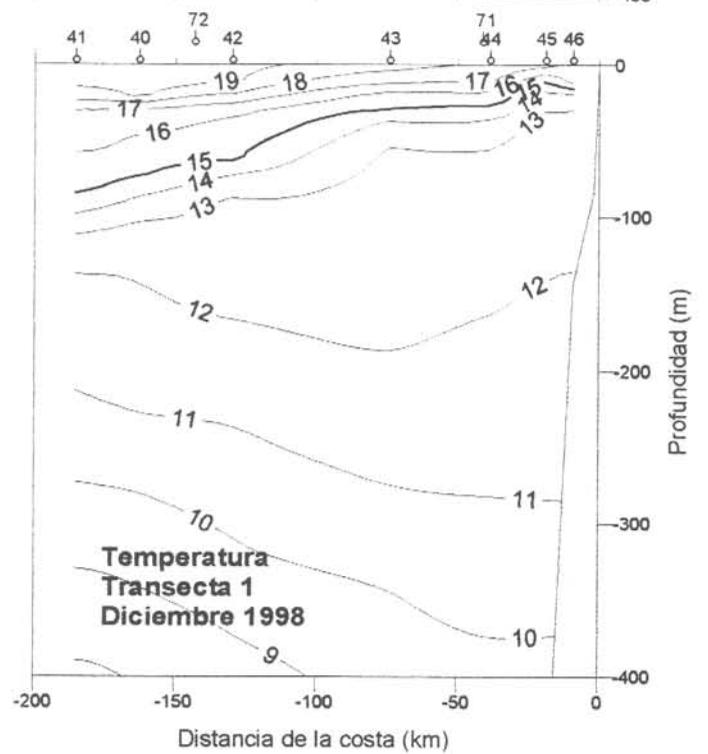
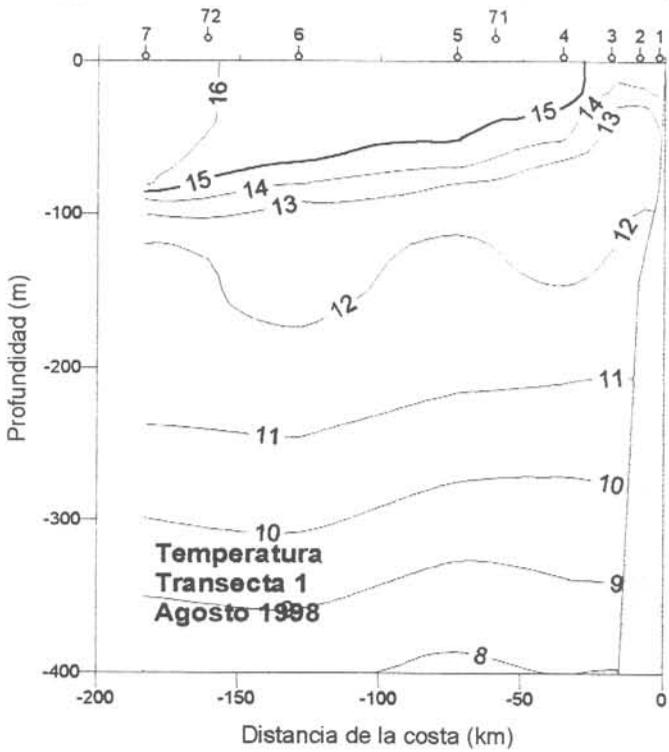
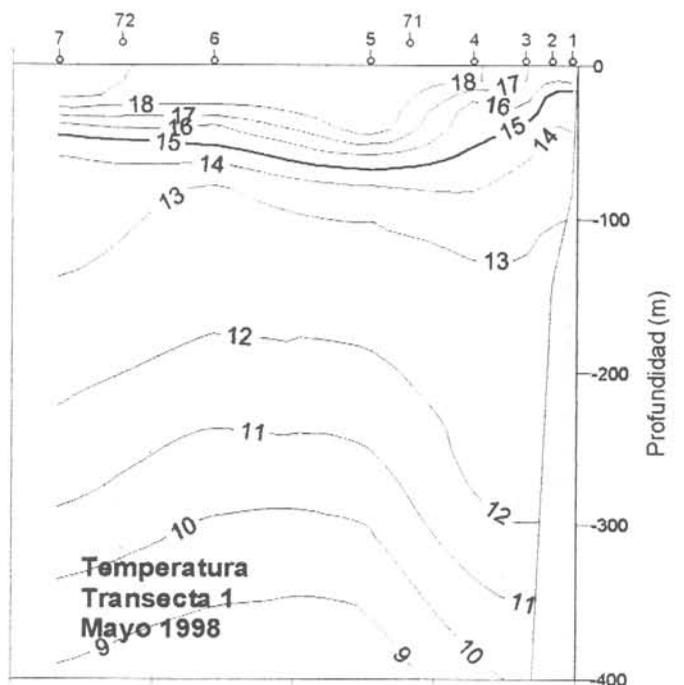
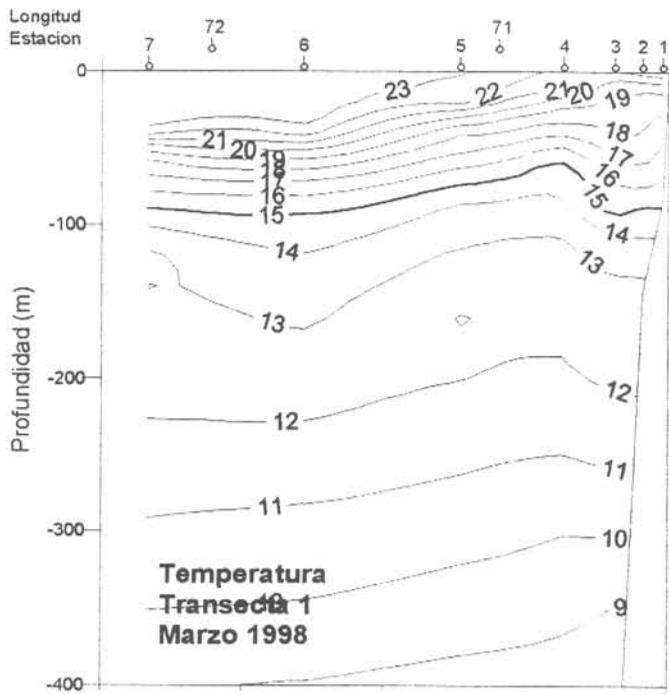


Figura 11.- Distribución vertical de temperatura en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros Trimestrales 1998.

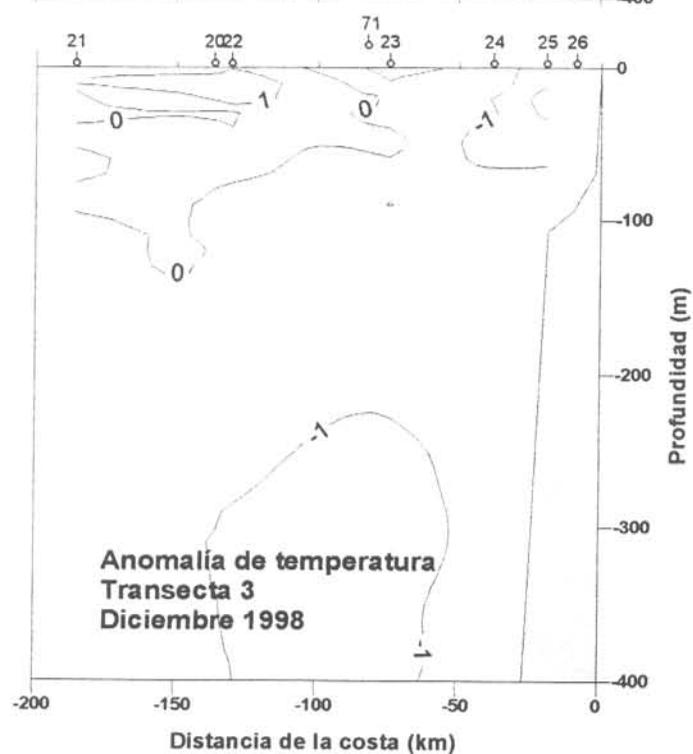
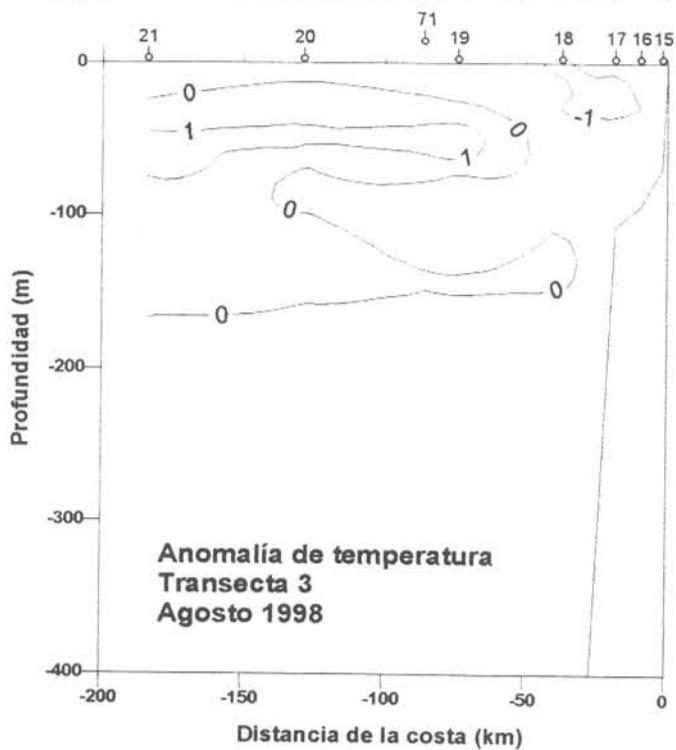
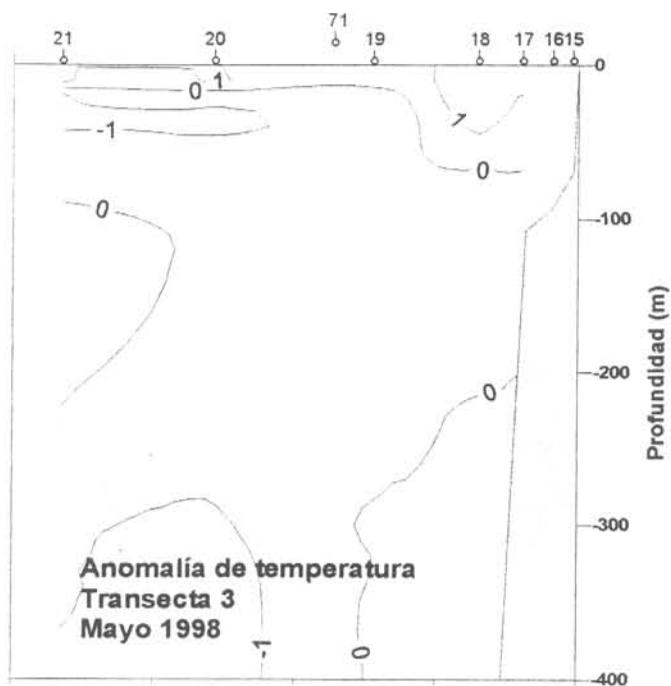
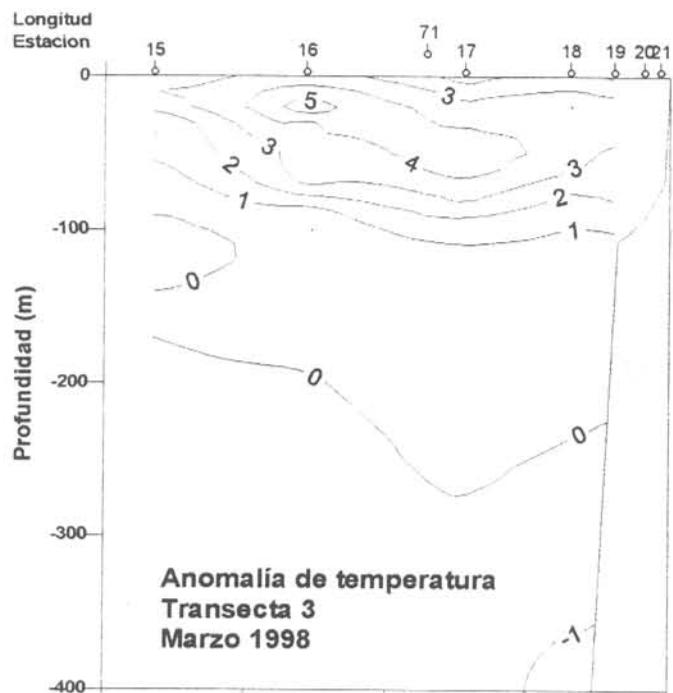


Figura 12.- Distribución vertical de anomalía de temperatura en la transecta 3. Latitud 21°S. Cruceros Trimestrales 1998.

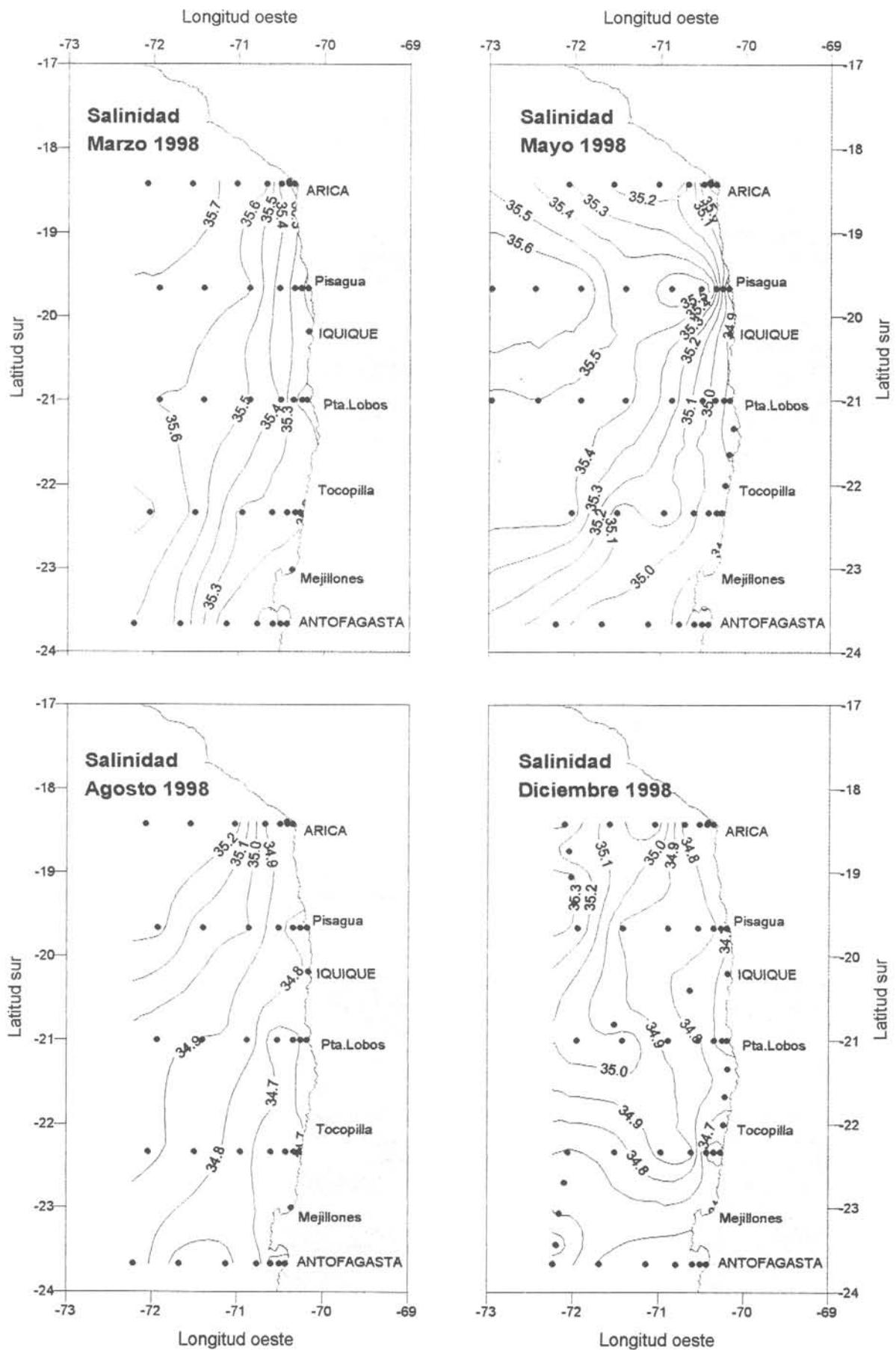


Figura 13.- Distribución superficial de Salinidad. Cruceos trimestrales 1998

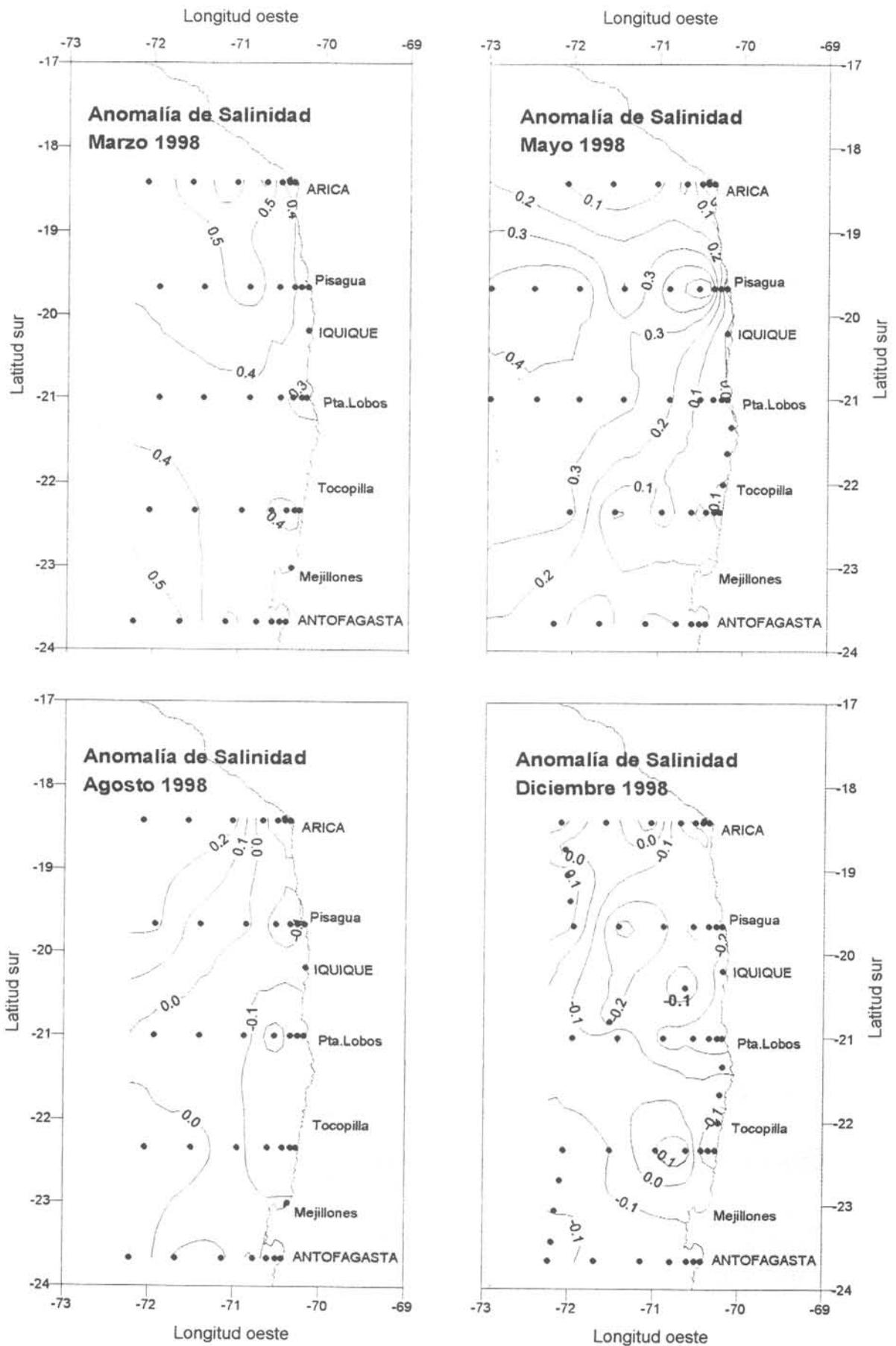


Figura 14.- Distribución superficial de anomalía de salinidad. Cruceros trimestrales 1998

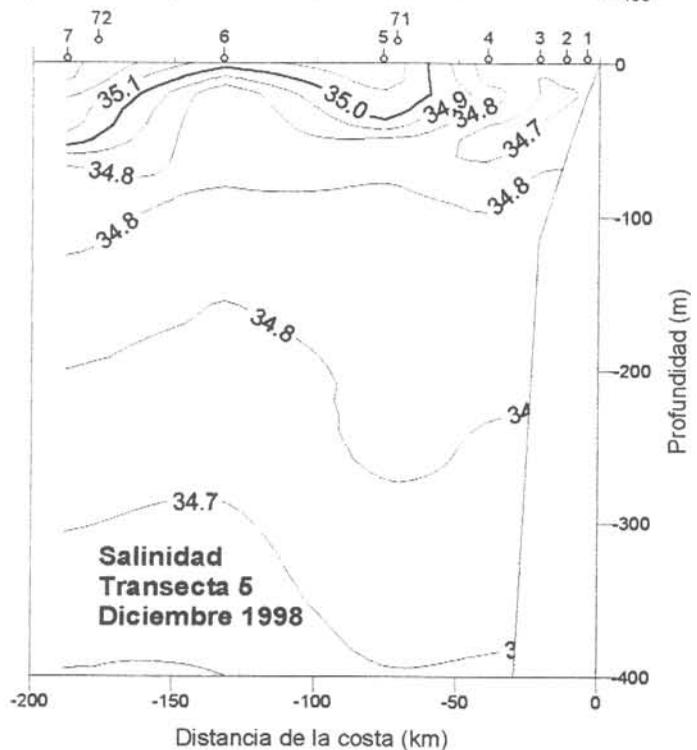
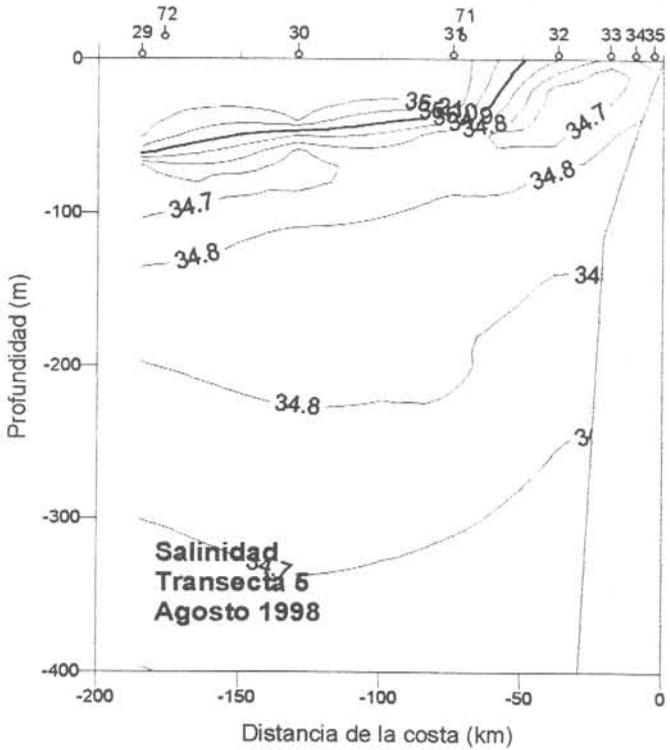
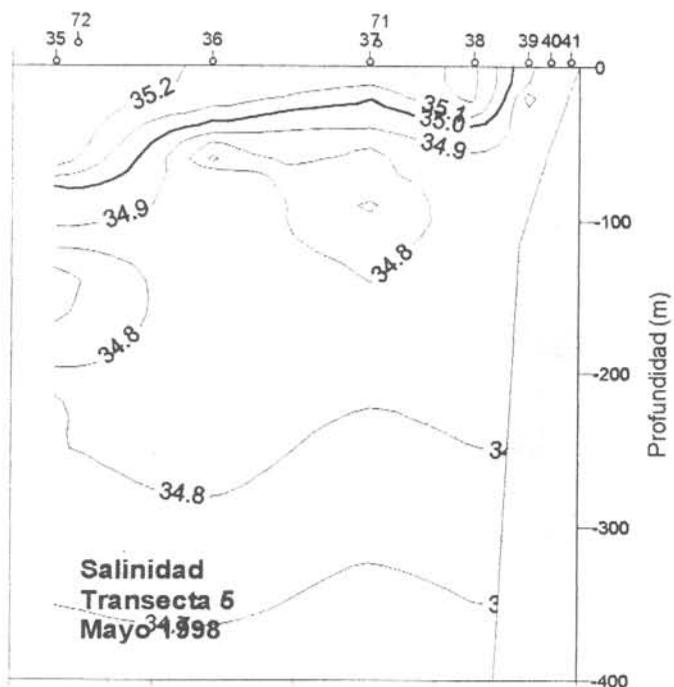
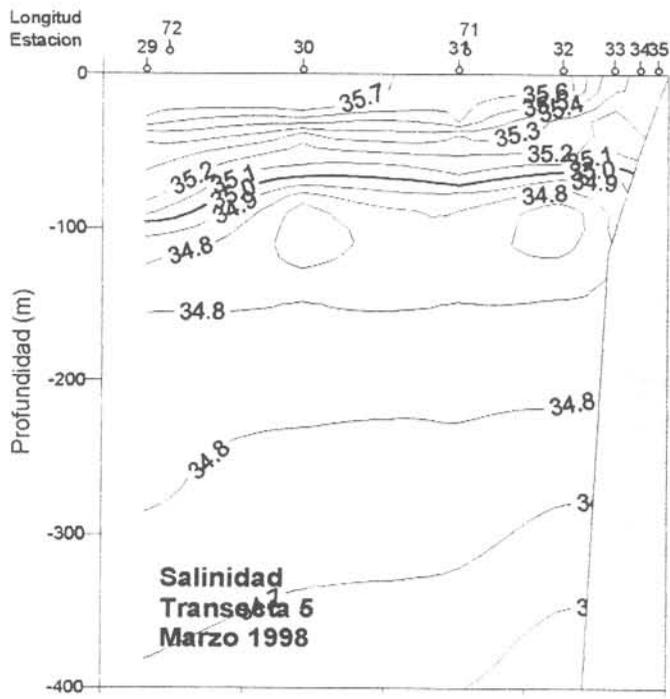


Figura 15.- Distribución vertical de salinidad en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros Trimestrales 1998.

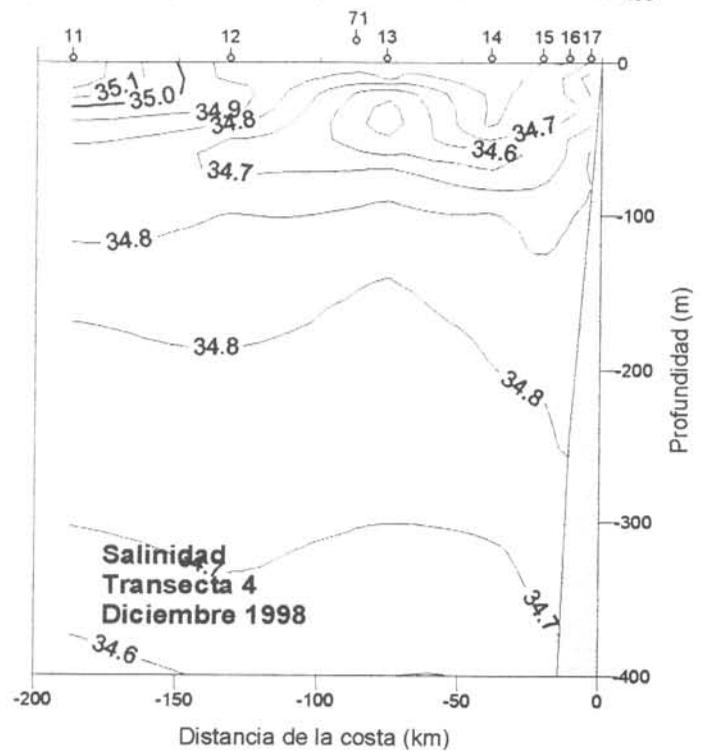
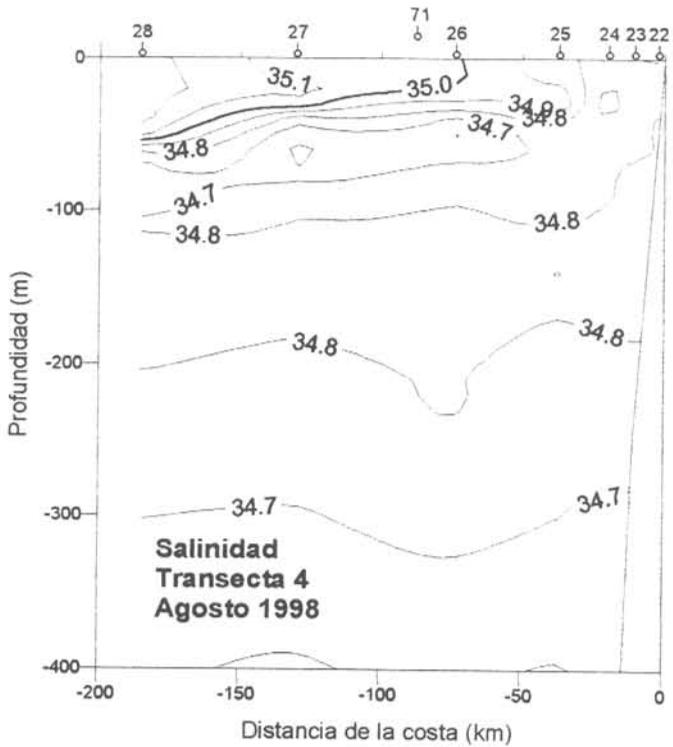
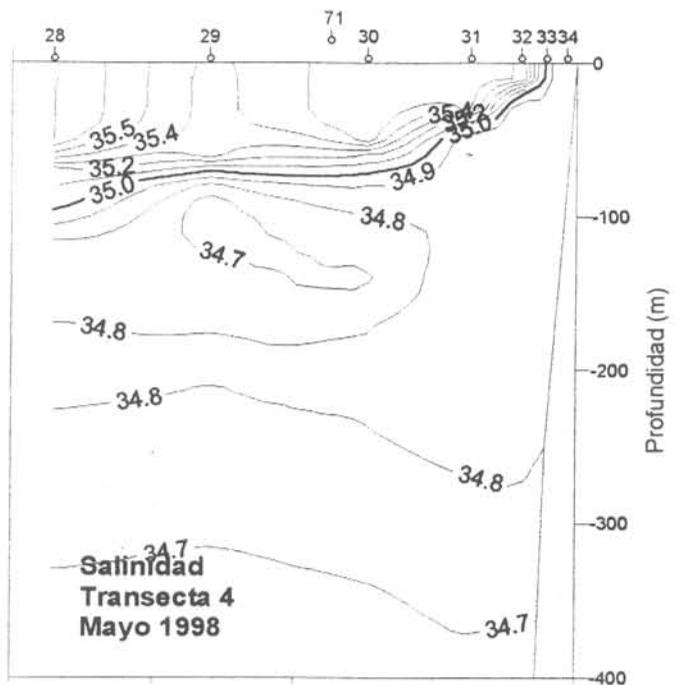
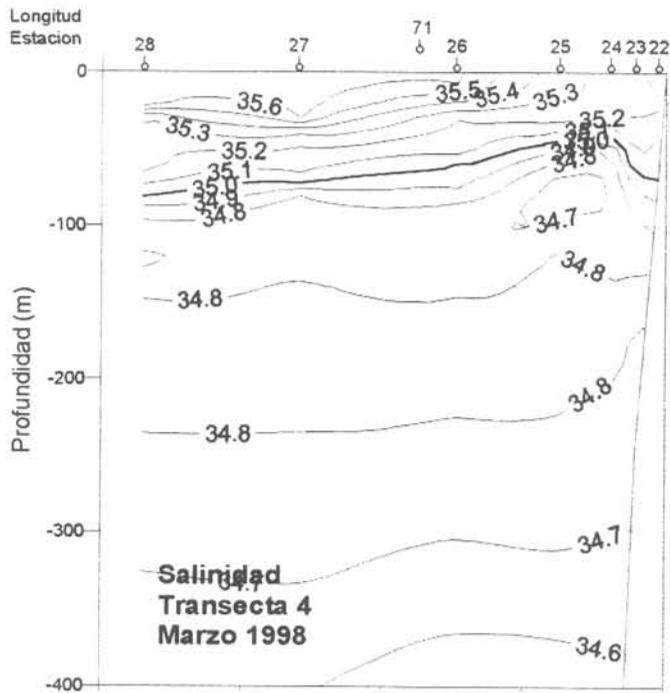


Figura 16.- Distribución vertical de salinidad en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros Trimestrales 1998.

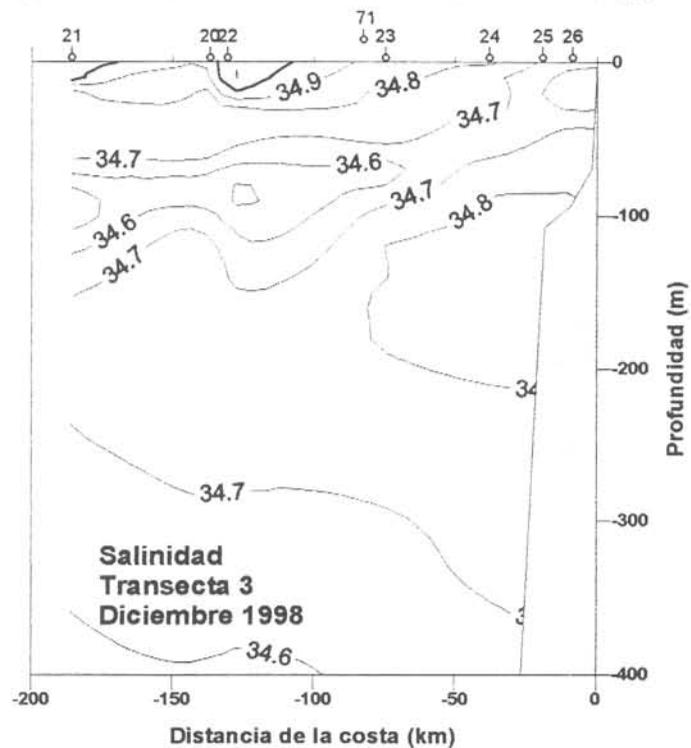
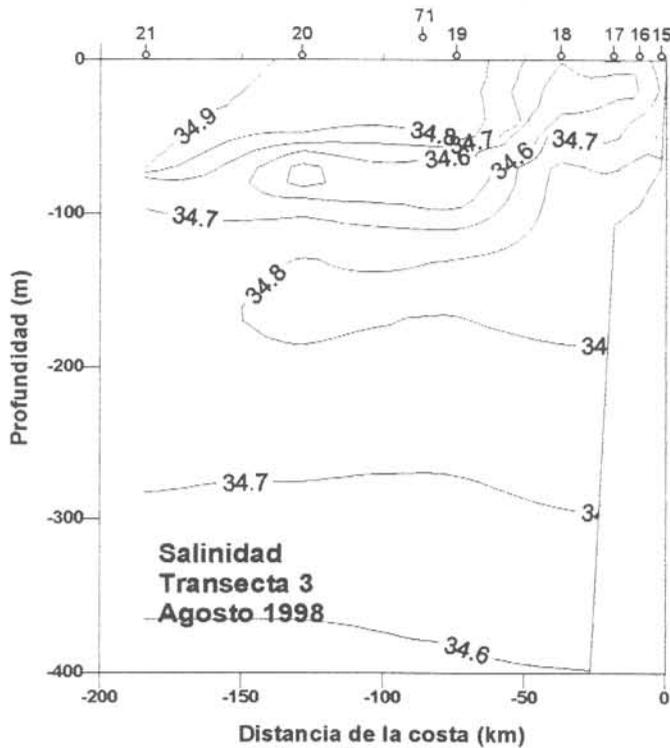
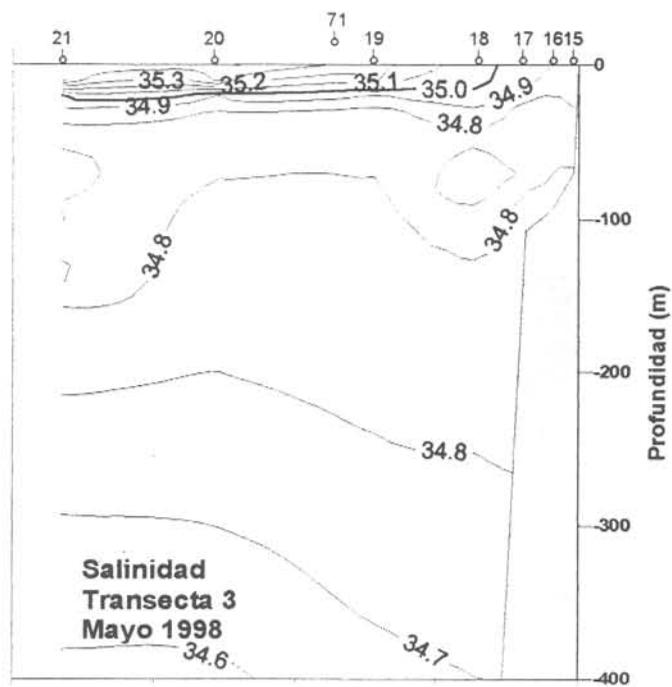
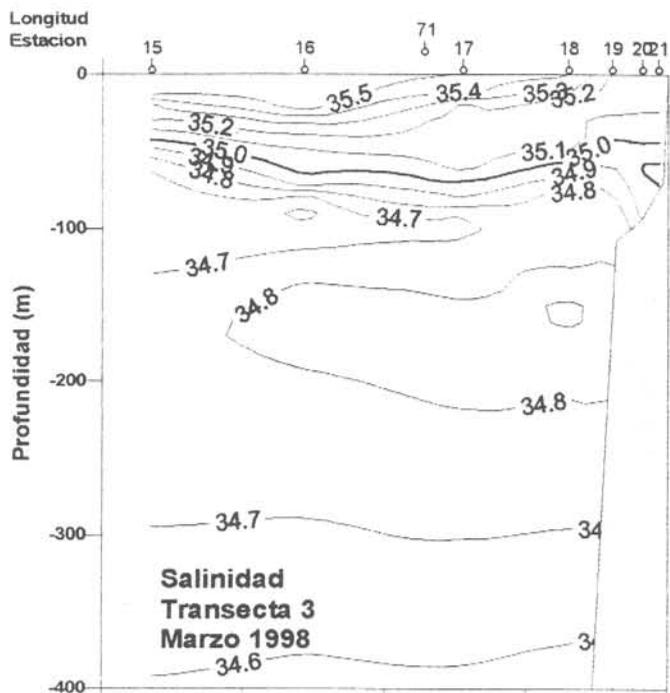


Figura 17.- Distribución vertical de salinidad en la transecta 3. Latitud 21°S.
Cruceros Trimestrales 1998.

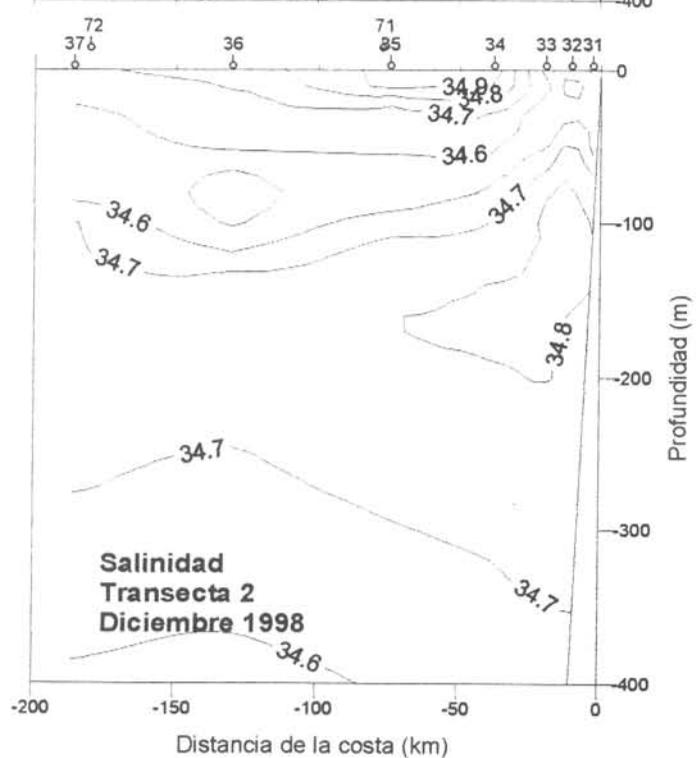
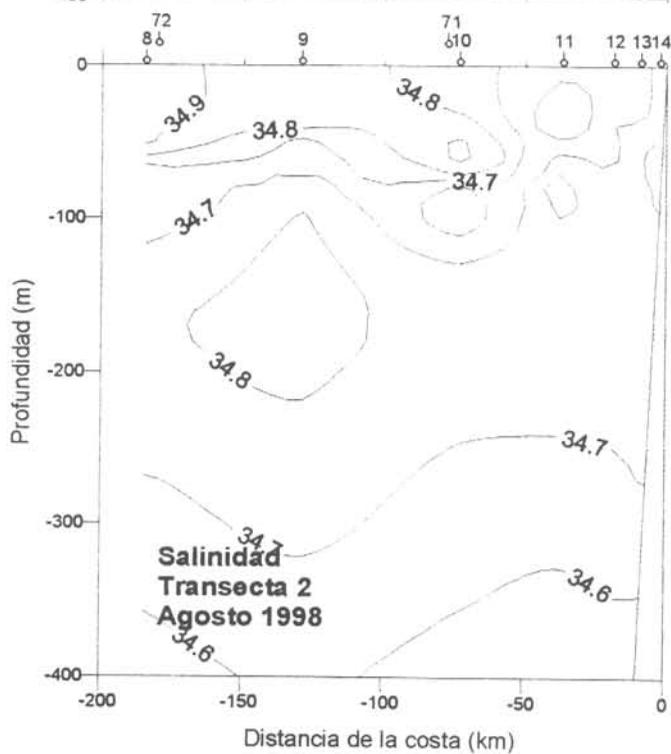
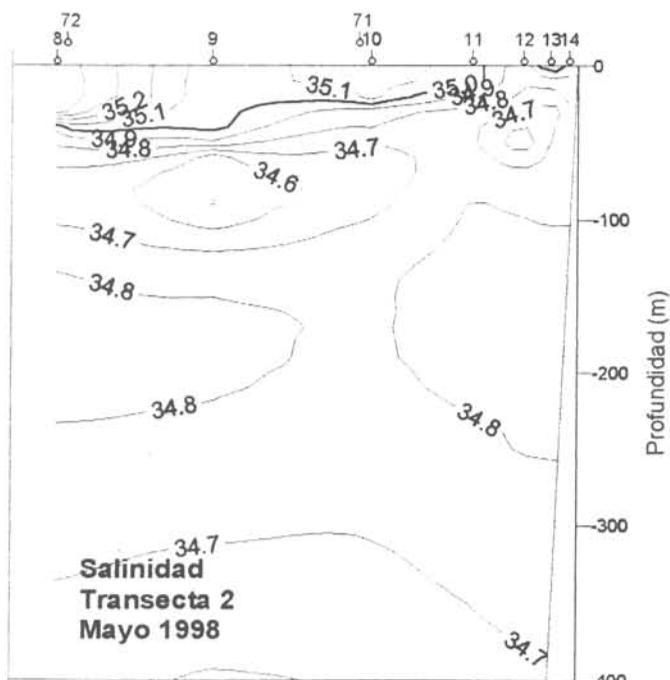
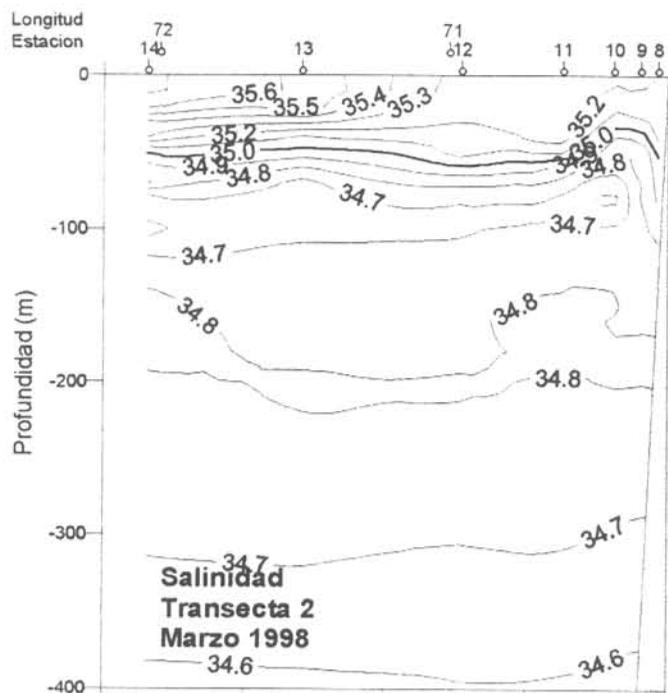


Figura 18.- Distribución vertical de salinidad en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros Trimestrales 1998.

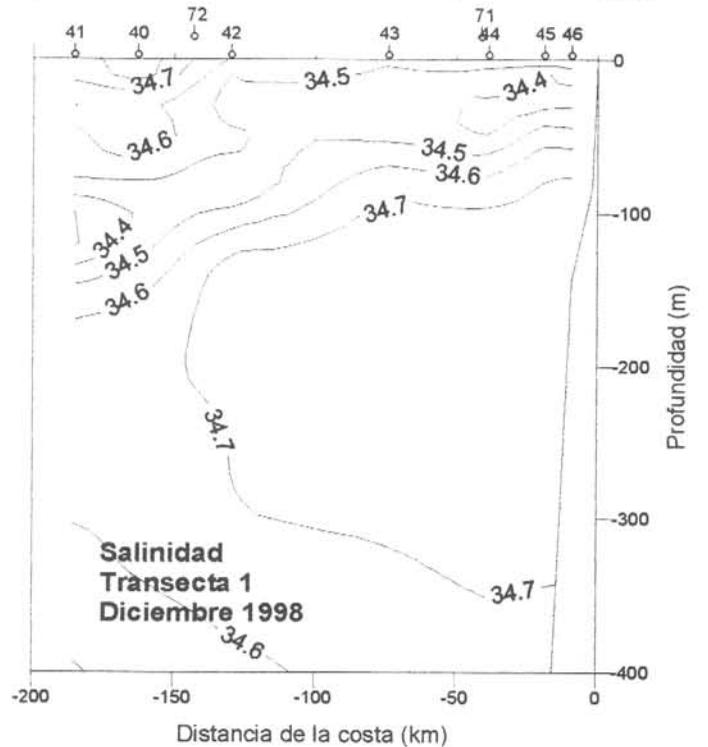
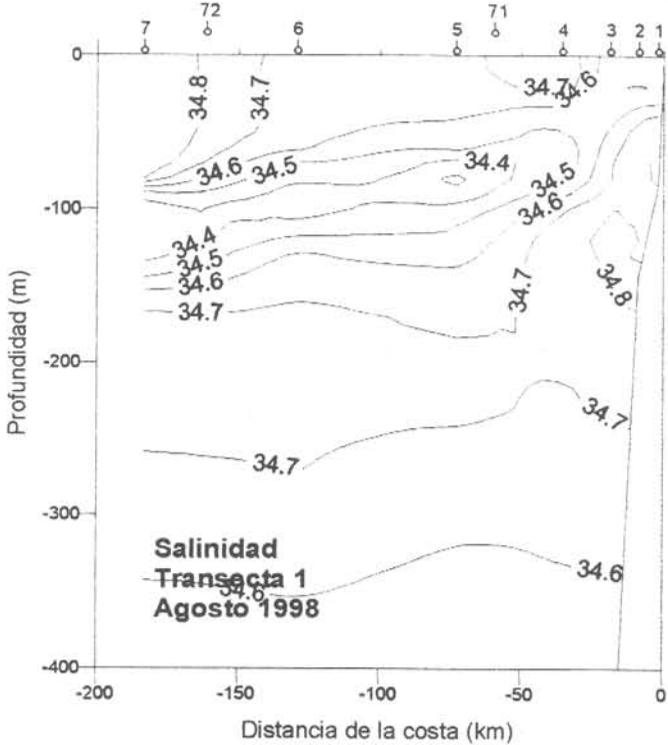
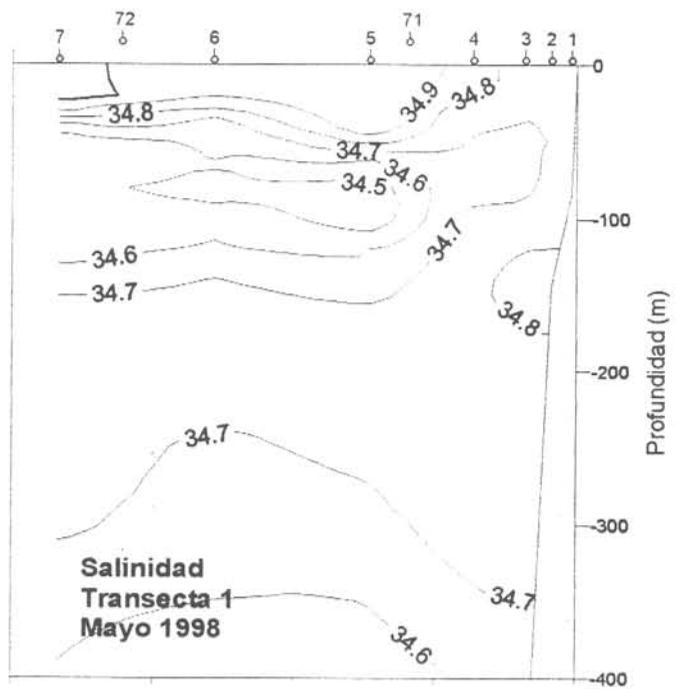
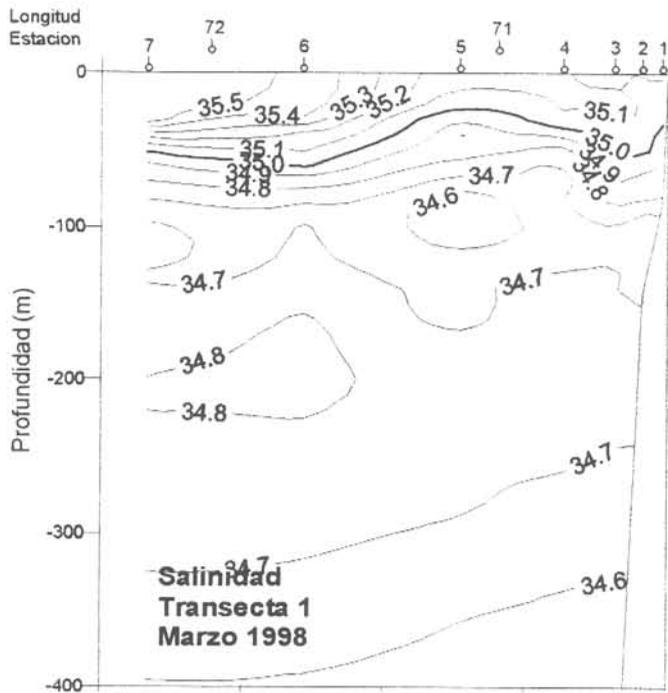


Figura 19.- Distribución vertical de salinidad en la transecta 1. Latitud 23°40'S.
Cruceros Trimestrales 1998.

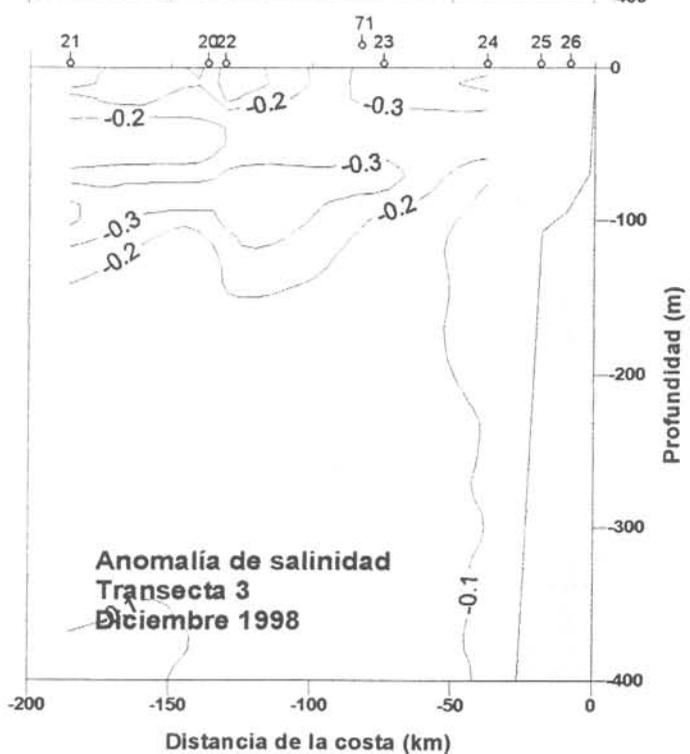
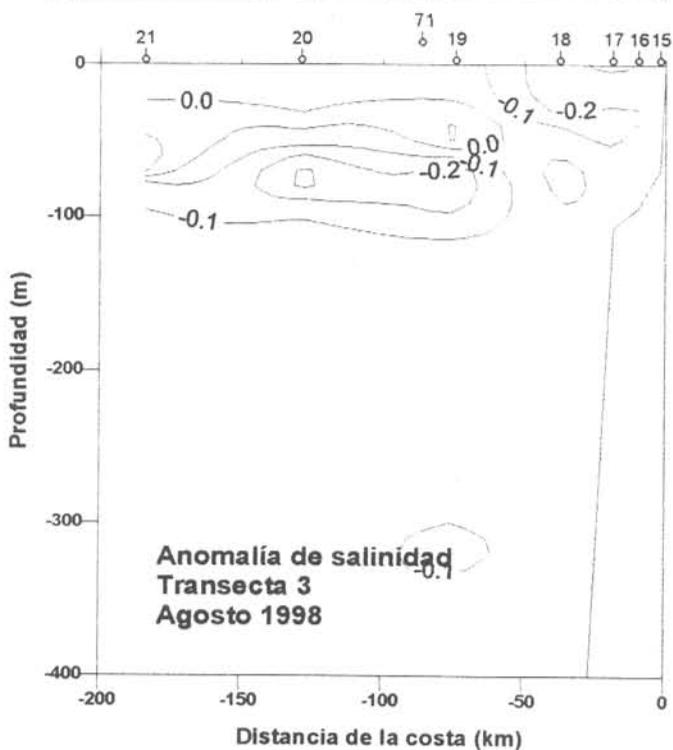
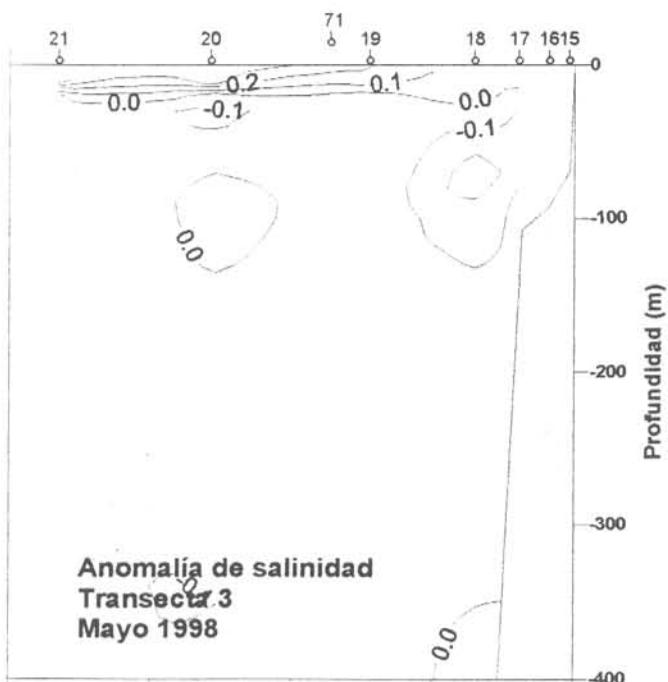
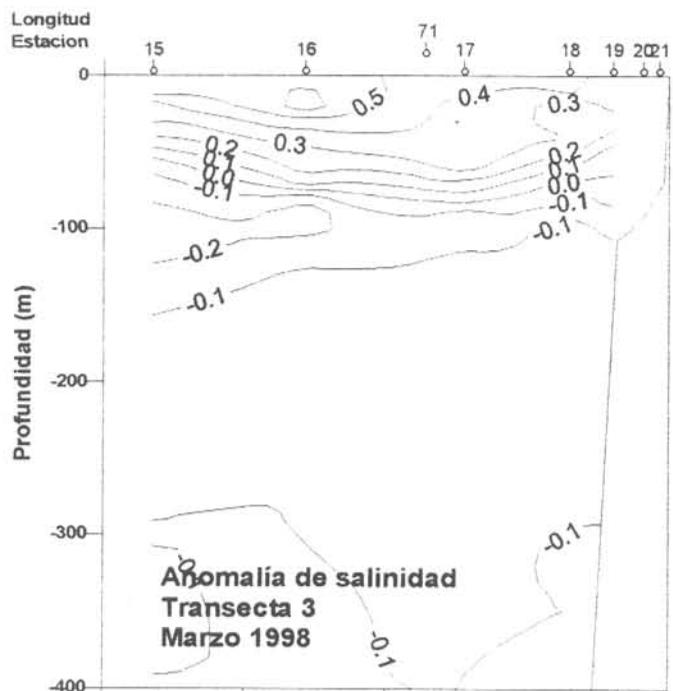


Figura 20 .- Distribución vertical de Anomalia de salinidad en la transecta 3. Latitud 21°S. Cruceros Trimestrales 1998.

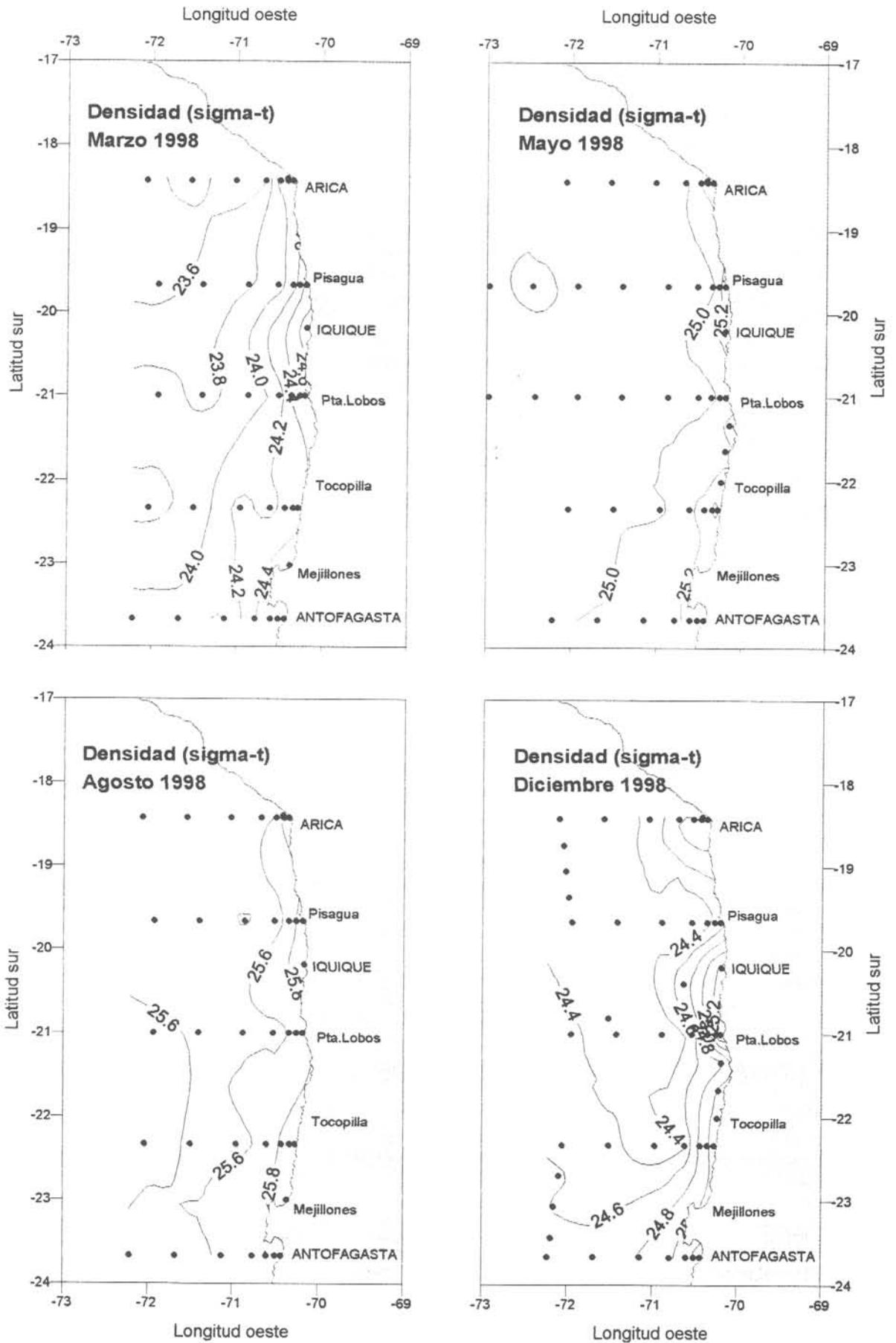


Figura 21.- Distribución superficial de densidad (σ_t). Cruceros trimestrales 1998

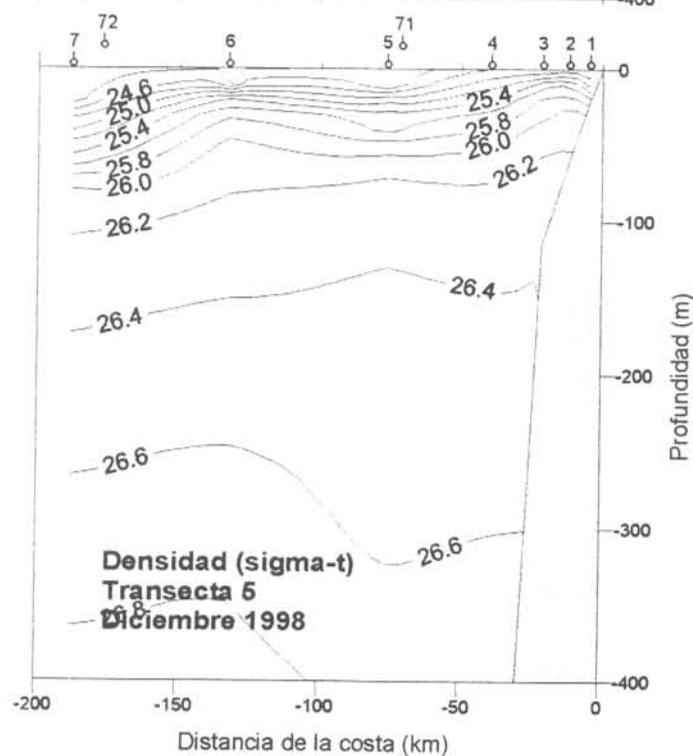
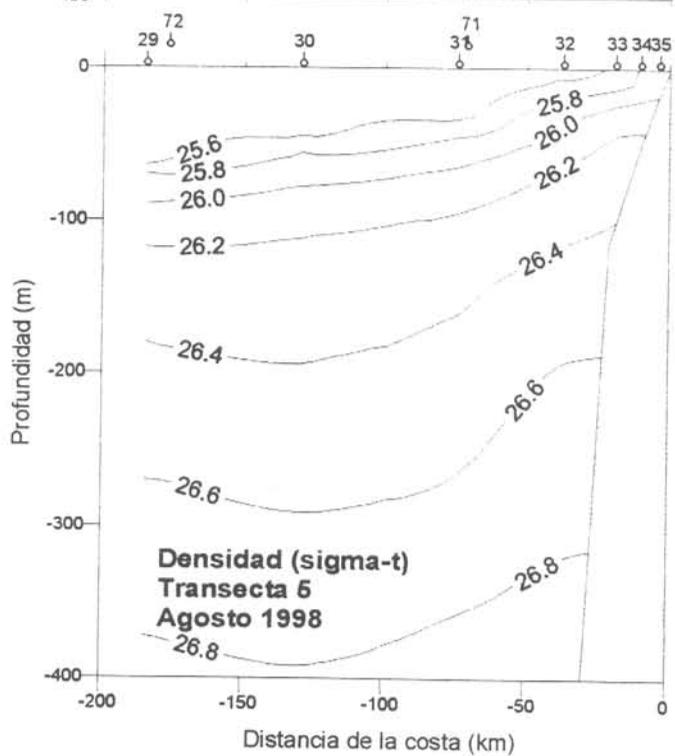
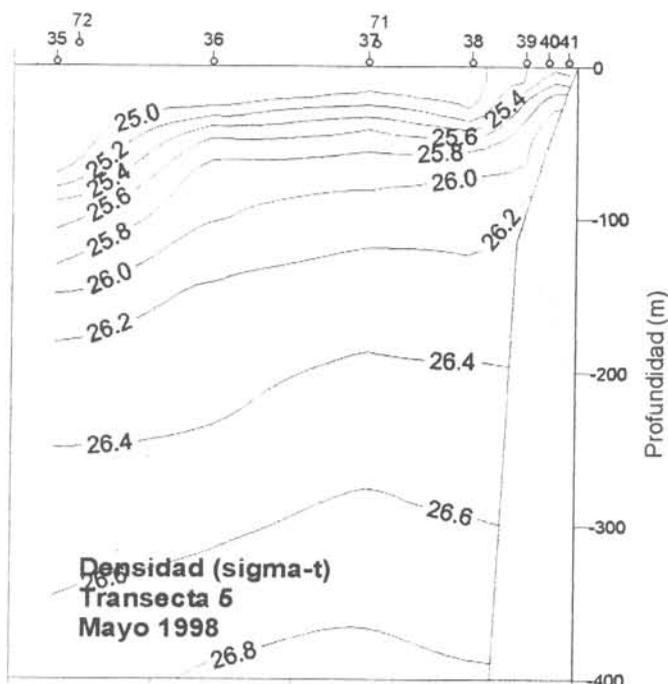
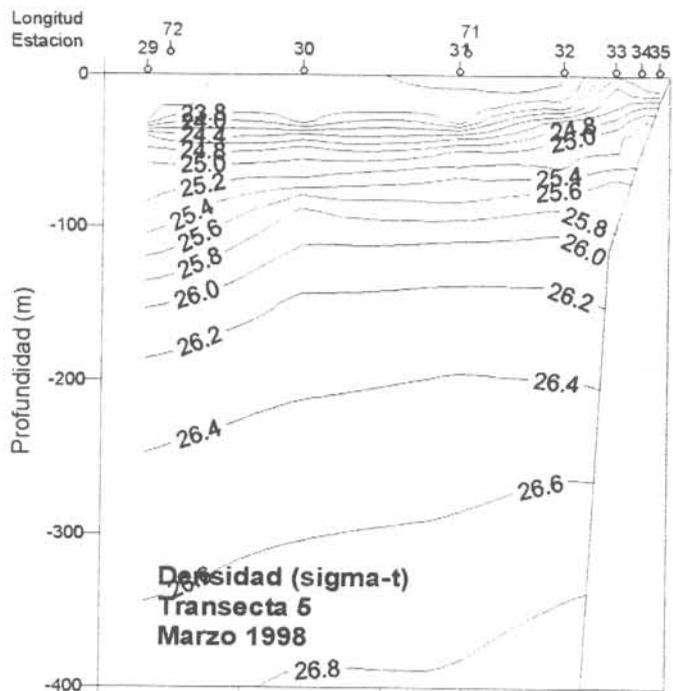


Figura 22.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros Trimestrales 1998.

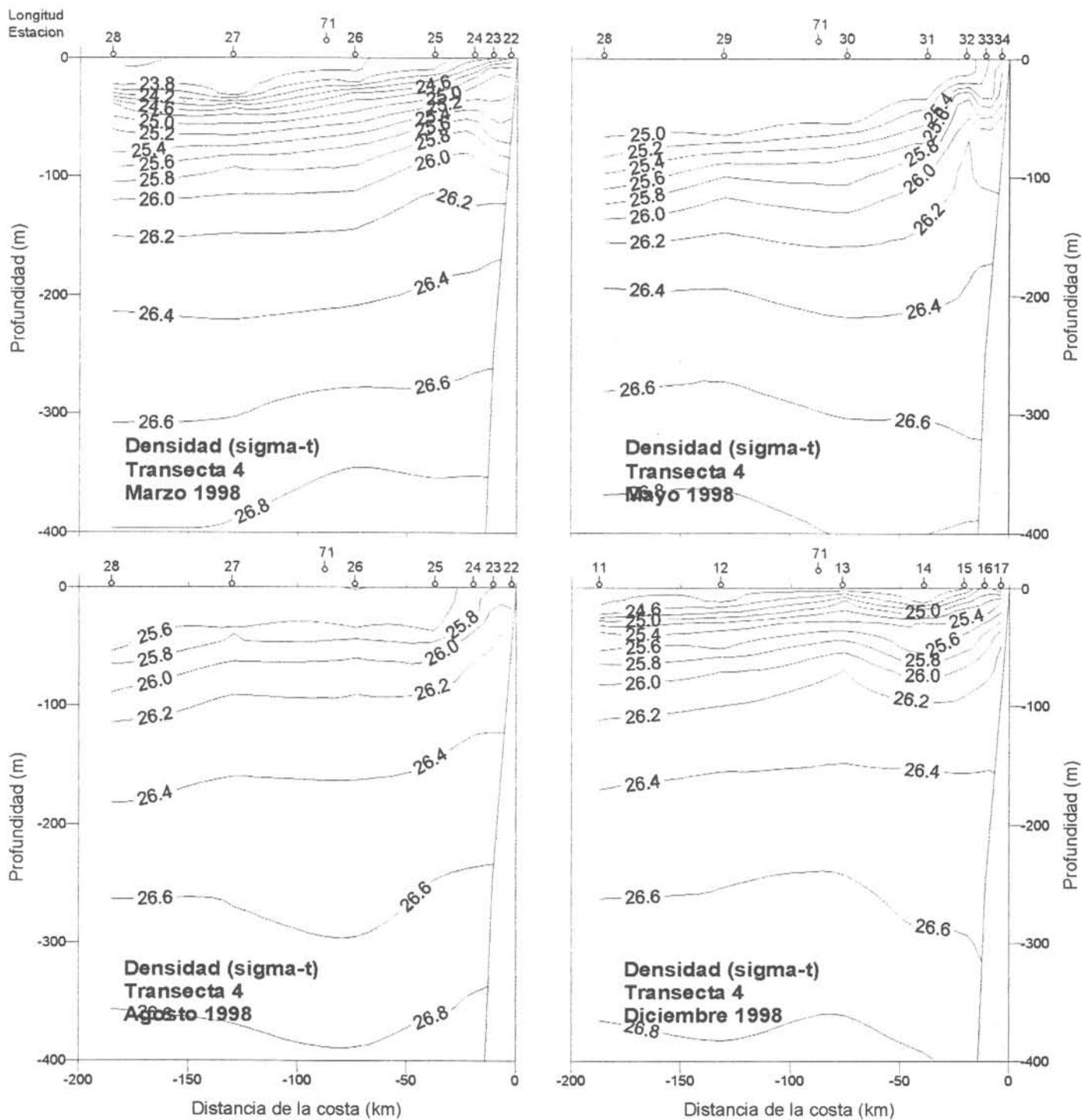


Figura 23.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros Trimestrales 1998.

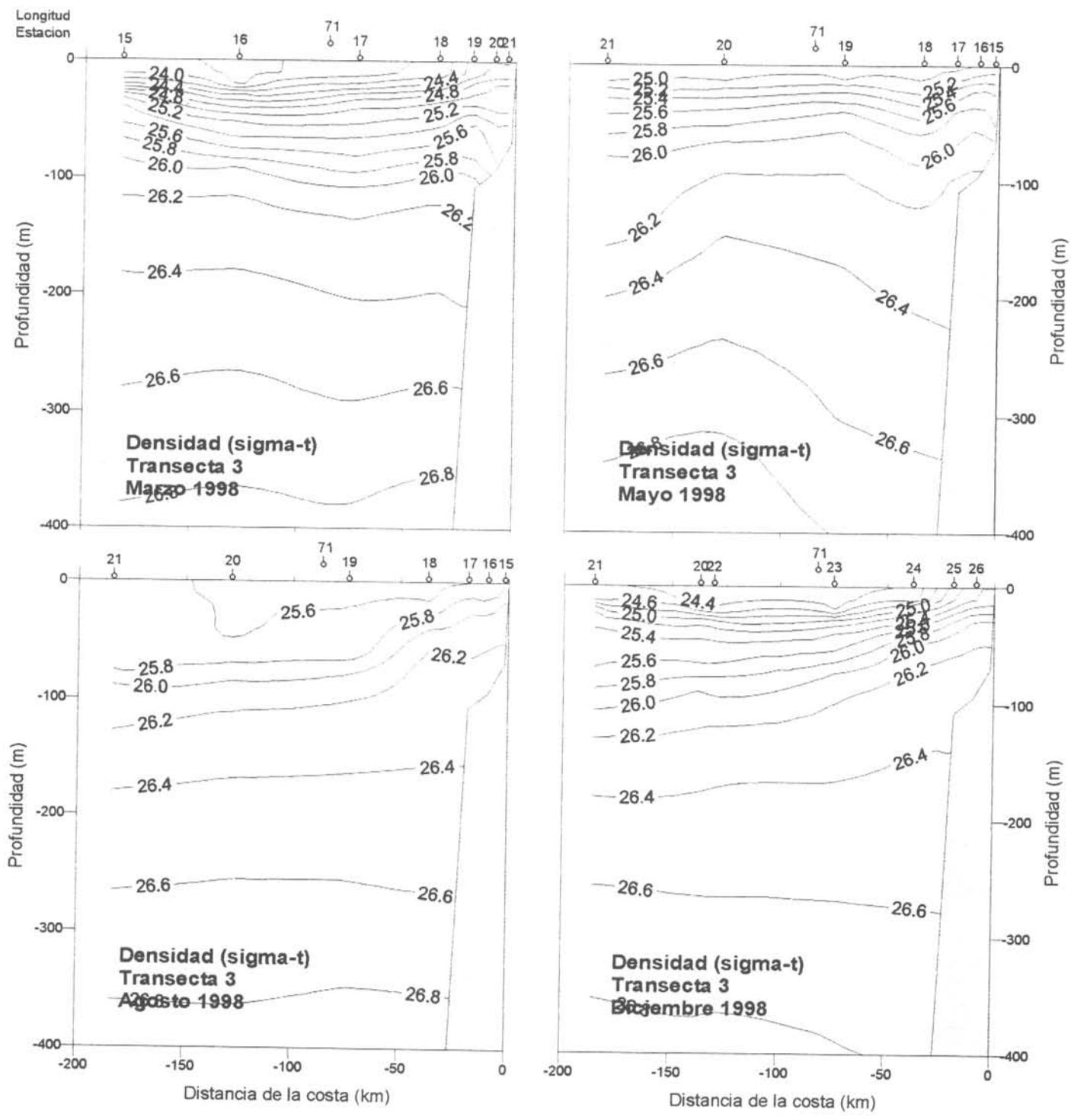


Figura 24.- Distribución vertical de densidad (σ_t) en la transecta 3. Latitud 21°S. Cruceros Trimestrales 1998.

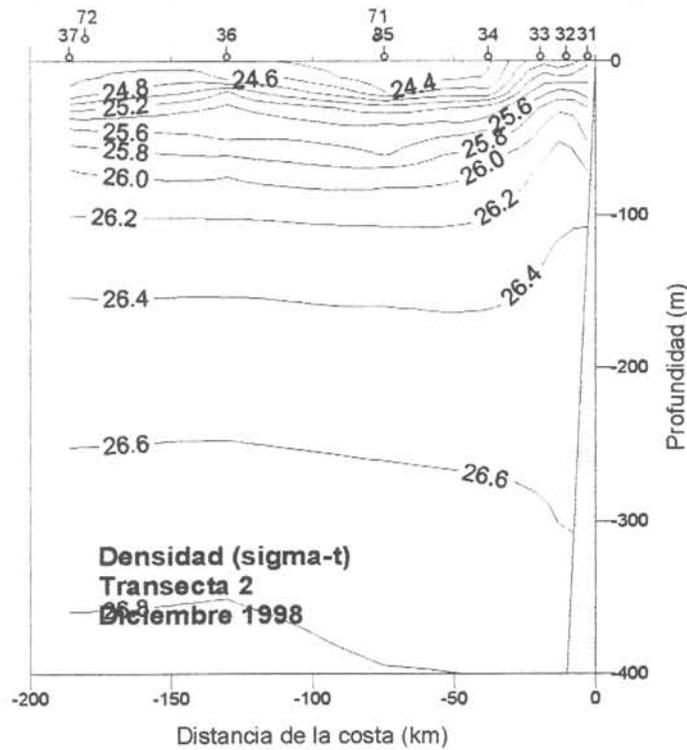
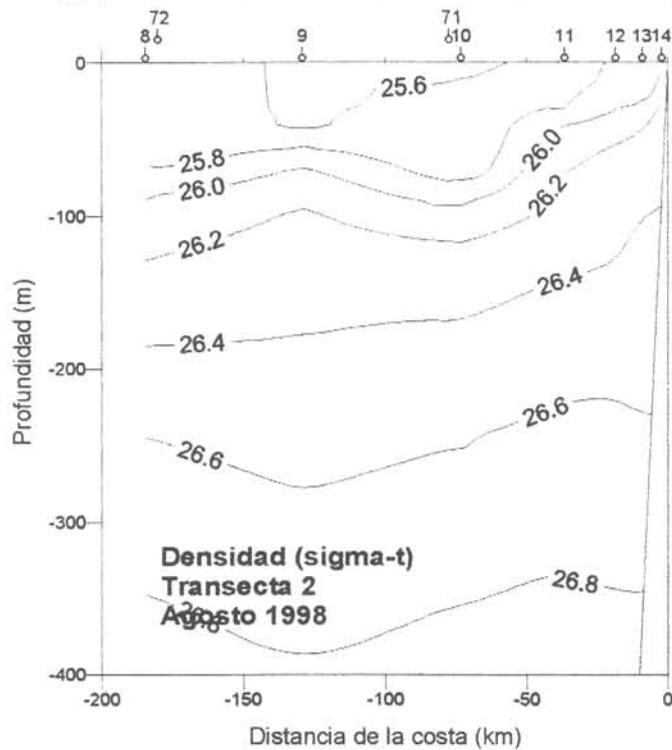
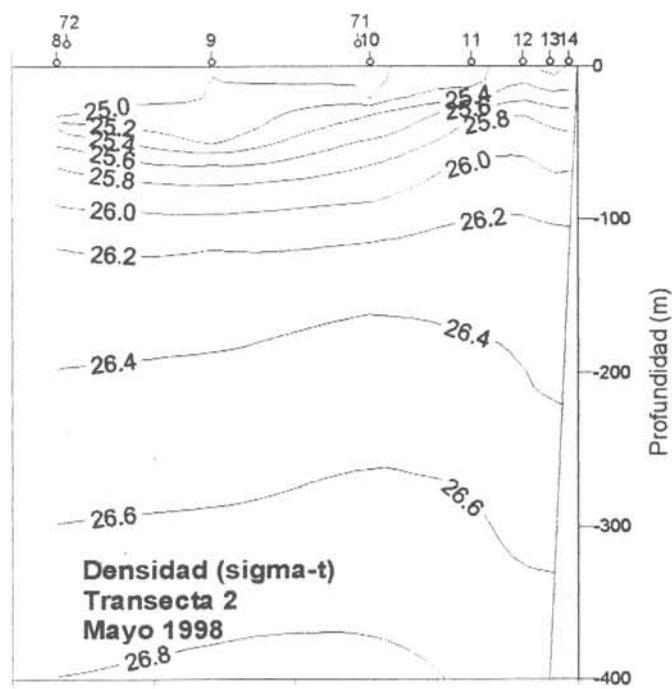
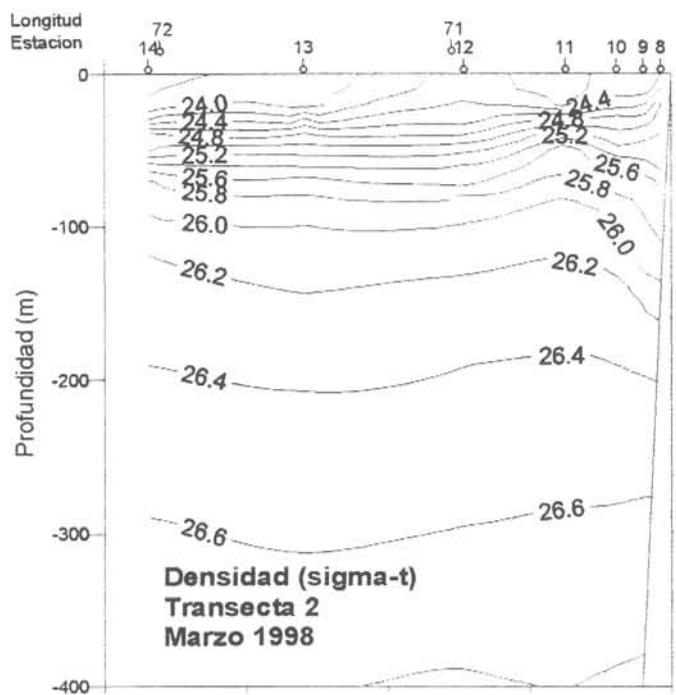


Figura 25.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros Trimestrales 1998.

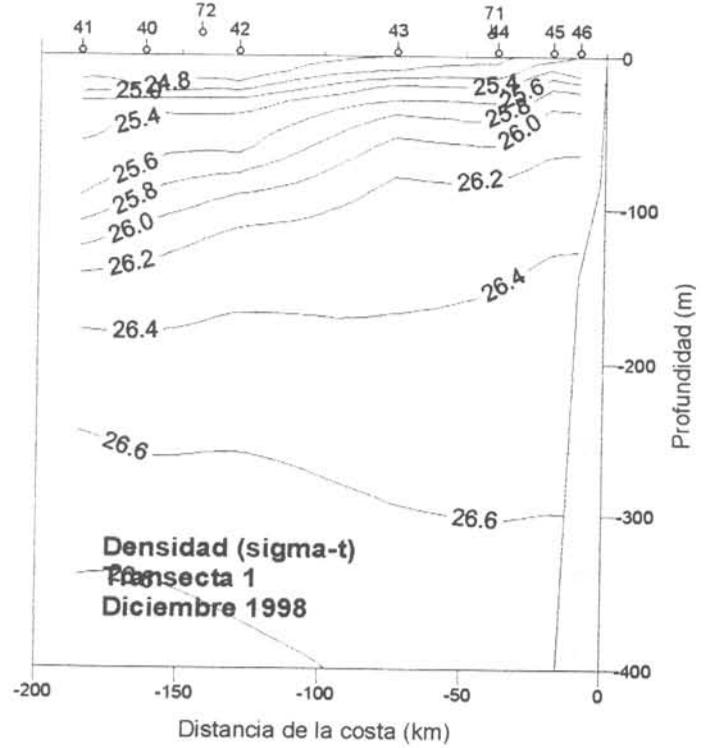
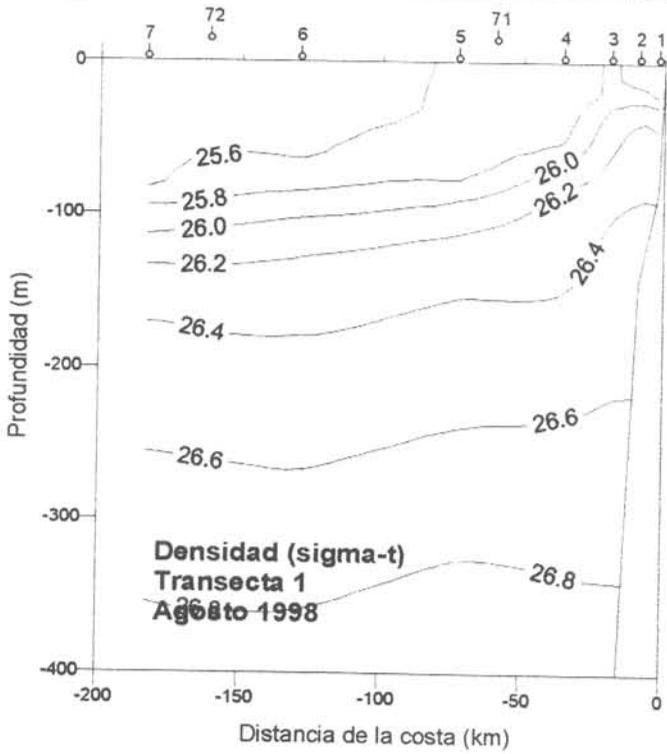
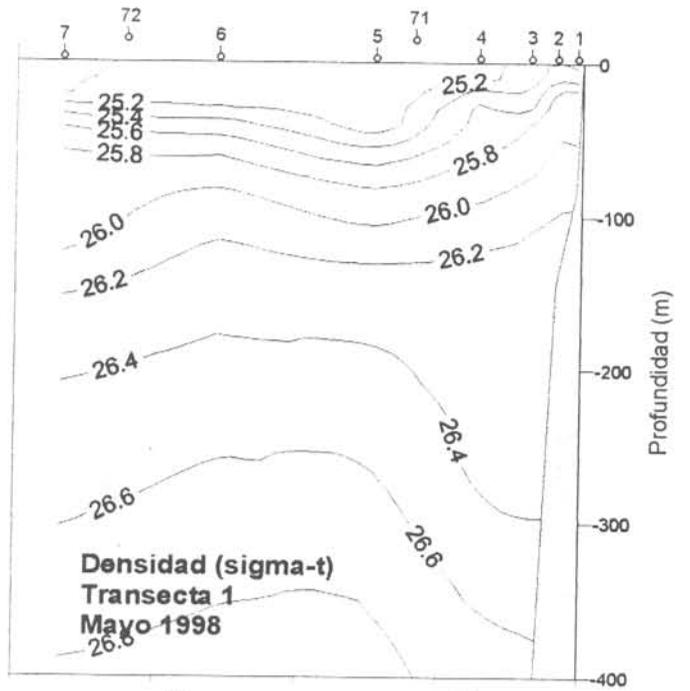
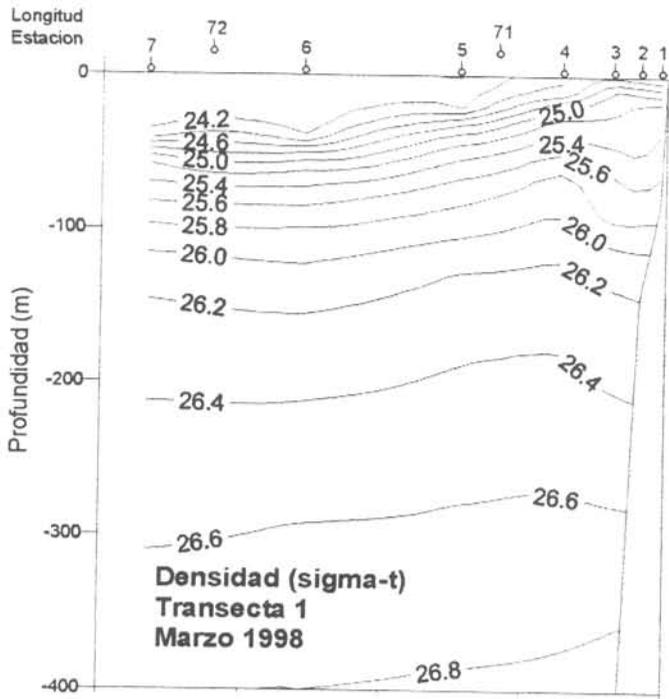


Figura 26.- Distribución vertical de densidad (sigma-t) en la transecta 1. Latitud 23°40'S. Cruceros Trimestrales 1998.

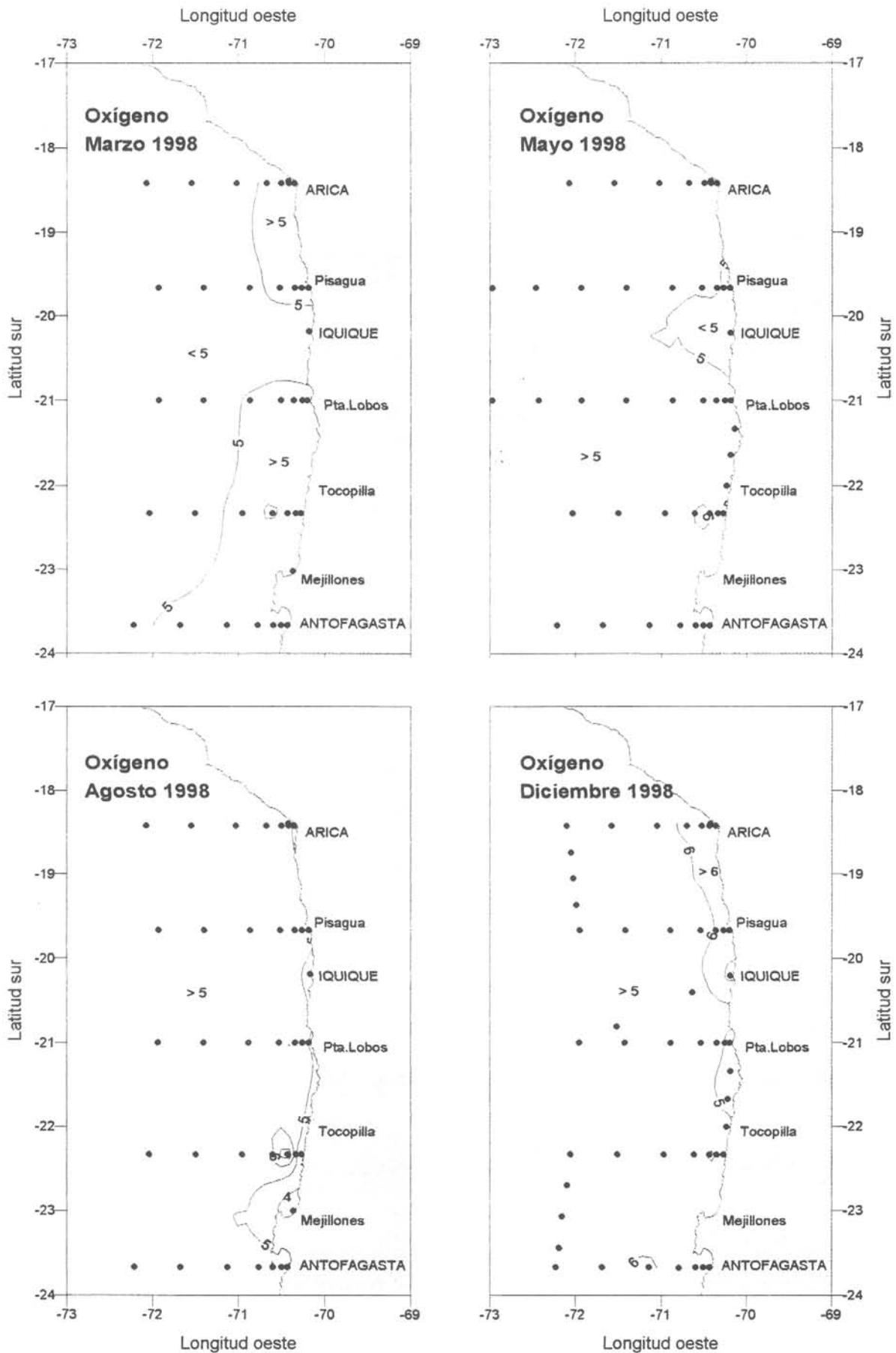


Figura 27.- Distribución superficial de oxígeno disuelto. Cruceros trimestrales 1998

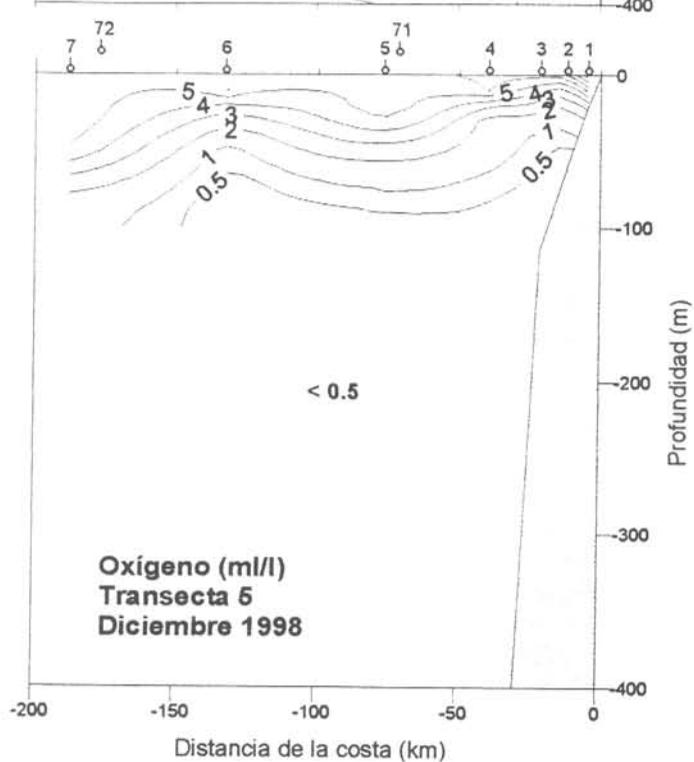
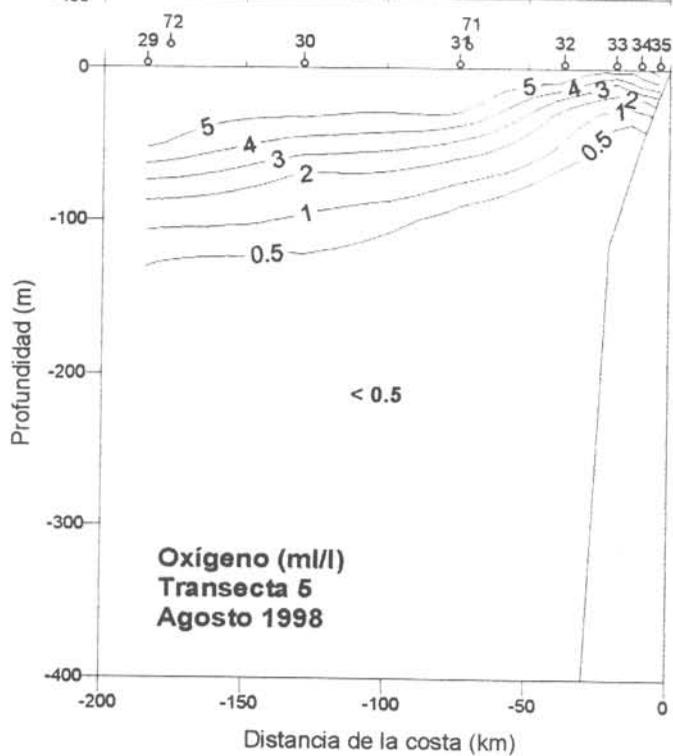
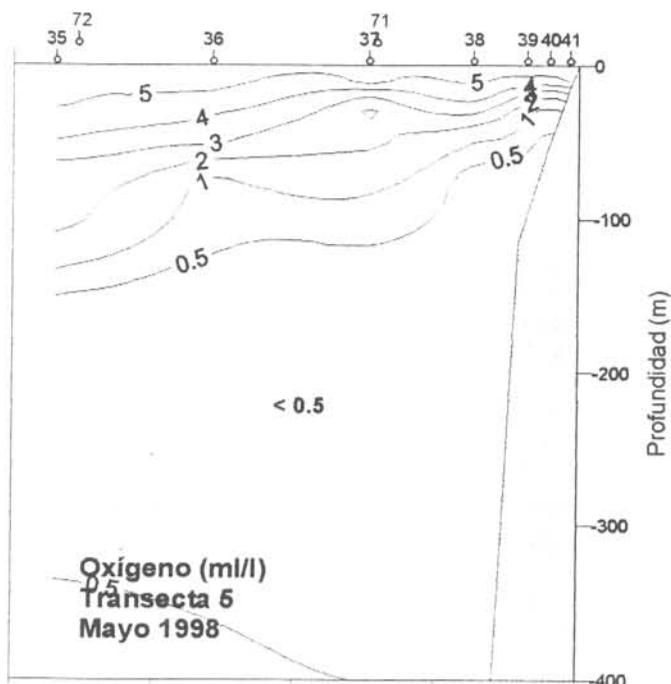
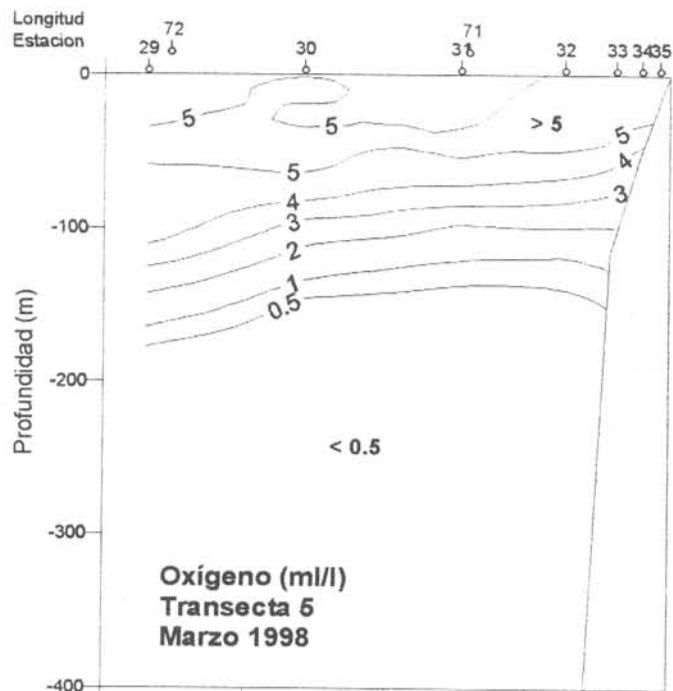


Figura 28.- Distribución vertical de oxígeno (ml/l) en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros Trimestrales 1998.

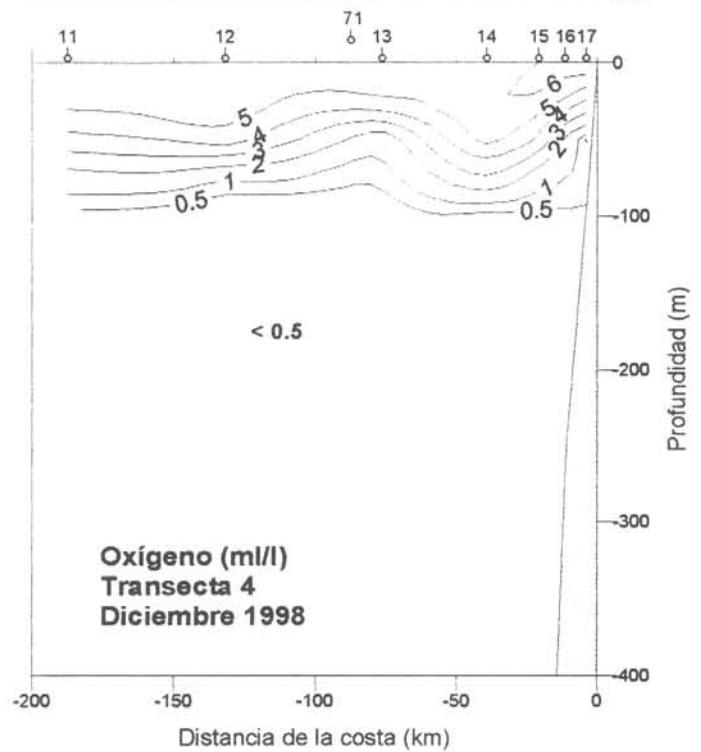
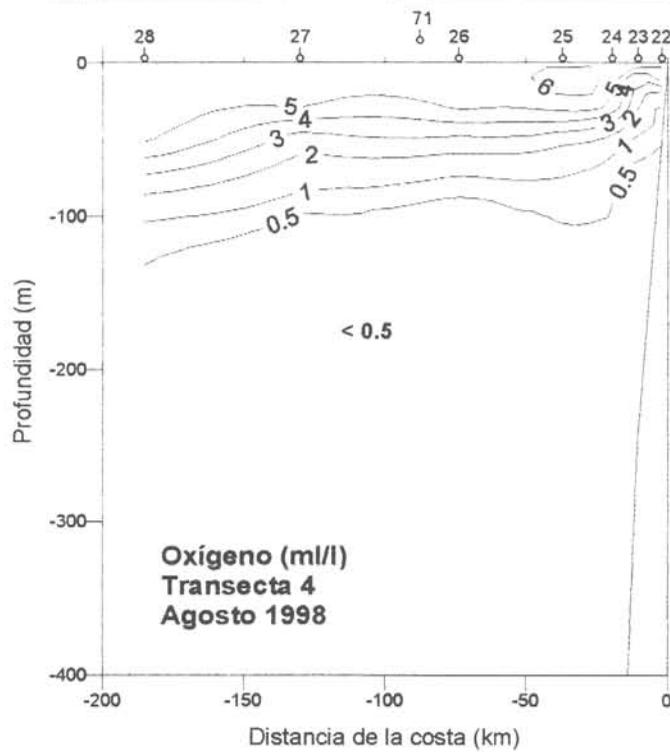
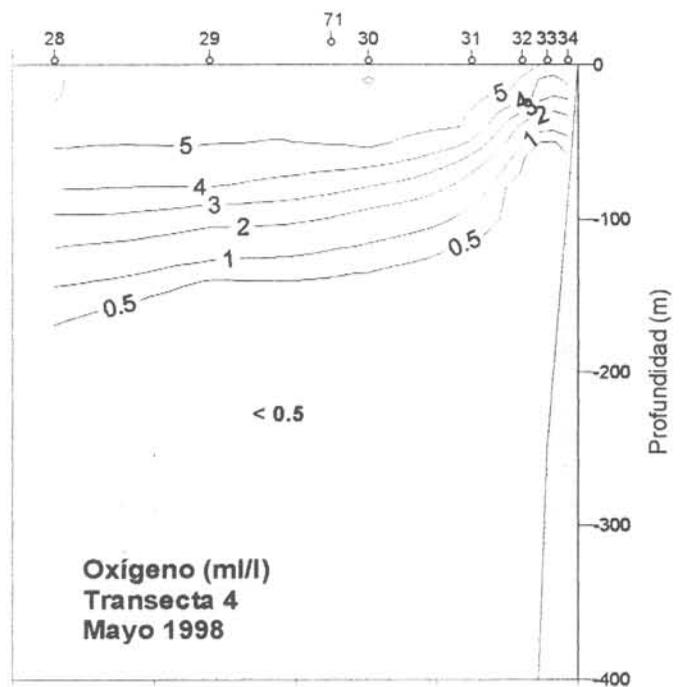
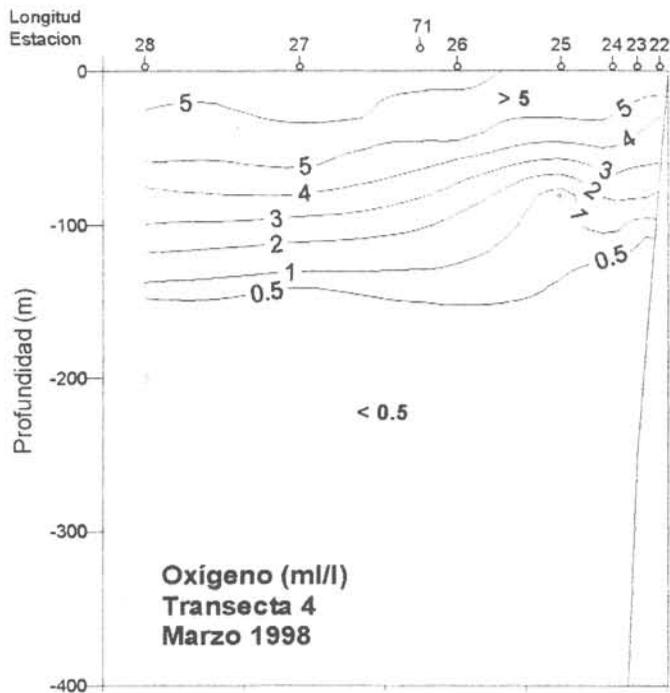


Figura 29.- Distribución vertical de oxígeno (ml/l) en la transecta 4. Latitud 19°40'S. Cruceros Trimestrales 1998.

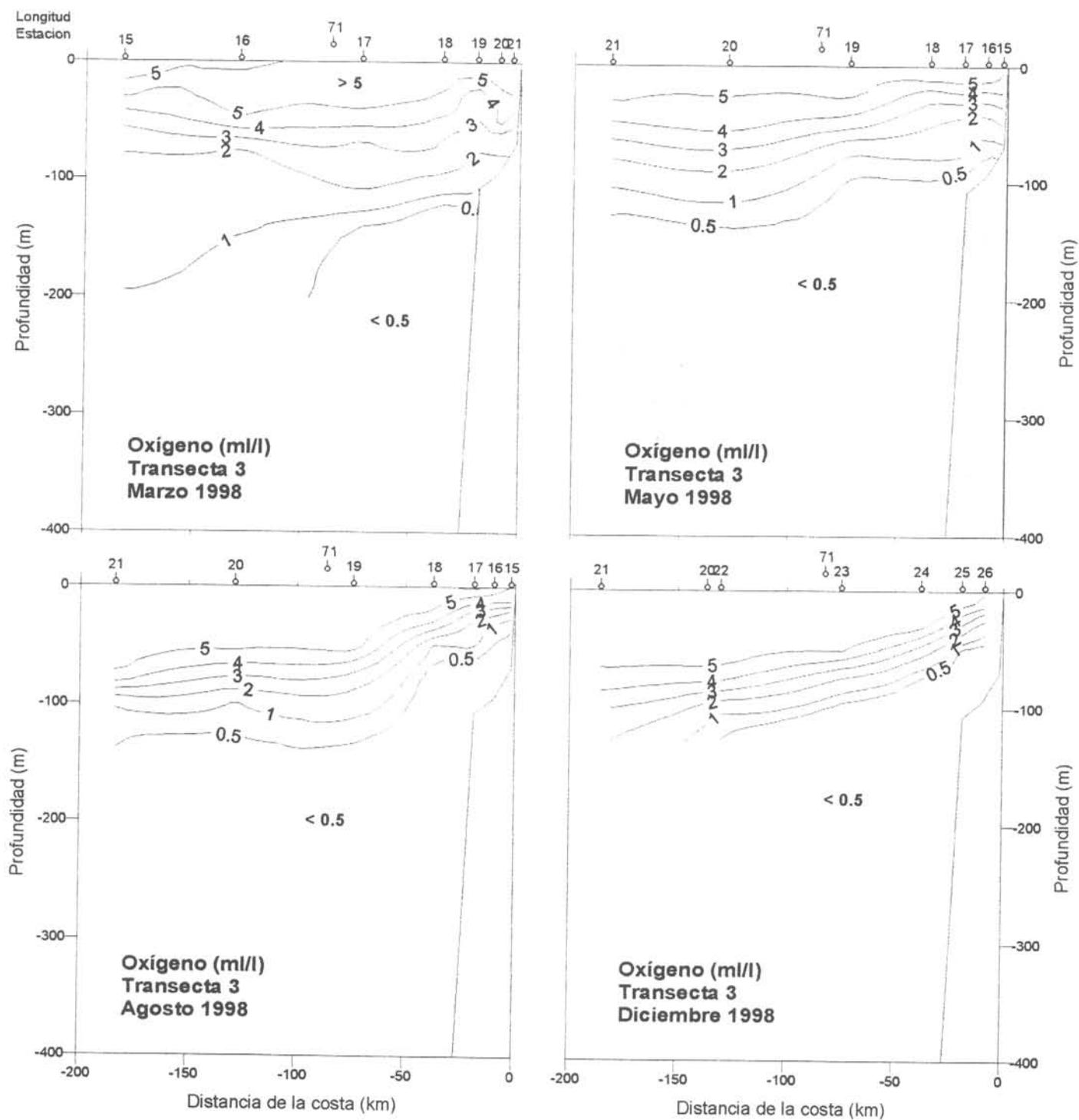


Figura 30.- Distribución vertical de oxígeno (ml/l) en la transecta 3. Latitud 21°S. Cruceros Trimestrales 1998.

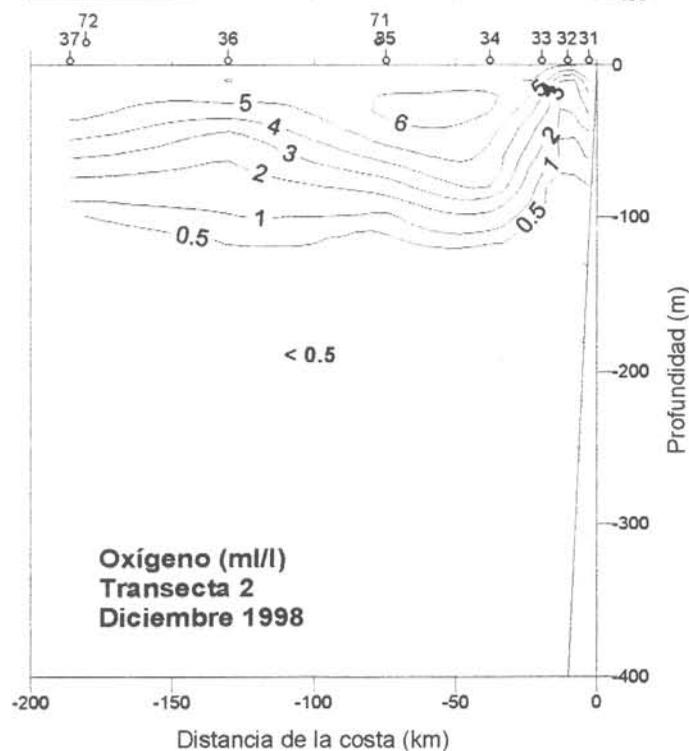
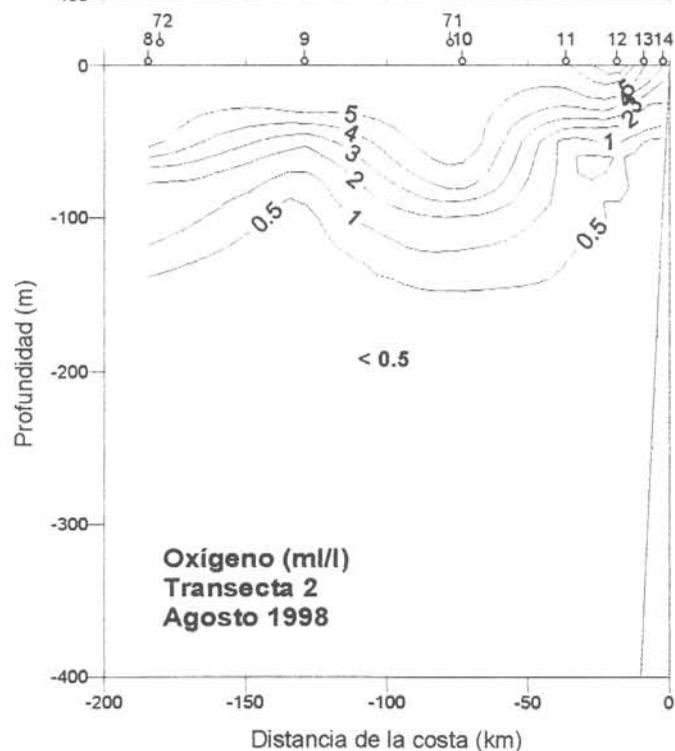
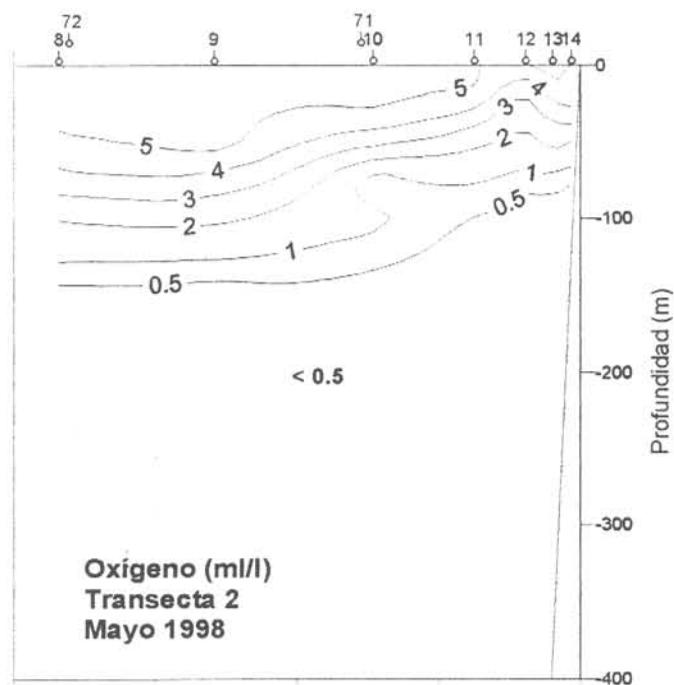
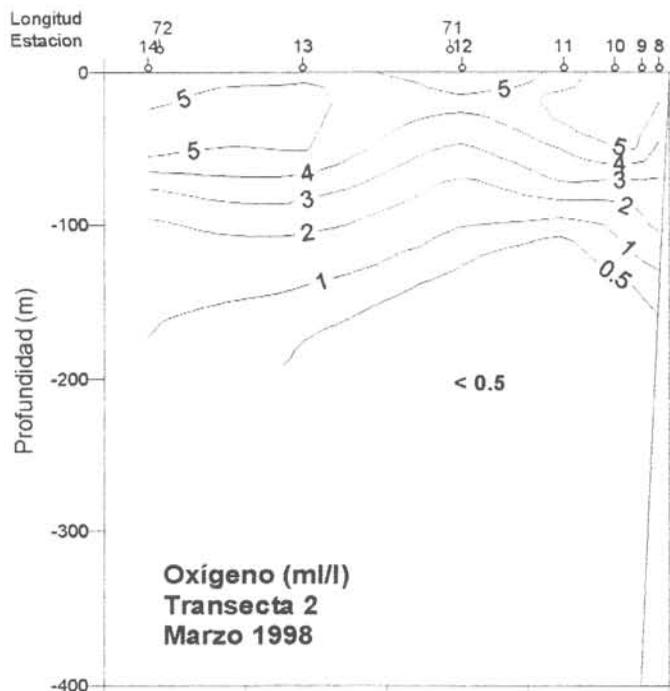


Figura 31.- Distribución vertical de oxígeno (ml/l) en la transecta 2. Latitud 22°20'S. Cruceros Trimestrales 1998.

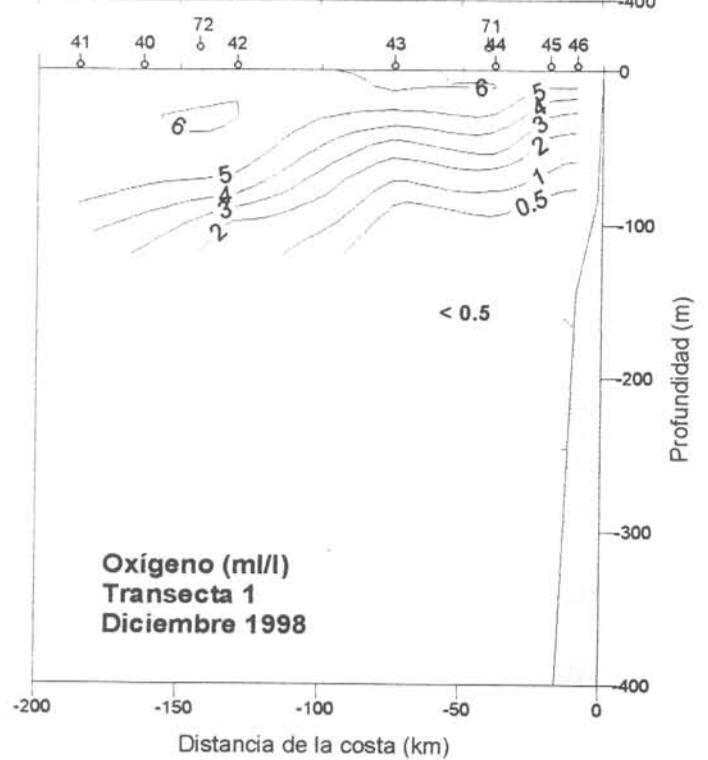
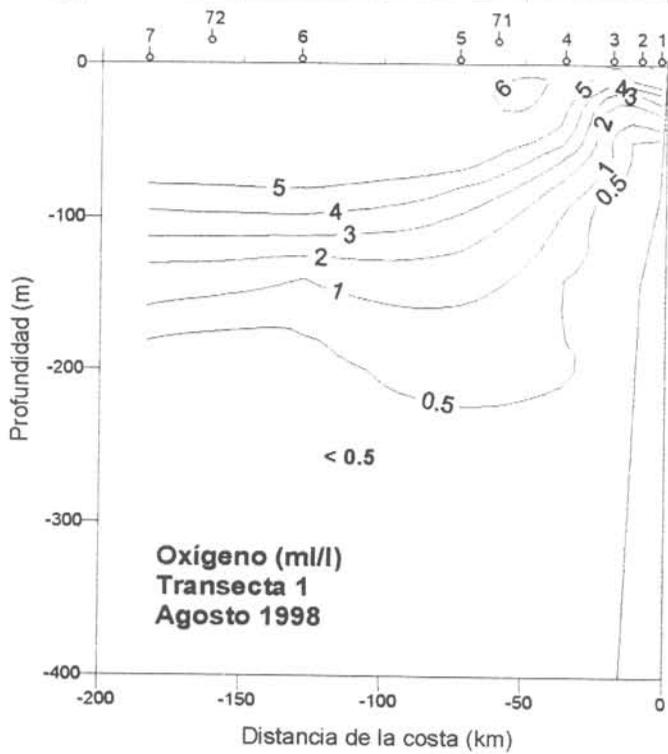
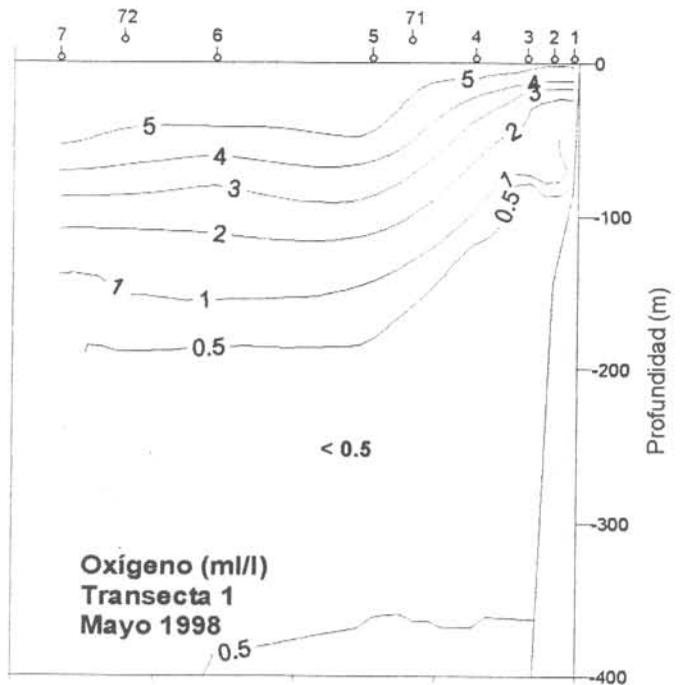
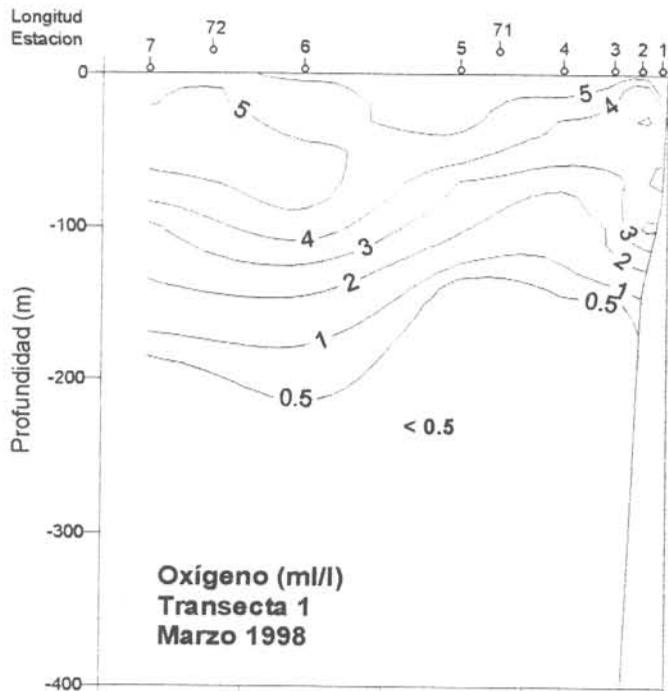


Figura 32.- Distribución vertical de oxígeno (ml/l) en la transecta 1. Latitud 23°40'S.
Cruceros Trimestrales 1998.

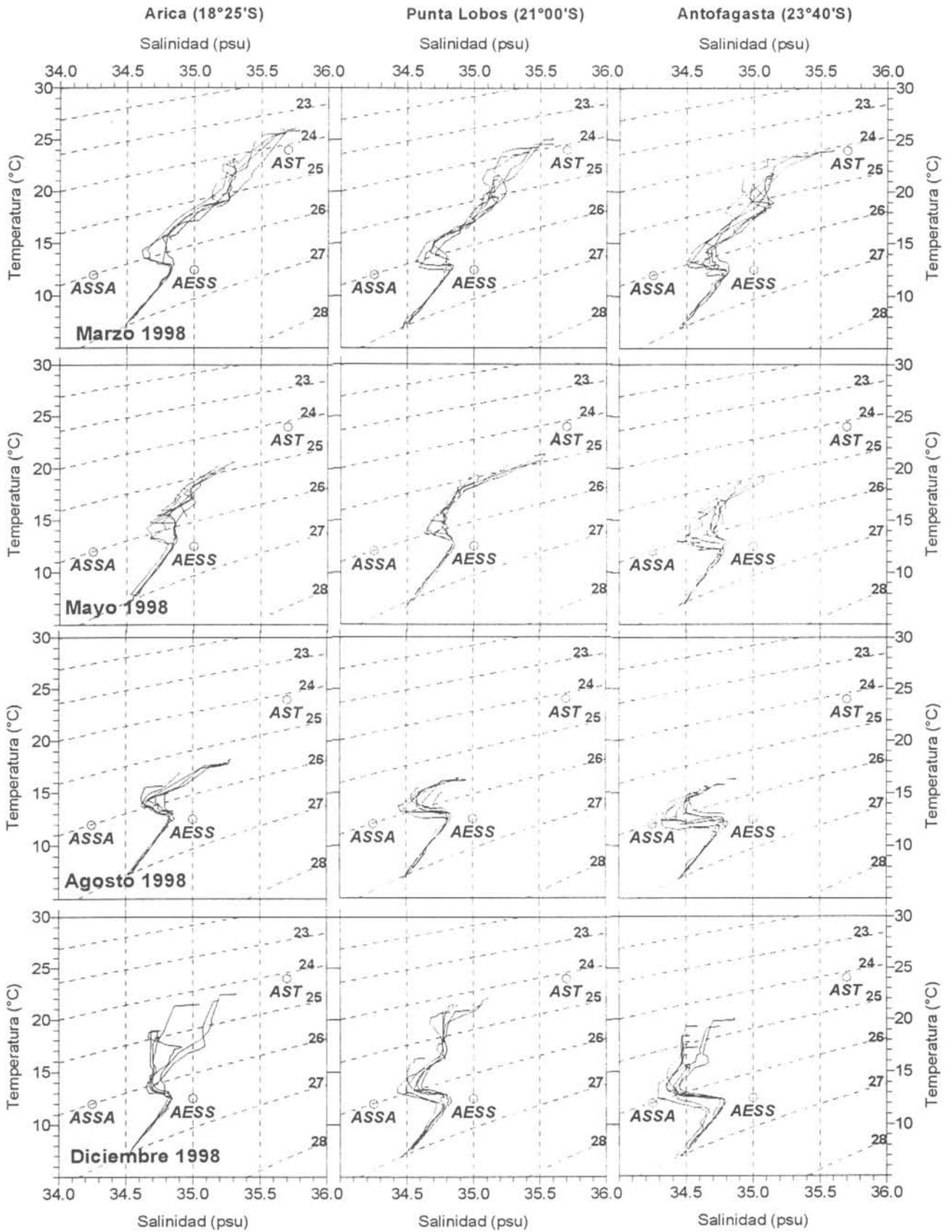


Figura 33.- Diagramas t-s de las transectas frente a Arica, Punta Lobos y Antofagasta. Cruceros trimestrales 1998.

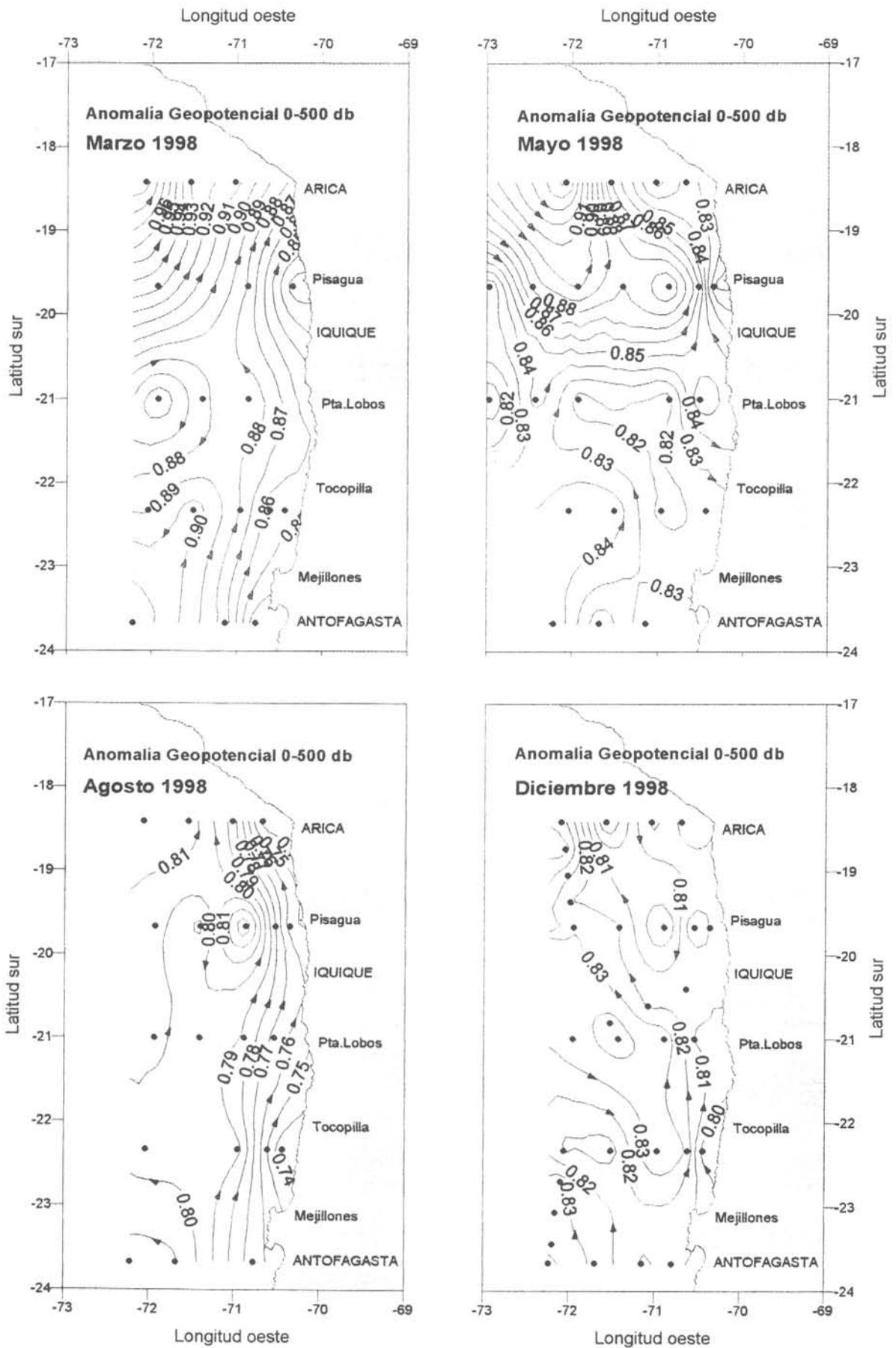


Figura 34.- Anomalia geopotencial de superficie referido a 500 db. Cruceros trimestrales 1998

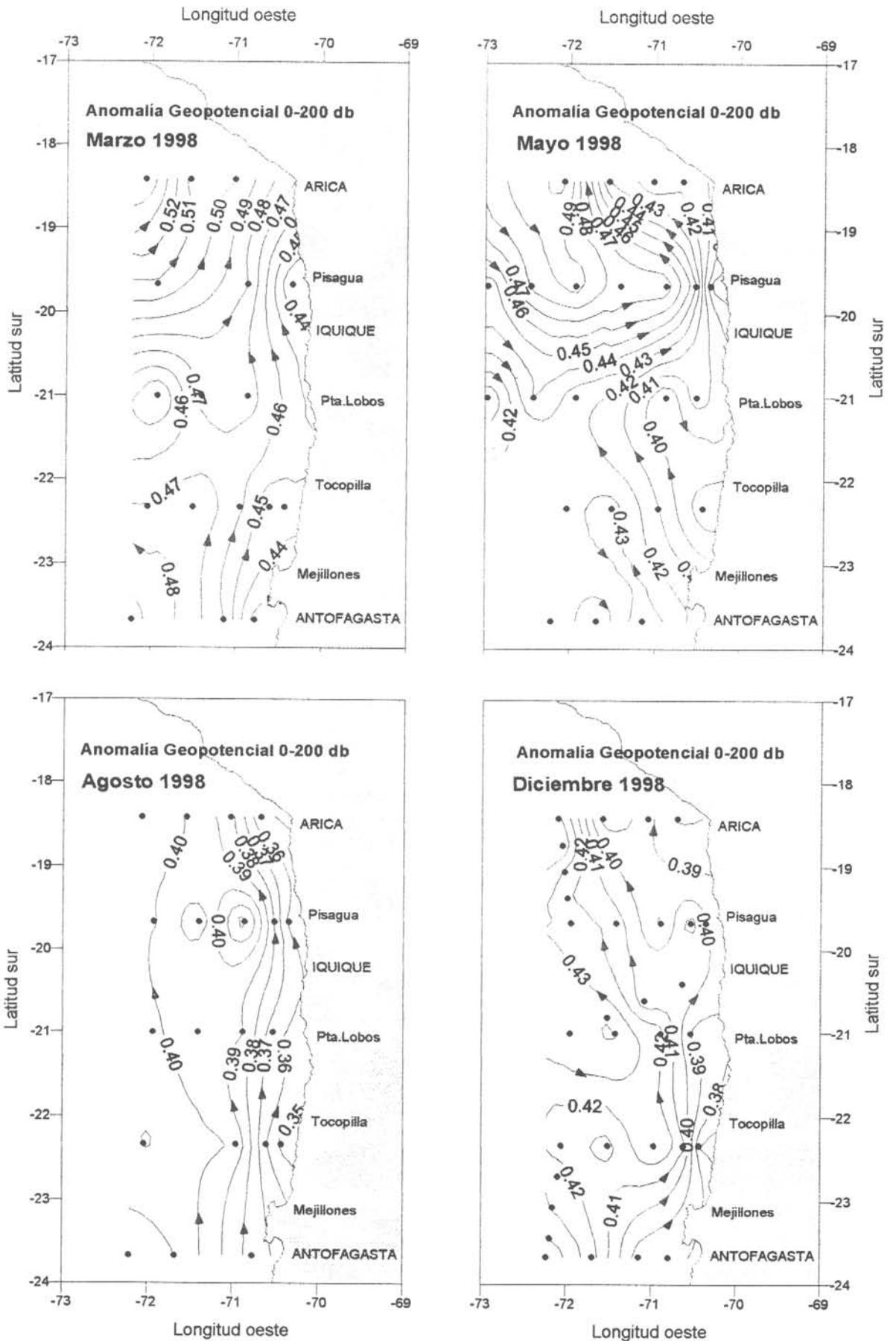


Figura 35.- Anomalia geopotencial de superficie referida a 200 db. Cruceros trimestrales 1998

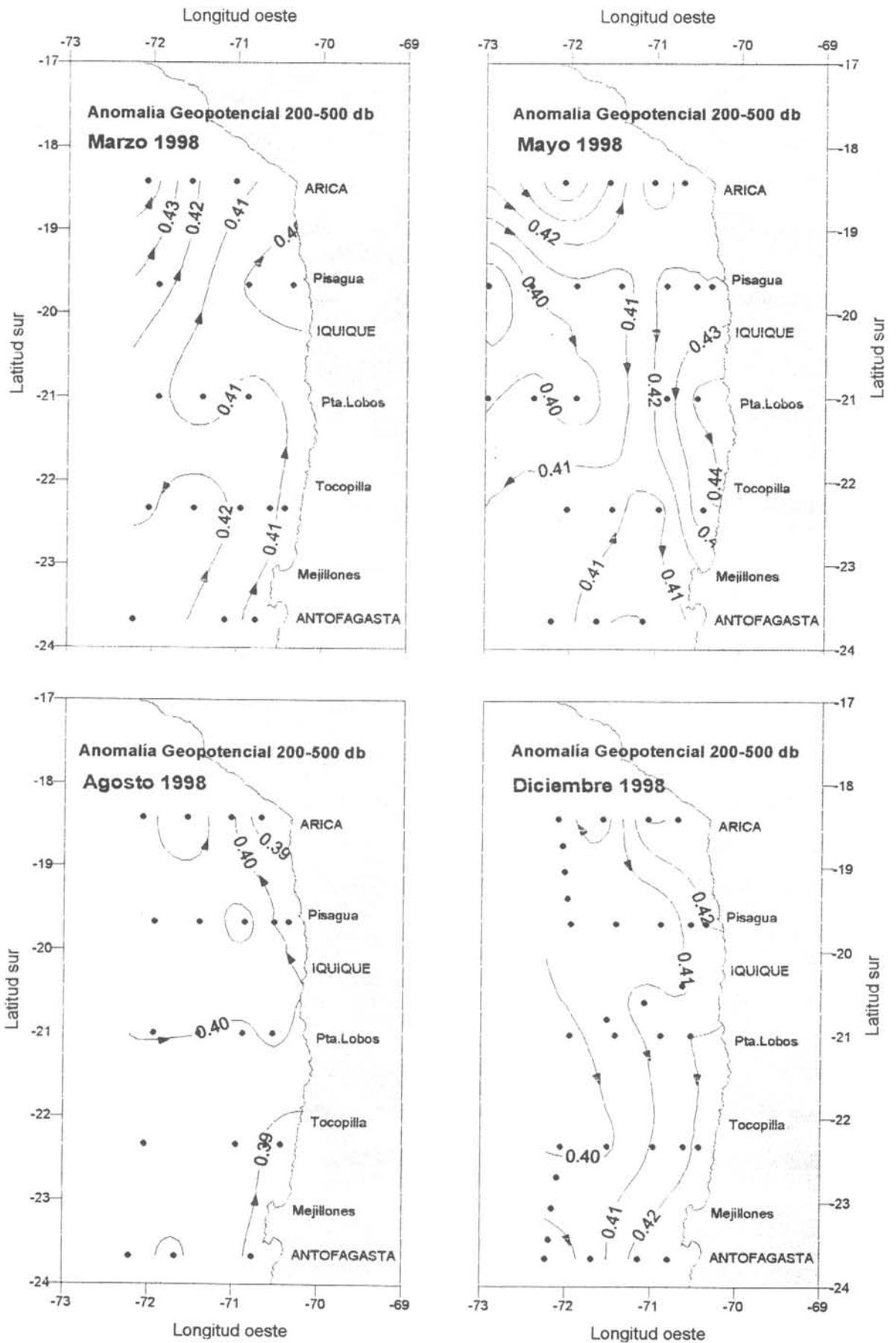


Figura 36.- Anomalia geopotencial de 200 db referida a 500 db. Cruceros trimestrales 1998

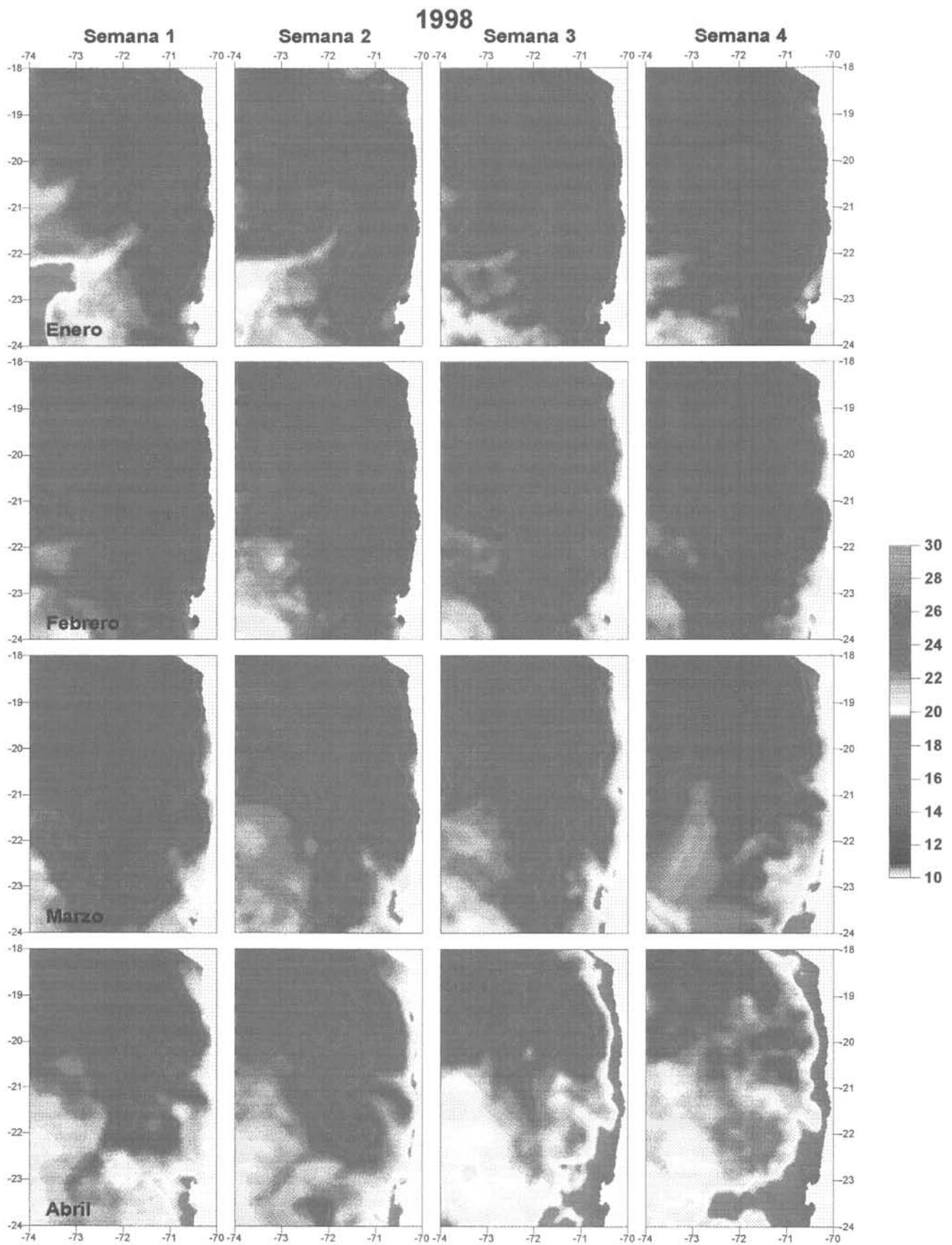


Figura 37.- Imagenes semanales de temperatura superficial del mar (NOAA). Enero - Abril 1998

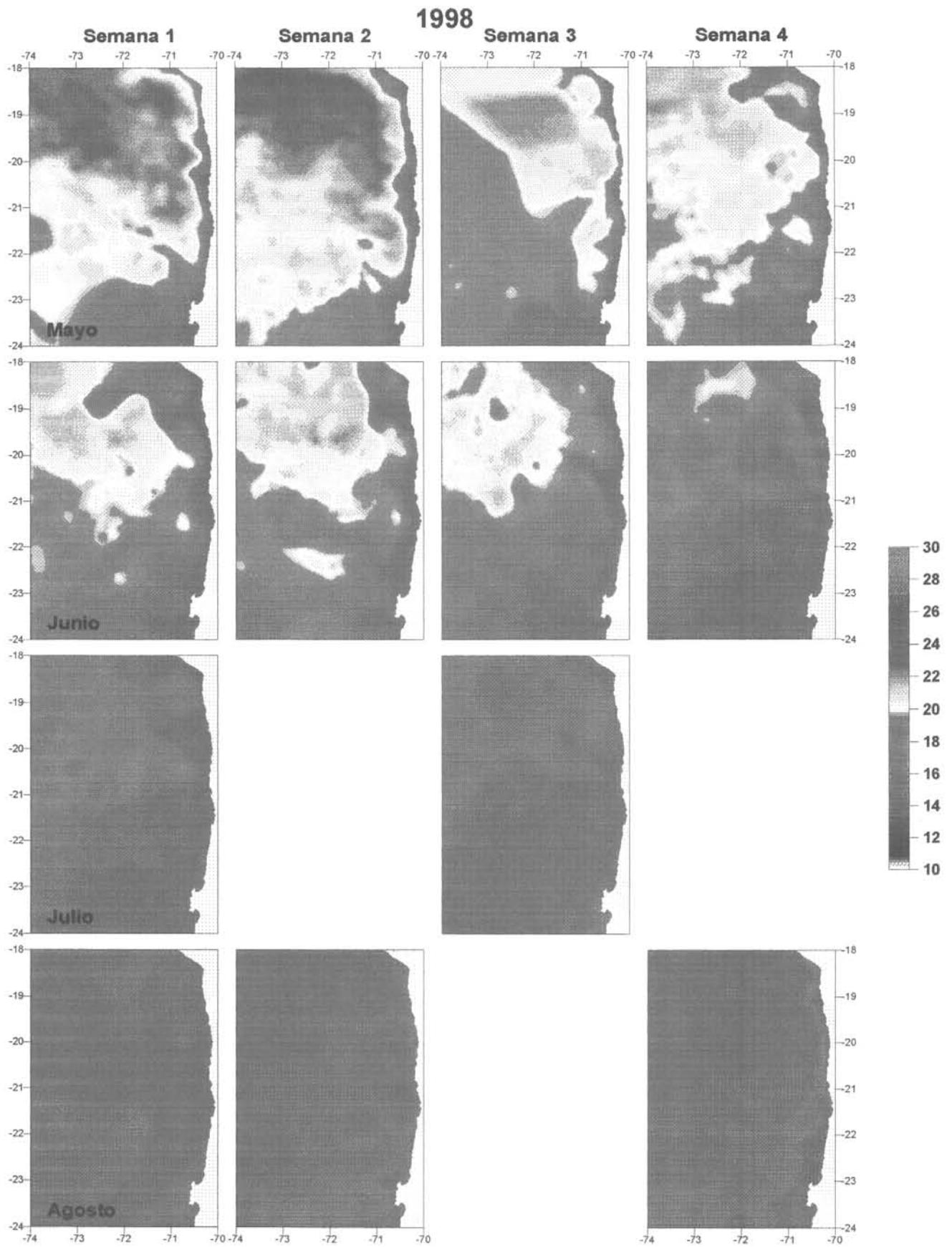


Figura 38.- Imagenes semanales de temperatura superficial del mar (NOAA). Mayo - Agosto 1998

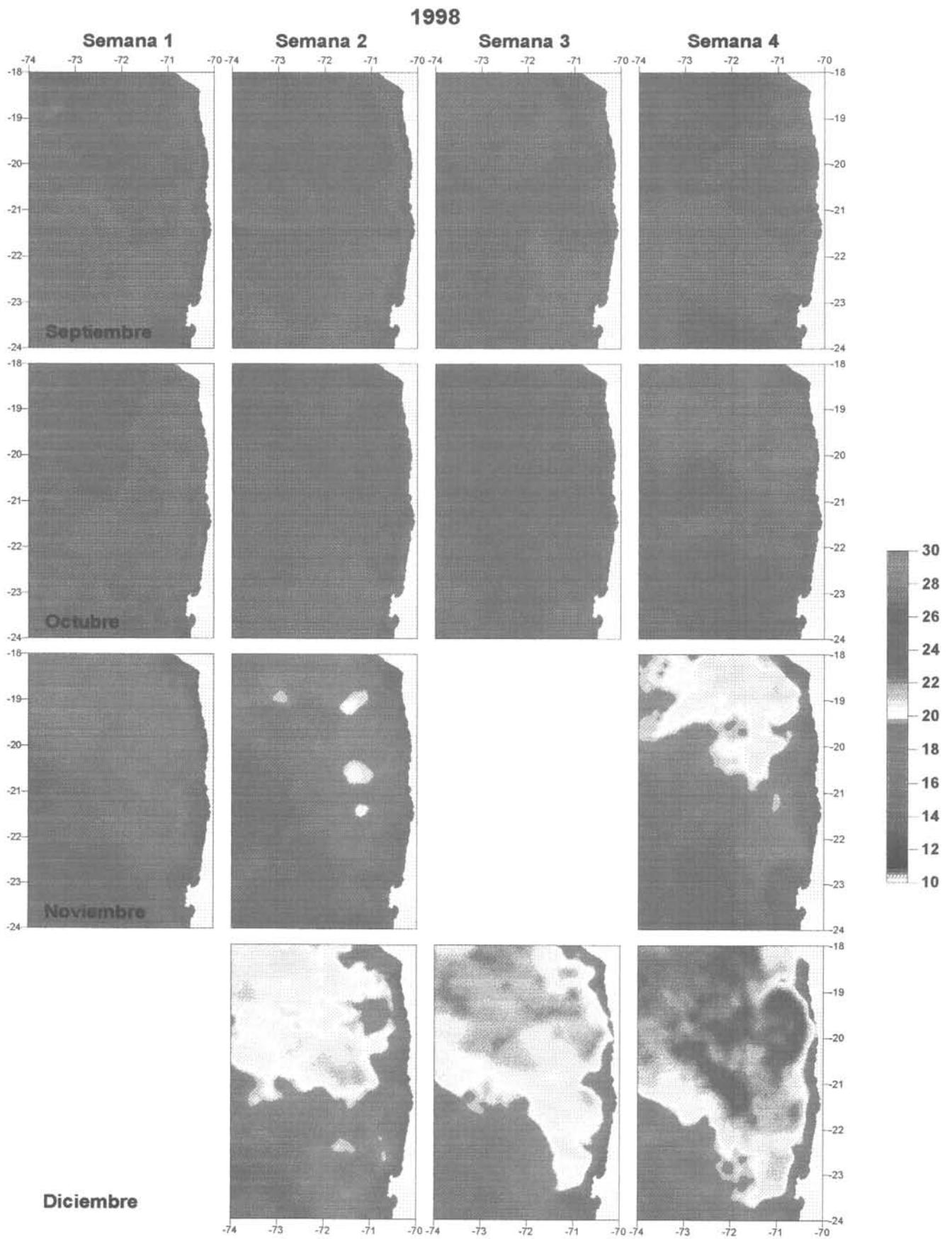


Figura 39.- Imagenes semanales de temperatura superficial del mar (NOAA). Septiembre - Diciembre 1998

1998

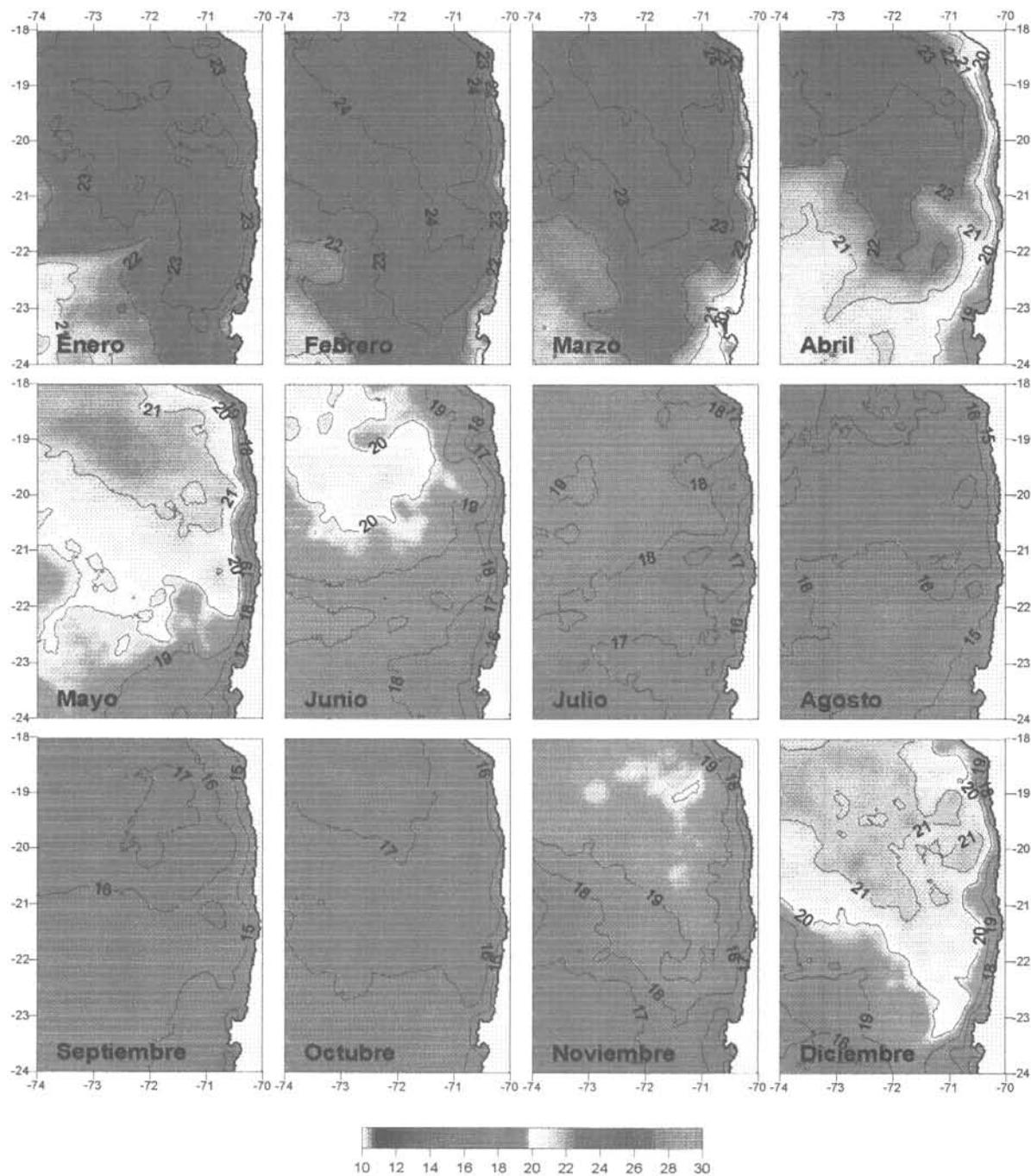


Figura 40.- Imagenes mensuales de temperatura superficial del mar (NOAA). Enero - Diciembre 1998

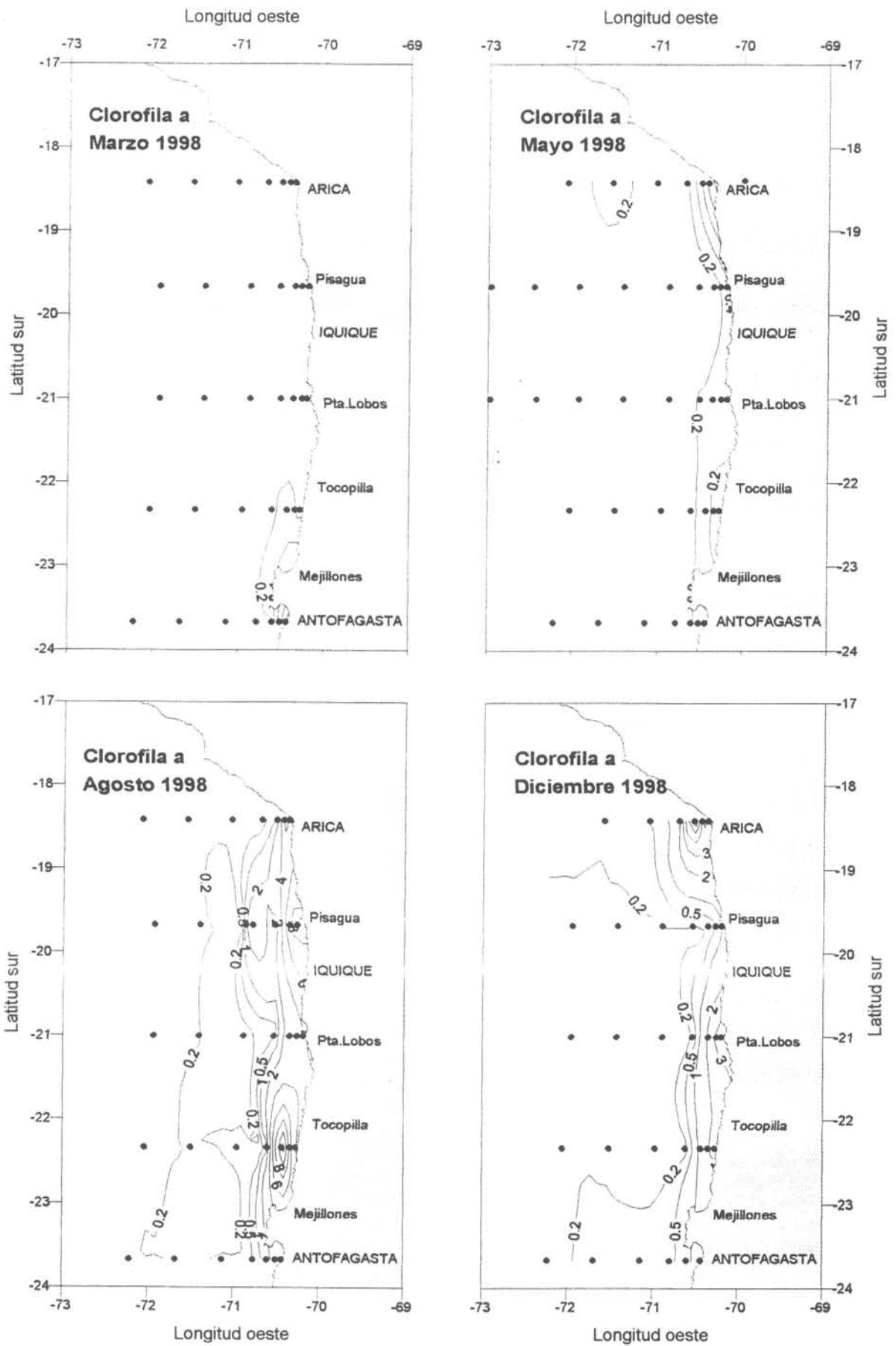


Figura 41 . Distribución superficial de Clorofila a. Cruceros trimestrales 1998

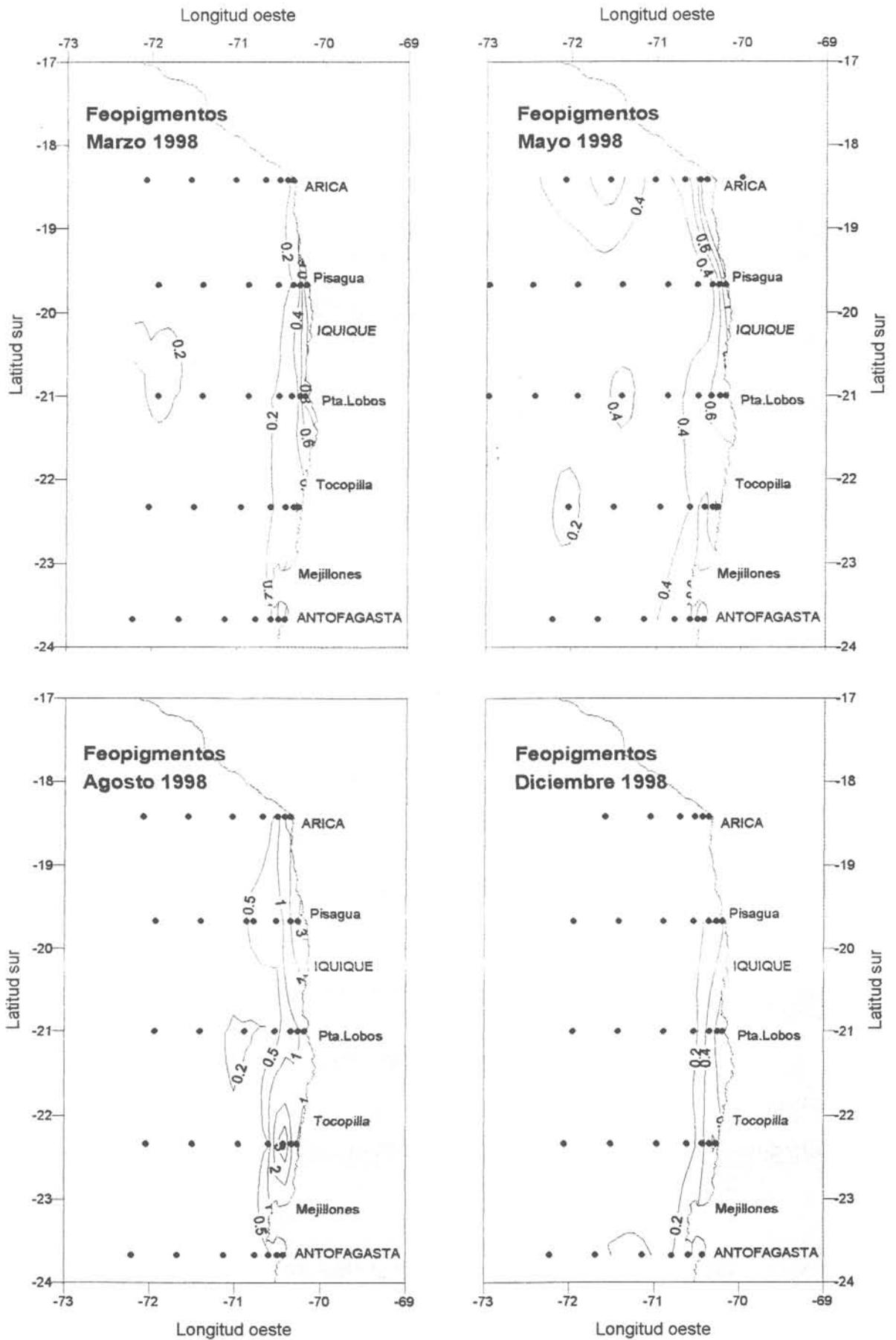


Figura 42 . Distribución superficial de Feopigmentos. Cruceros trimestrales 1998

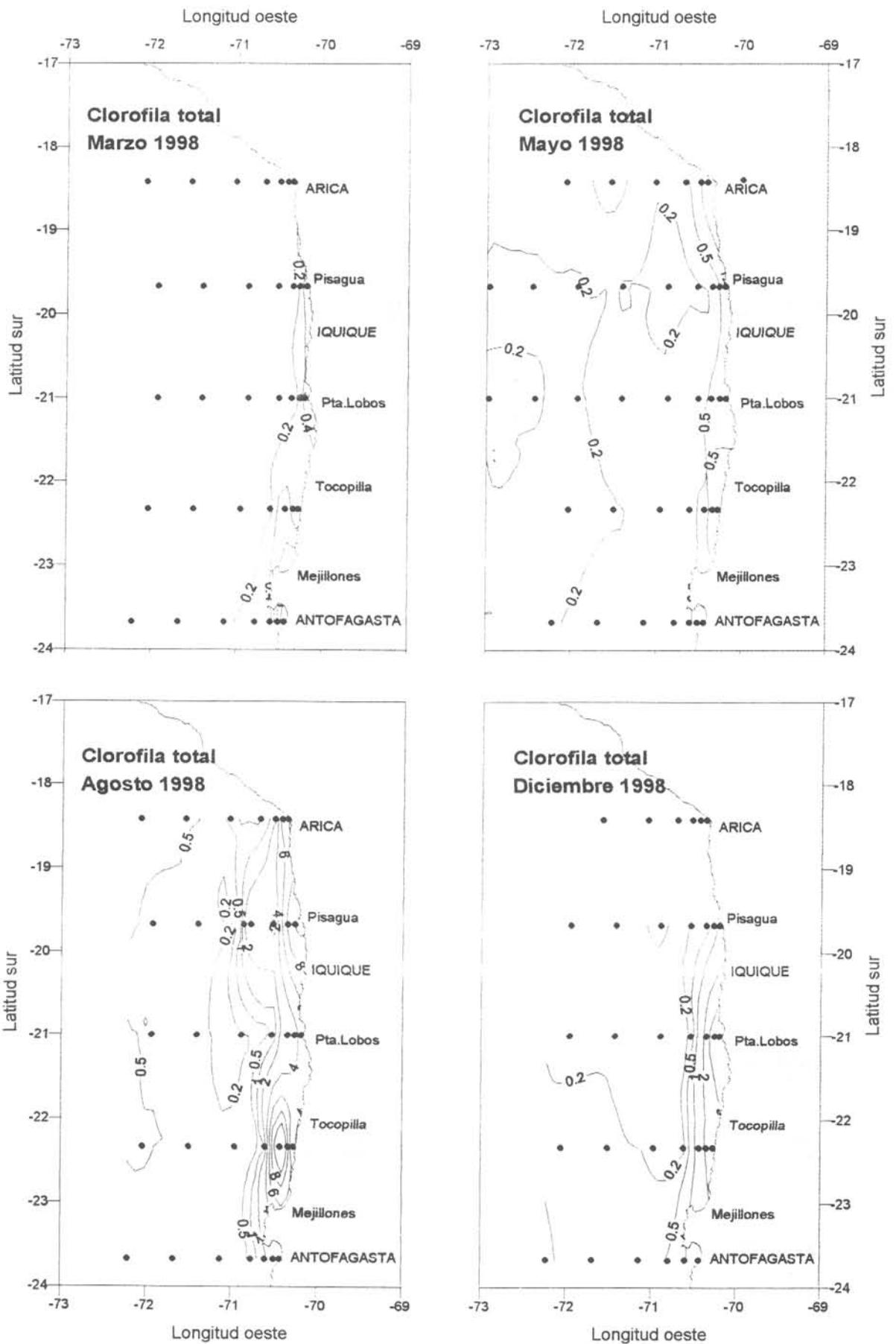


Figura 43 . Distribución superficial de Clorofila total. Cruceros trimestrales 1998

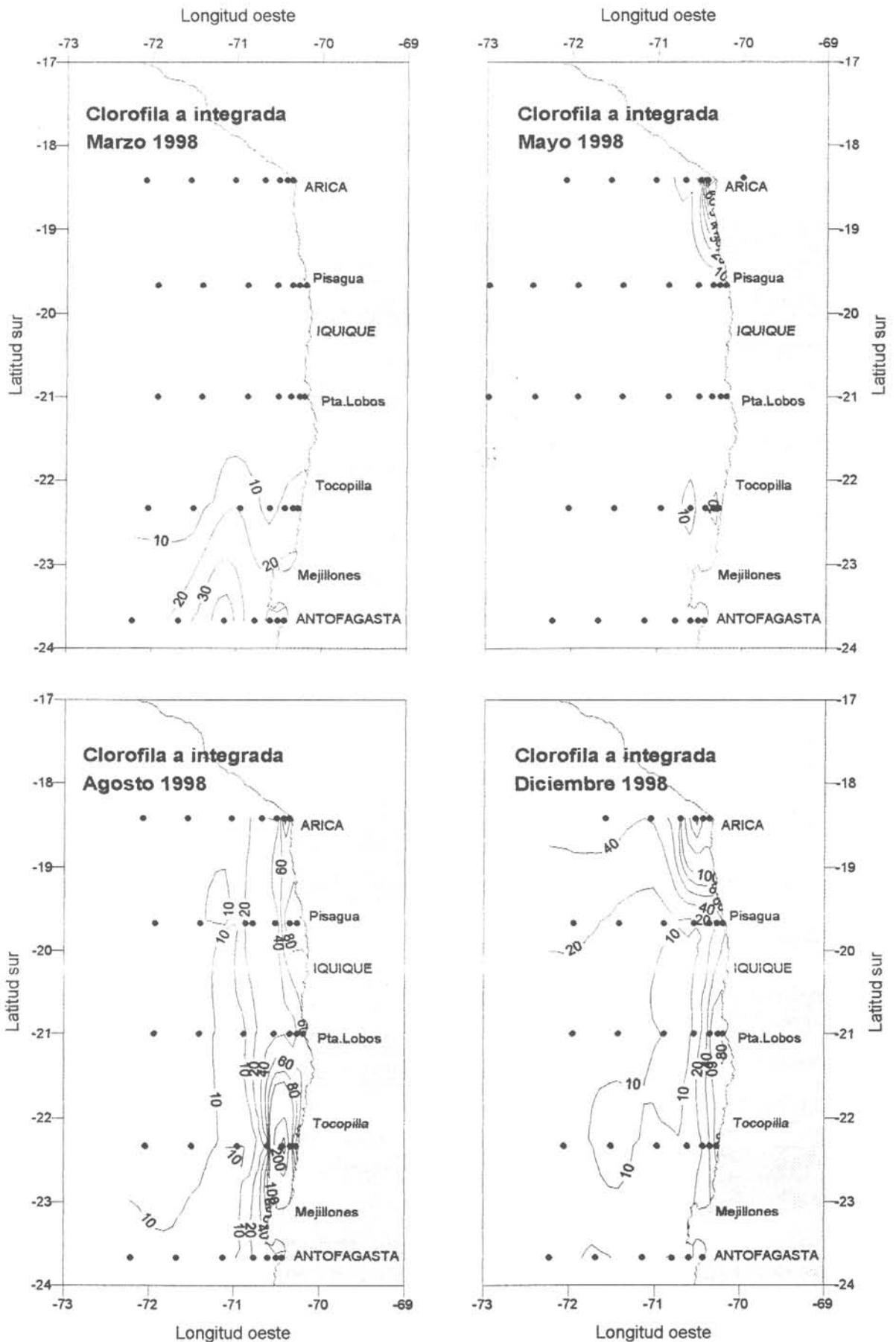


Figura 44. Distribución superficial de Clorofila a integrada. Cruceros trimestrales 1998

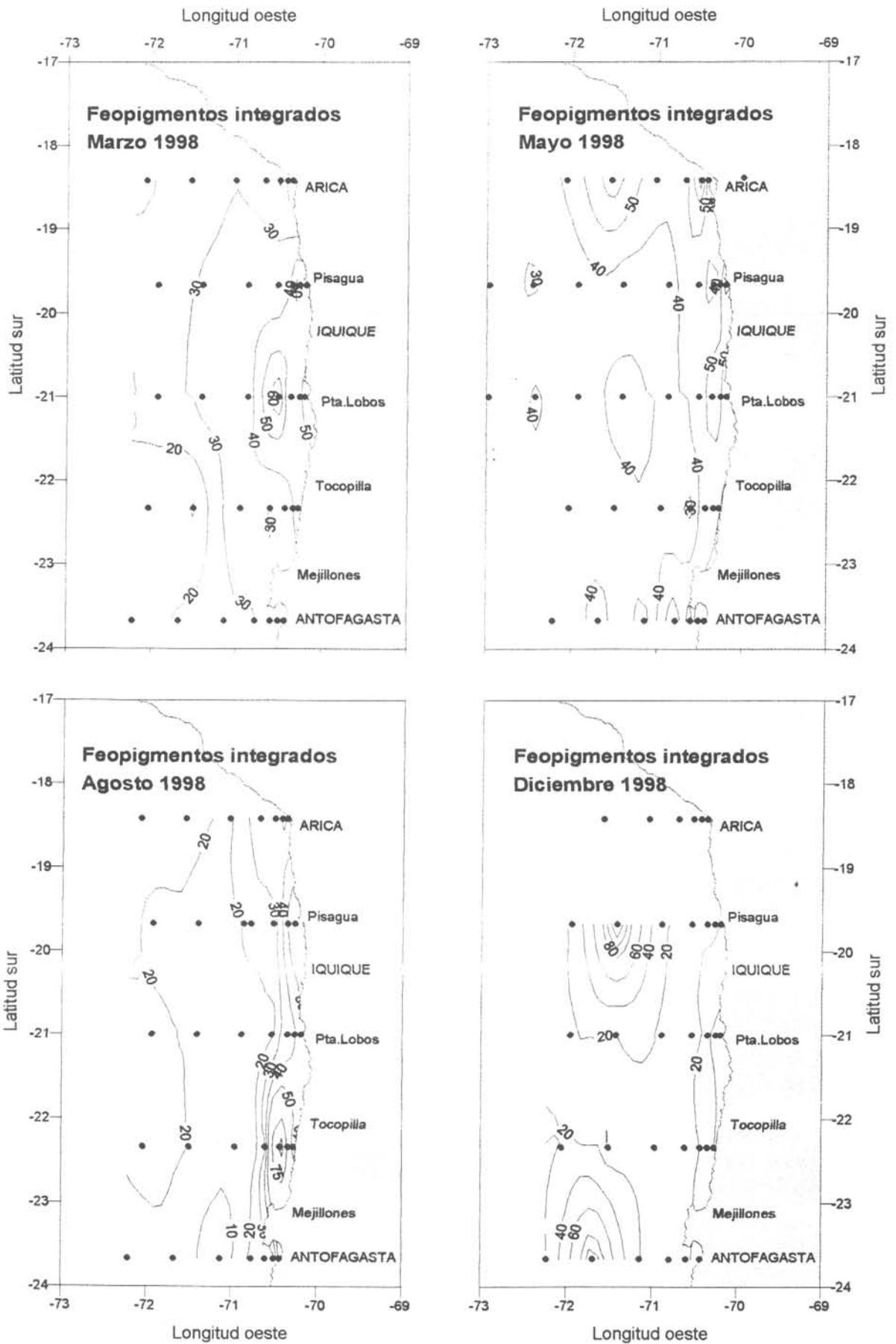


Figura 45. Distribucion superficial de Feopigmentos integrados. Cruceros trimestrales 1998

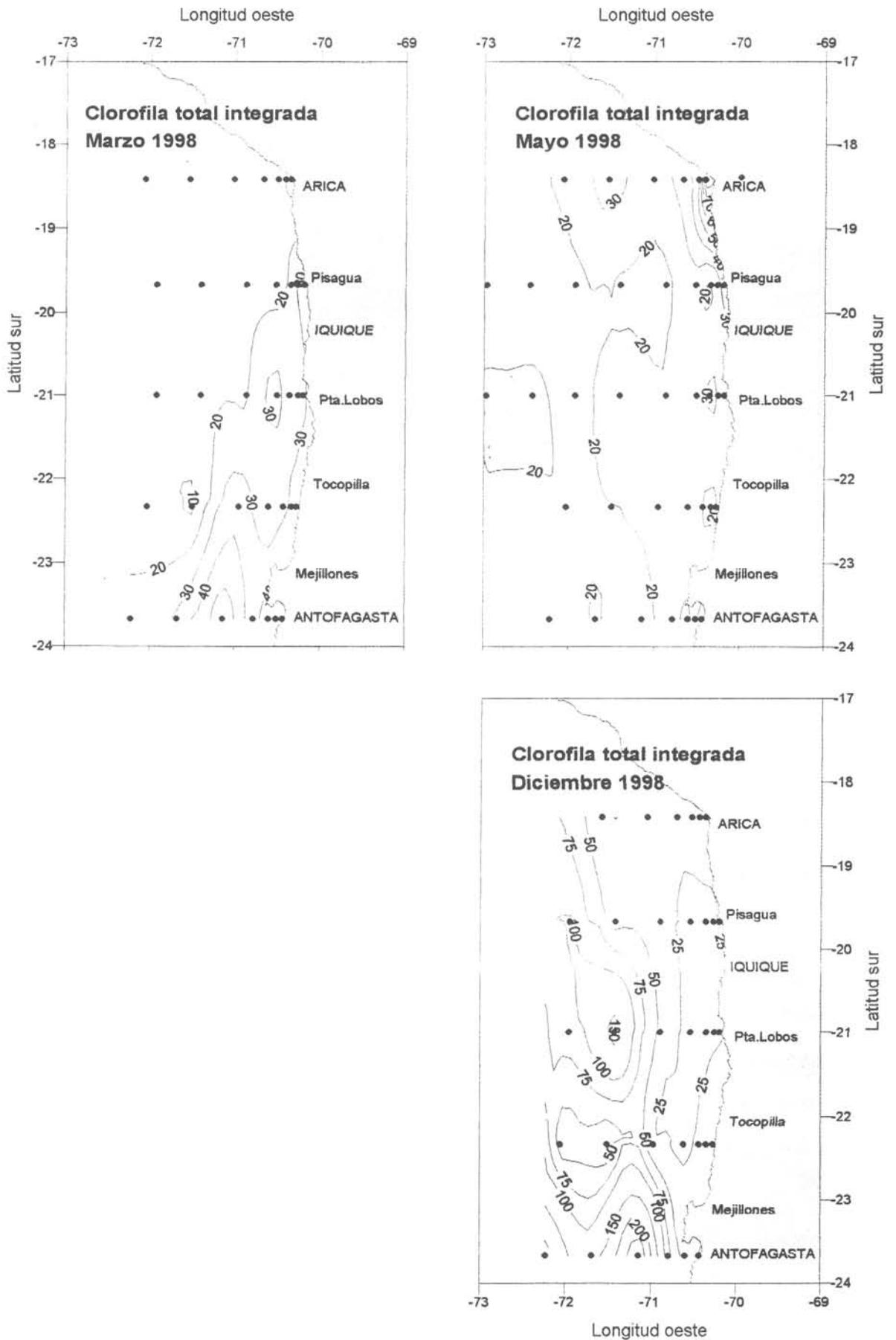


Figura 46. Distribución superficial de Clorofila total integrada. Cruceros trimestrales 1998

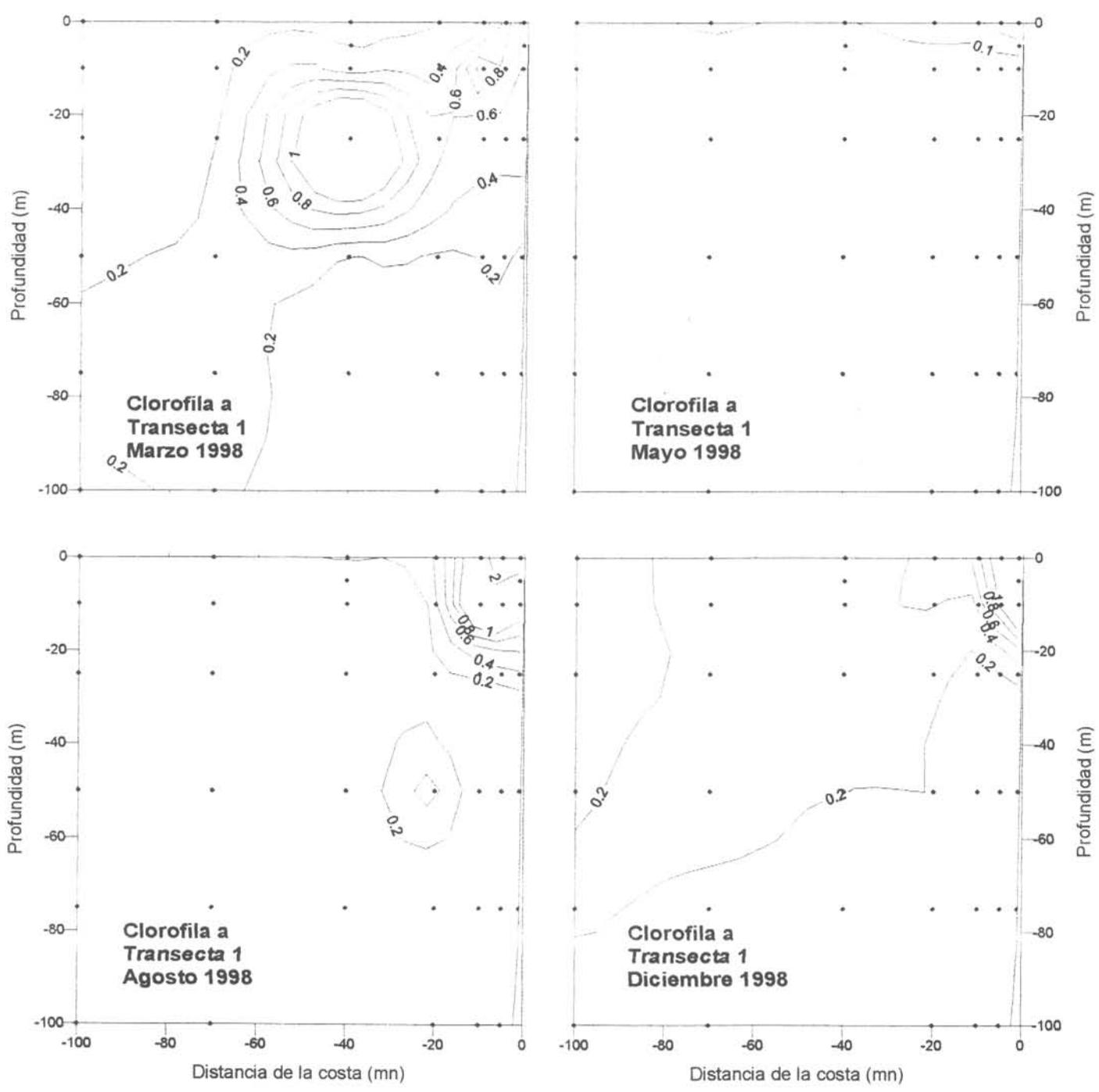


Figura 47. Distribución vertical de la Clorofila a en la transecta 1. Latitud 23° 40' S. Cruceros Trimestrales 1998.

*

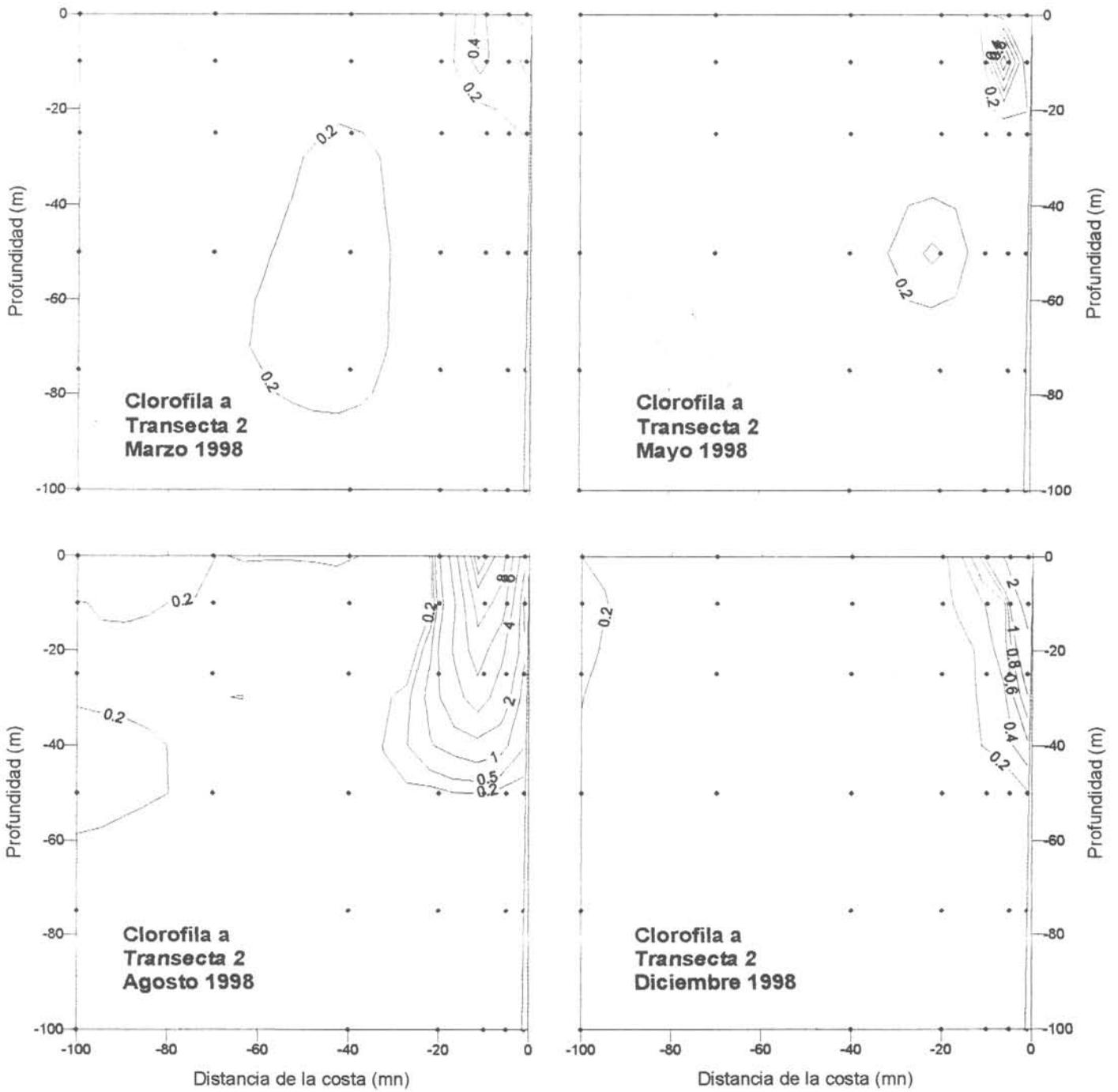


Figura 48.- Distribucion vertical de Clorofila a en la transecta 2. Latitud 22° 20' S. Cruceros Trimestrales 1998.

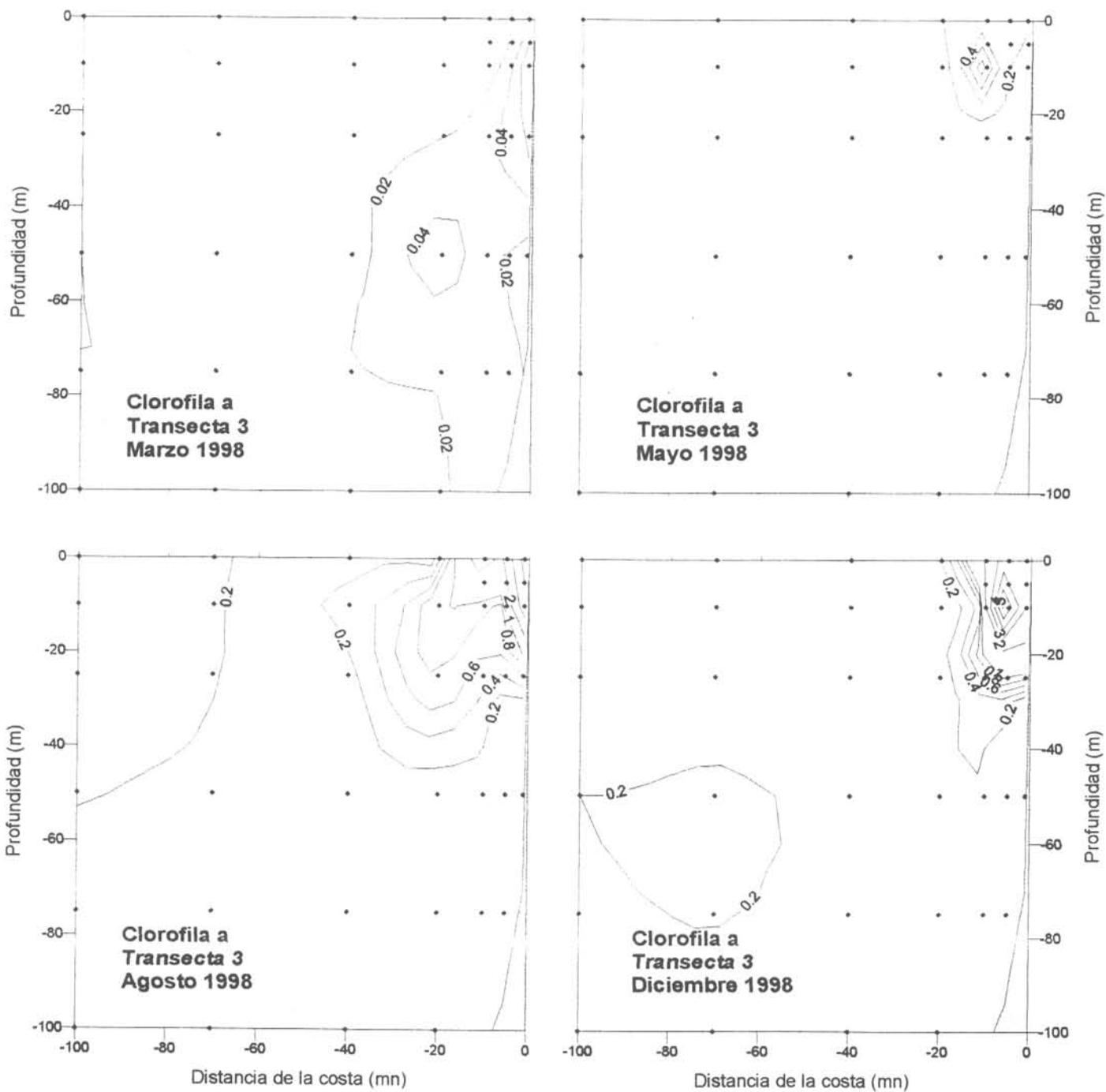


Figura 49. Distribución vertical de Clorofila a en la transecta 3. Latitud 21° 00' S. Cruceros Trimestrales 1998.

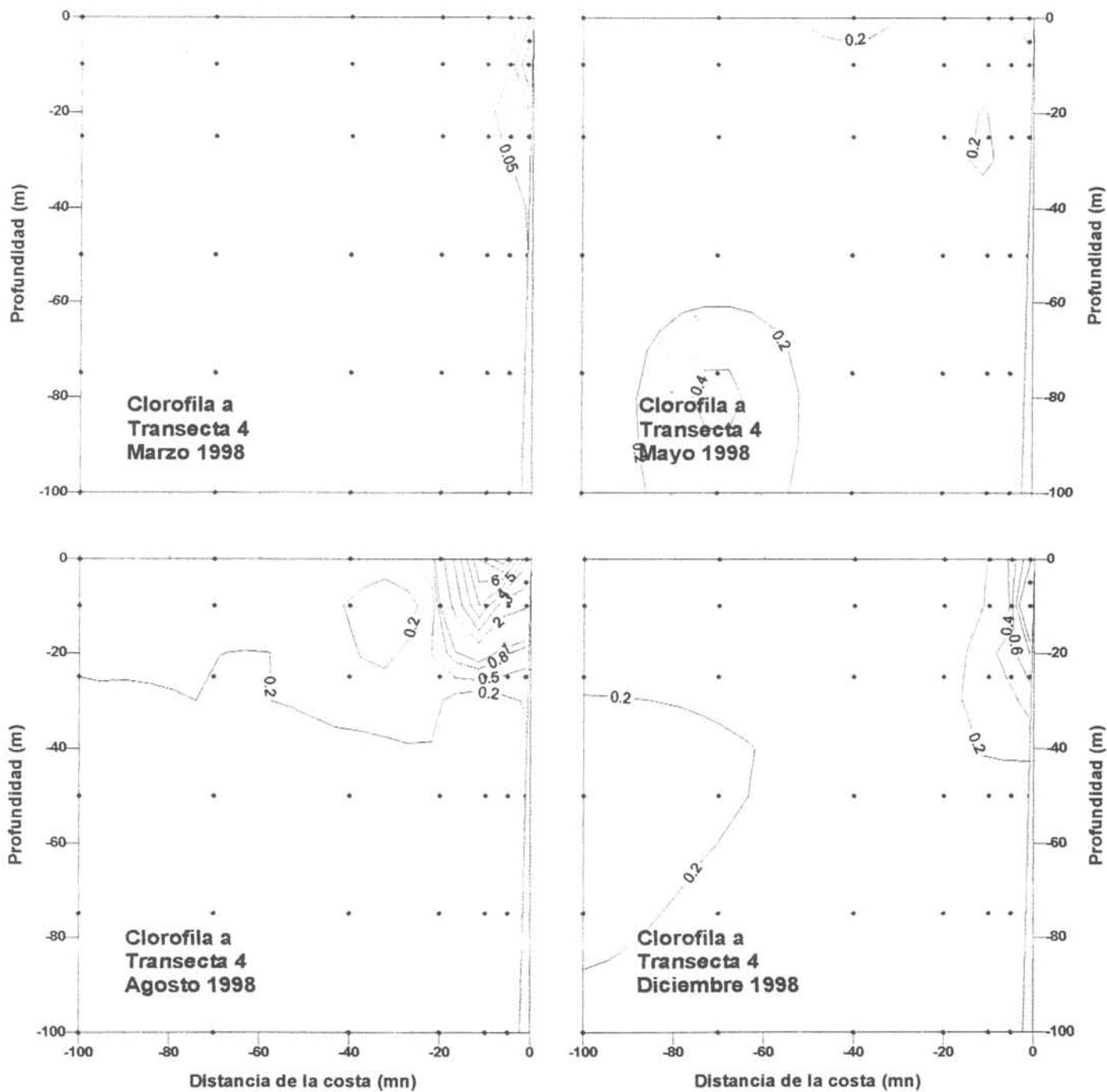


Figura 50. Distribución vertical de Clorofila a en la transecta 4. Latitud 19° 40' S. Cruceros Trimestrales 1998.

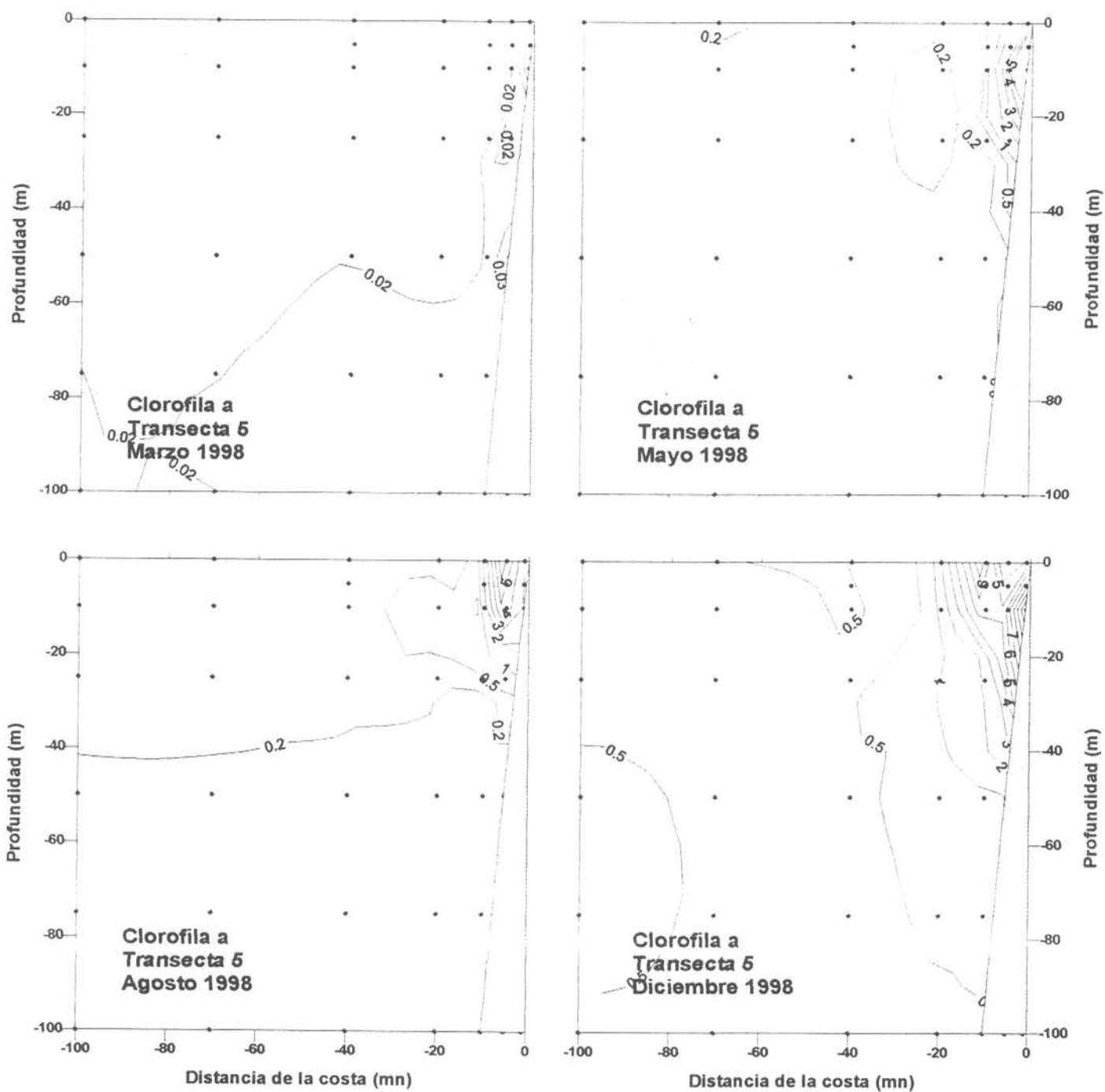


Figura 51. Distribución vertical de clorofila a en la transecta 5. Latitud 18°25'S. Cruceros trimestrales 1998.

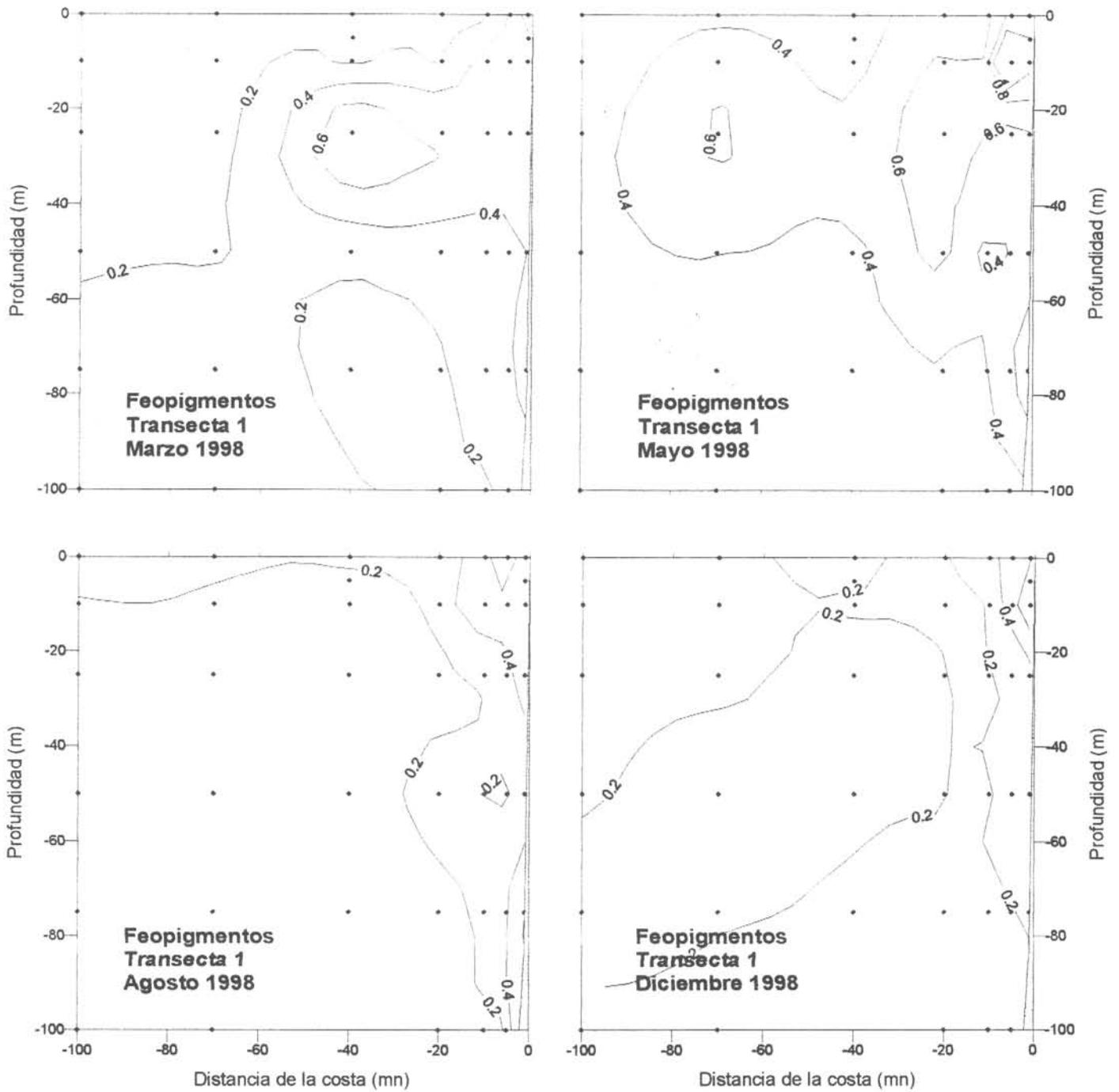


Figura 52. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 1. Latitud 23° 40' S. Cruceros trimestrales 1998.

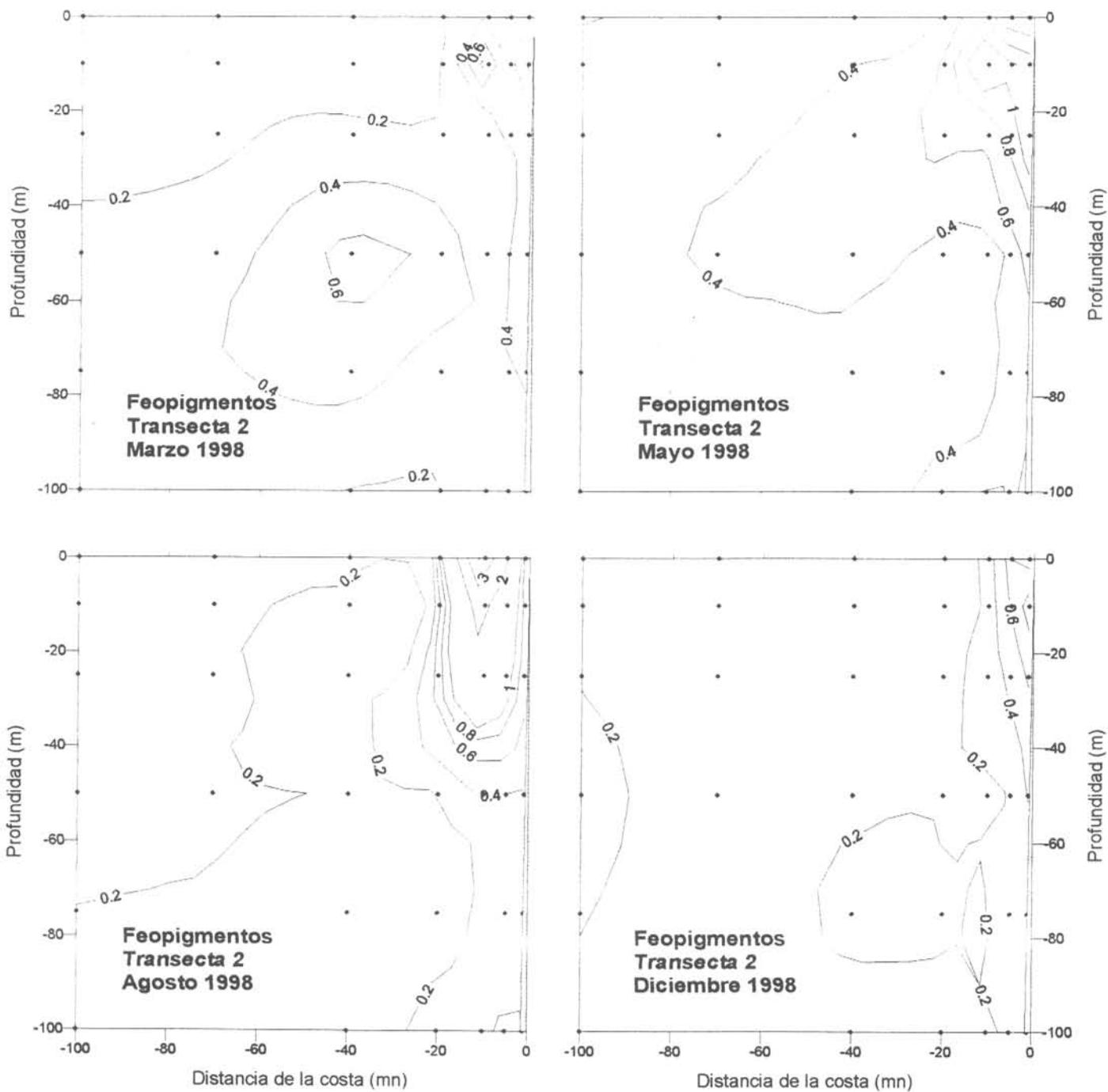


Figura 53. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 2. Latitud 22° 20' S. Cruceros Trimestrales 1998.

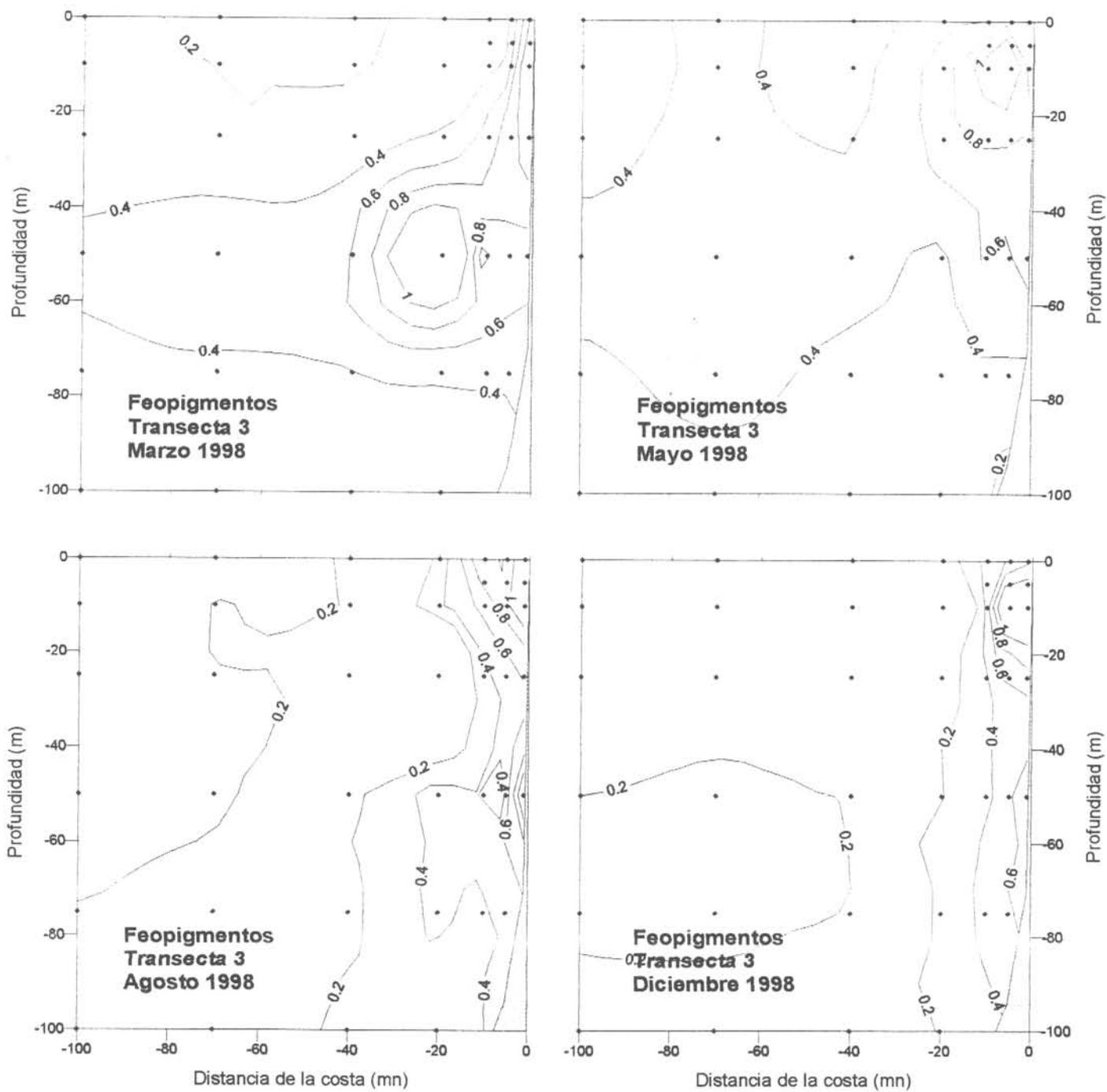


Figura 54. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 3. Latitud 21° 00' S. Cruceros Trimestrales 1998.

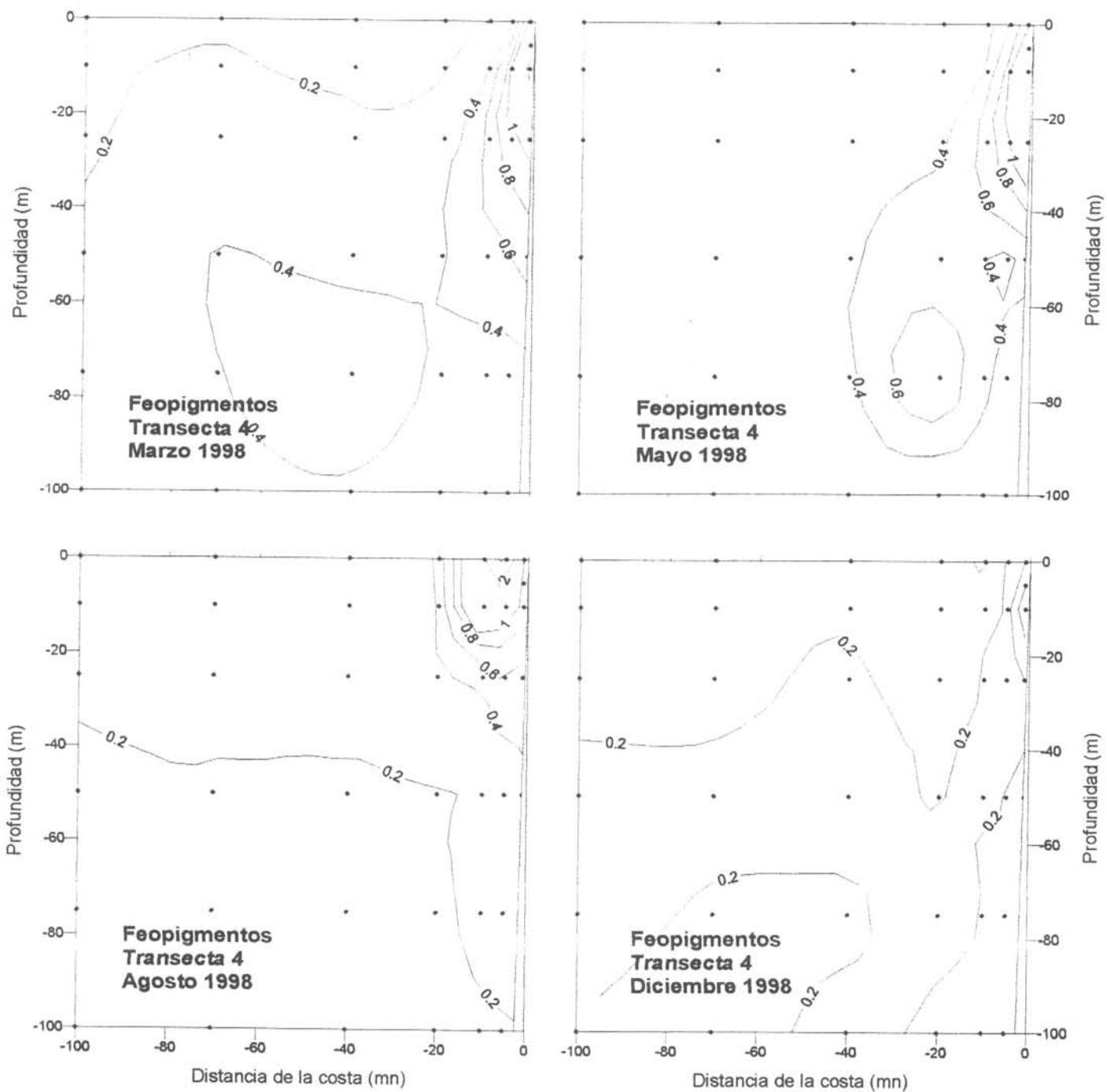


Figura 55. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 4. Latitud 19° 40' S. Cruceros Trimestrales 1998.

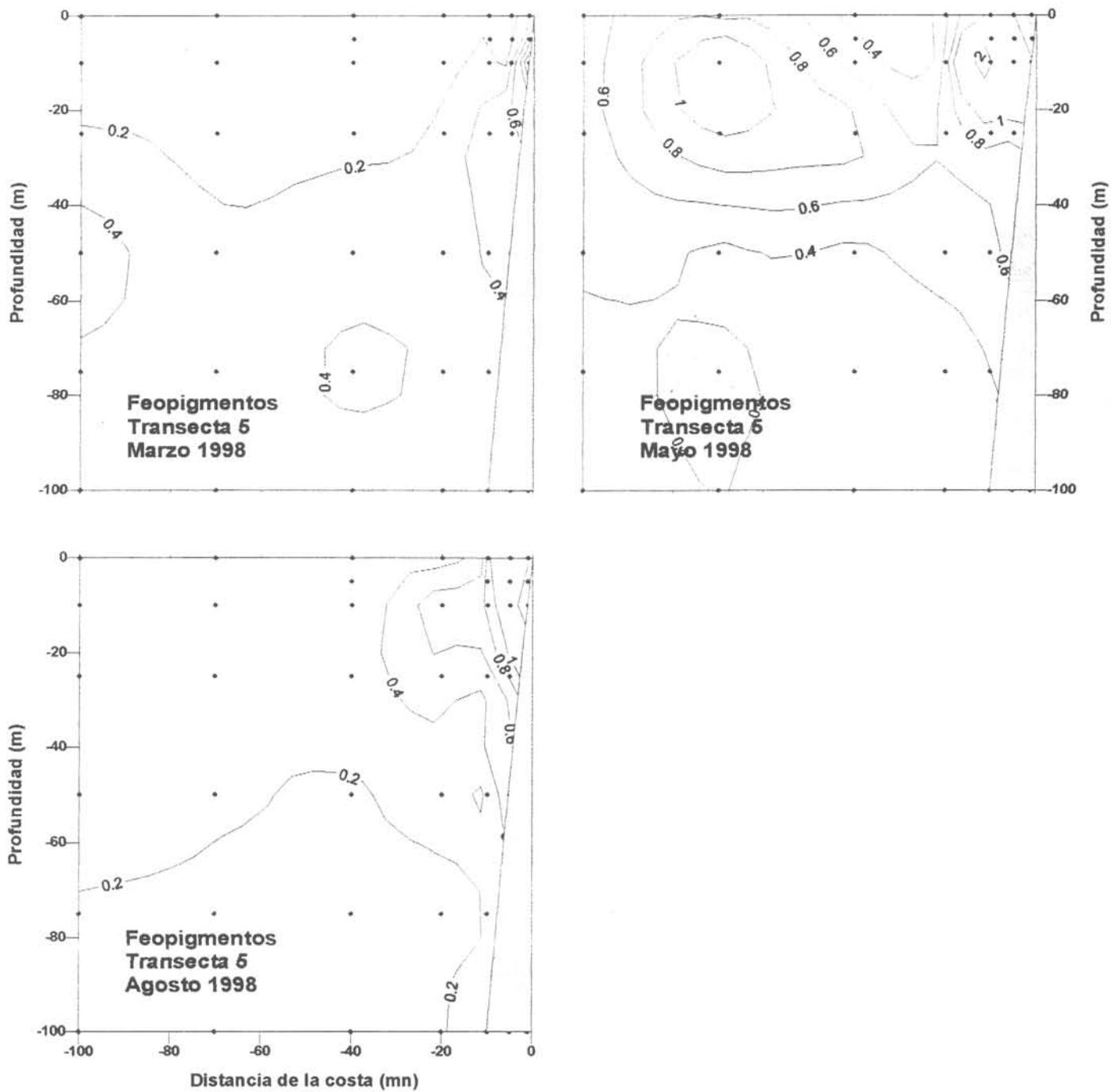


Figura 56. Distribución vertical de los Feopigmentos en la transecta 5. Latitud 18° 25' S. Cruceros Trimestrales 1998.

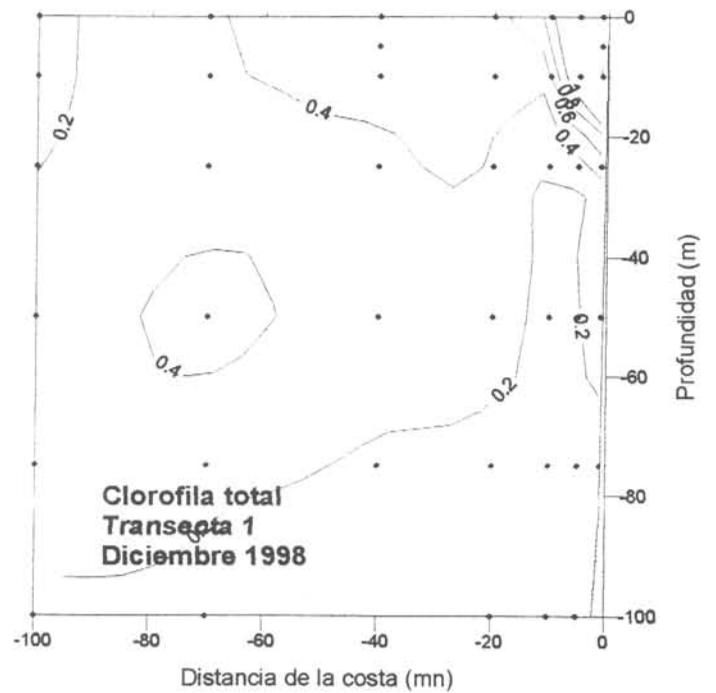
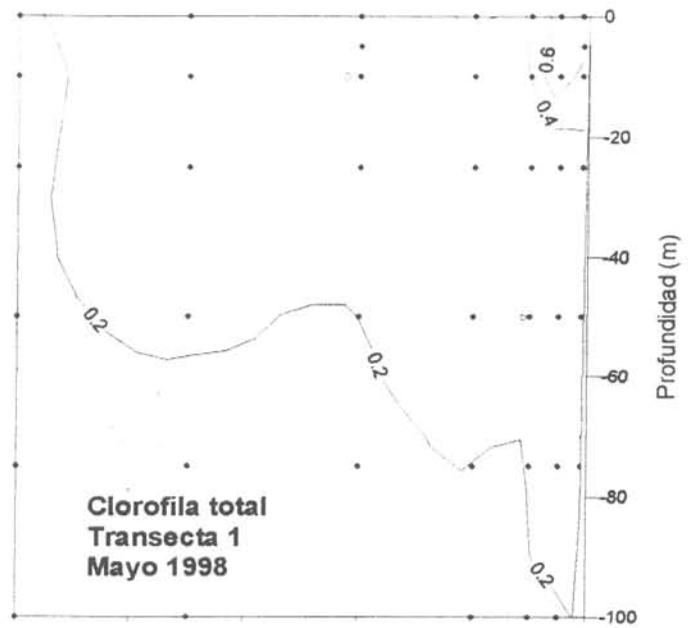
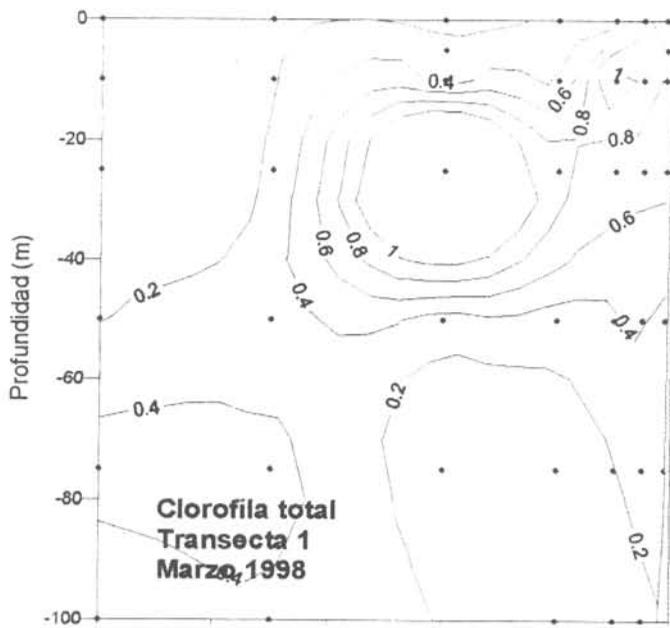


Figura 57. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 1. Latitud 23° 40' S. Cruceros Trimestrales 1998.

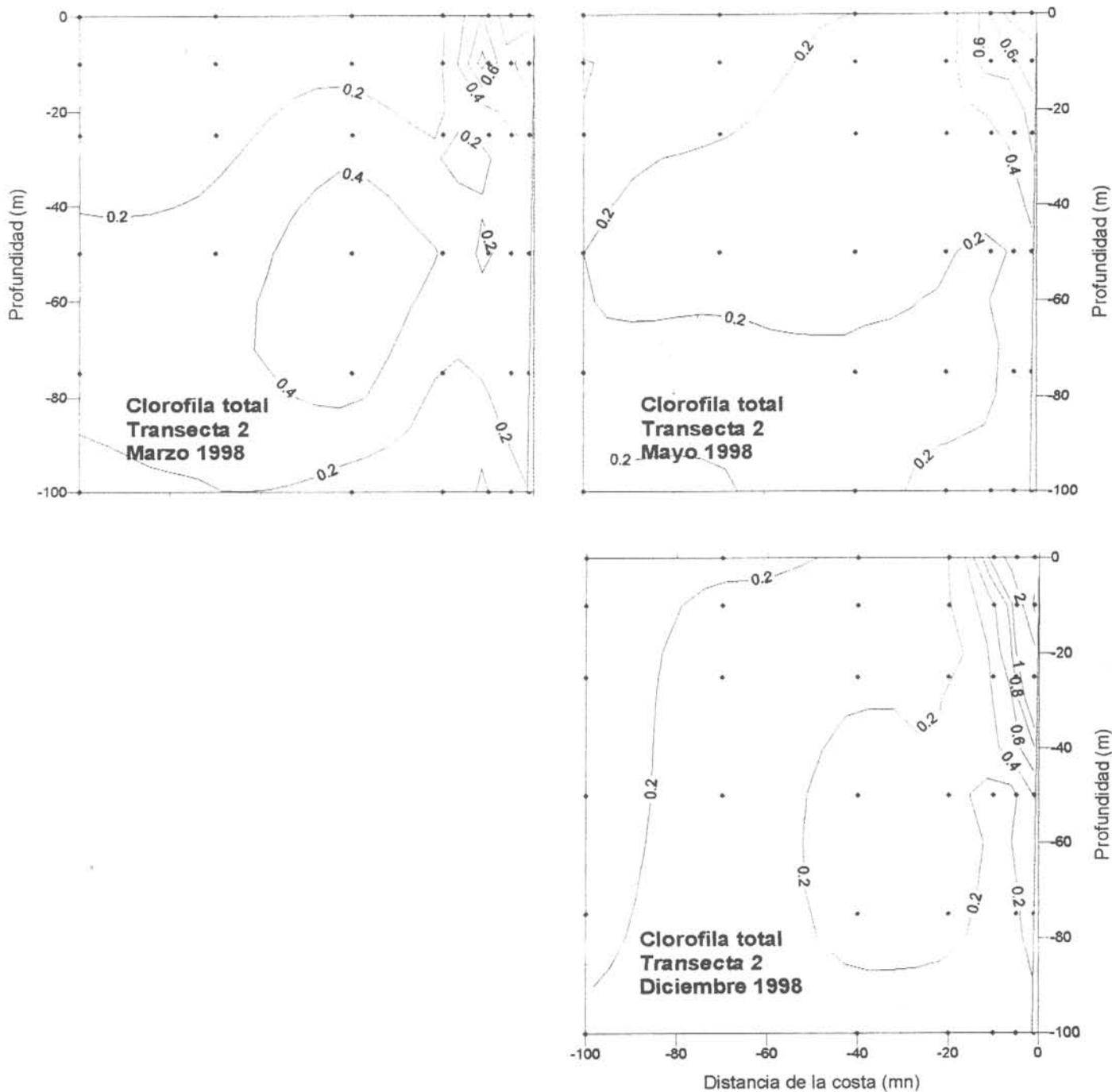


Figura 58. Distribucion vertical de la Clorofila total en la transecta 2. Latitud 22° 20' S. Cruceros Trimestrales 1998.

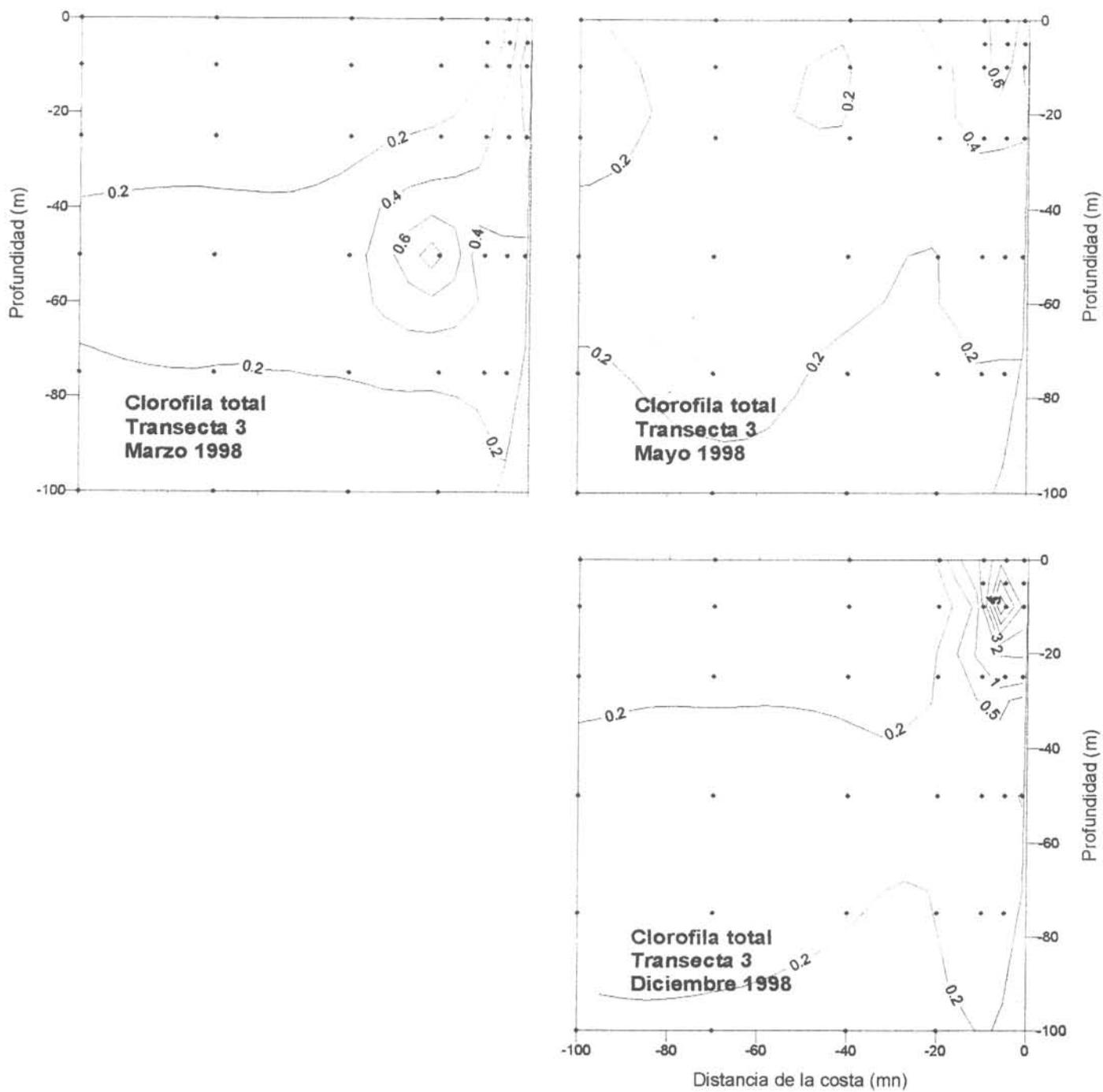


Figura 59. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 3. Latitud 21° 00' S. Cruceros Trimestrales 1998.

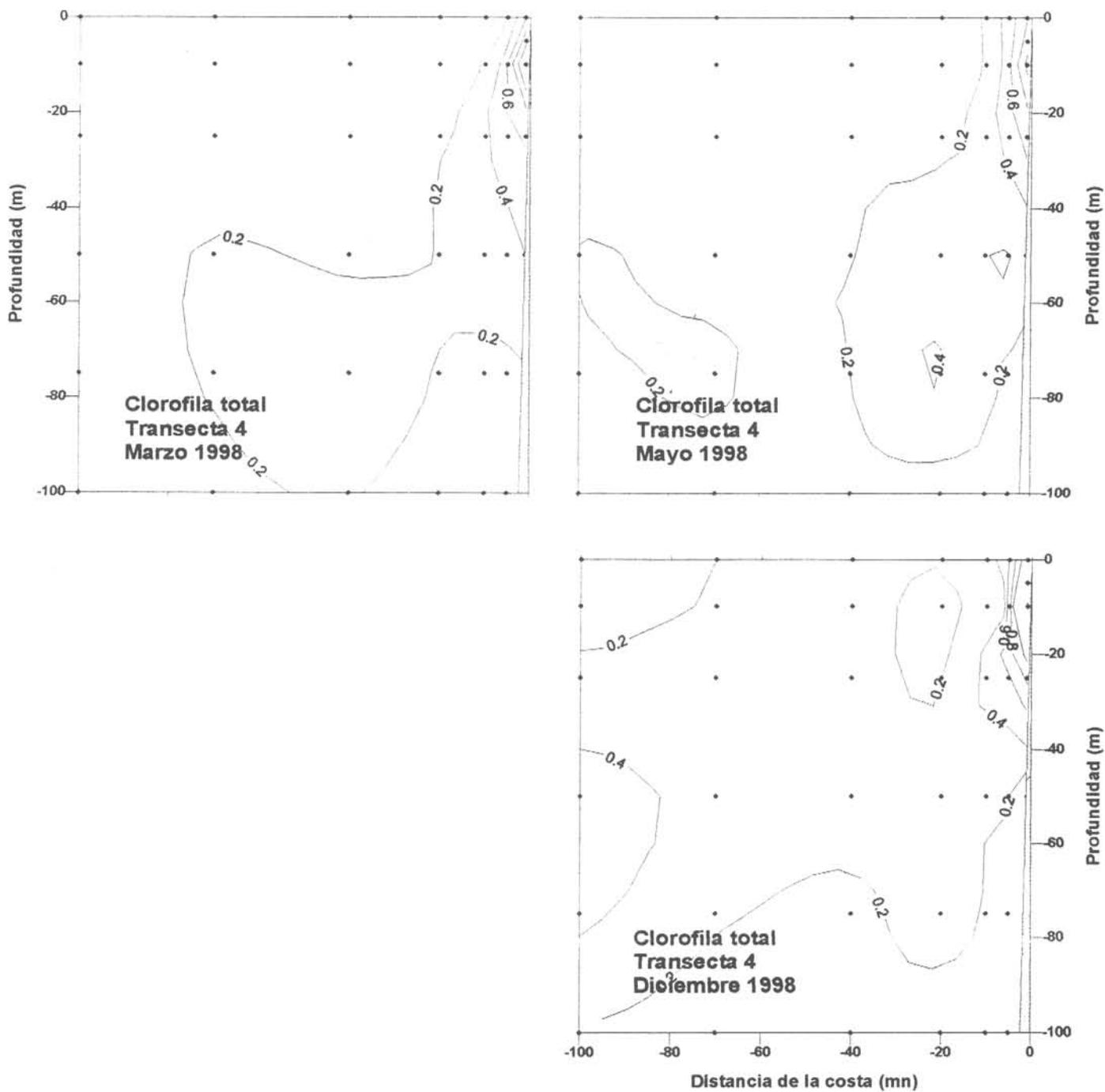


Figura 60. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 4. Latitud 19° 40' S. Cruceros Trimestrales 1998.

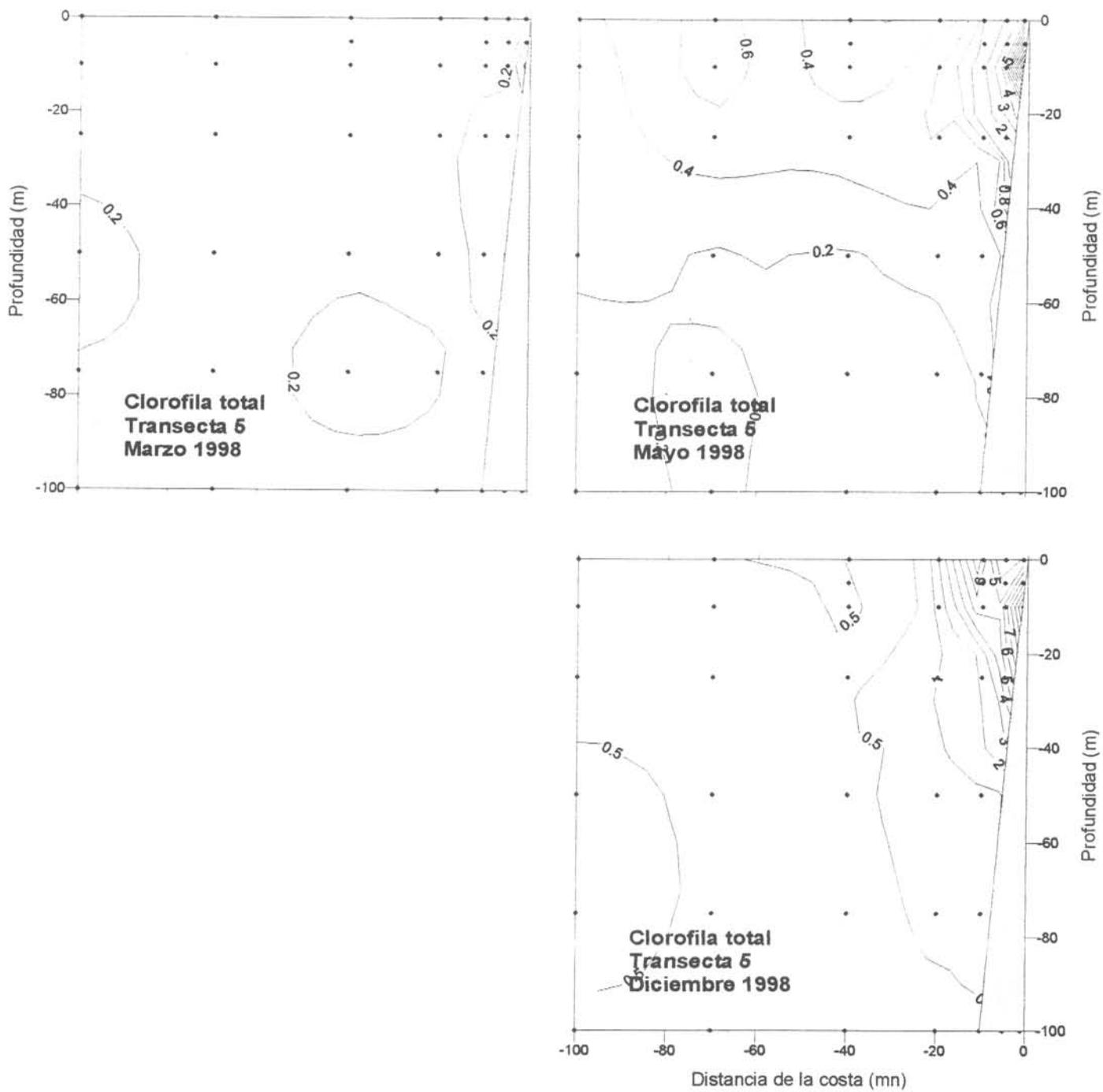


Figura 61. Distribución vertical de la Clorofila total en la transecta 5. Latitud 18° 25' S. Cruceros Trimestrales 1998.

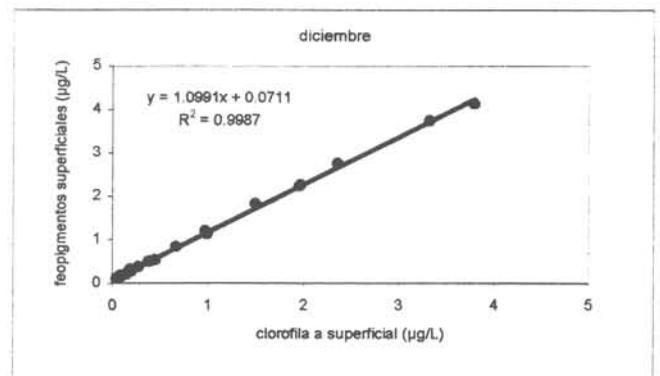
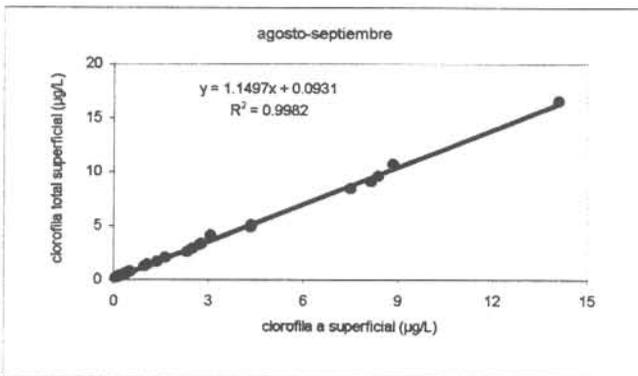
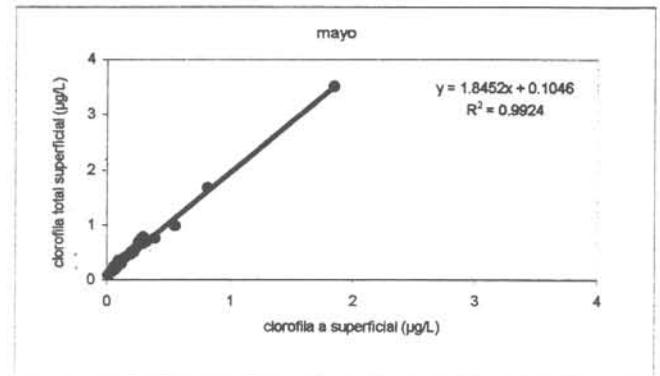
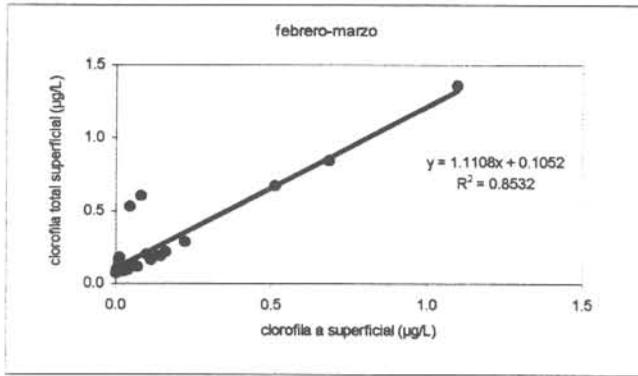


Figura 62. Relaciones funcionales entre la clorofila a y la clorofila total superficiales ($\mu\text{g/L}$) para los cruceros trimestrales.

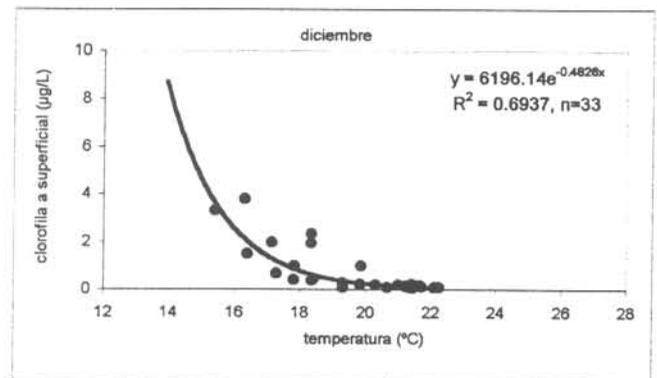
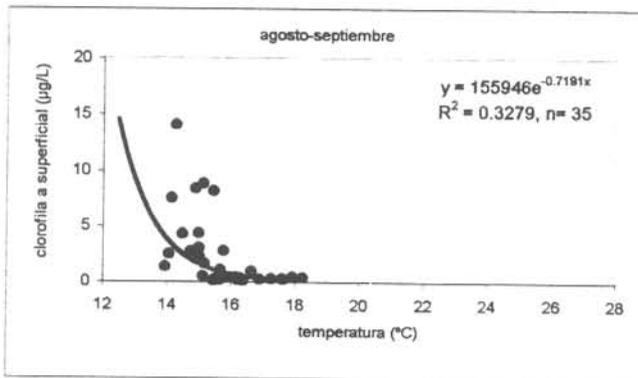
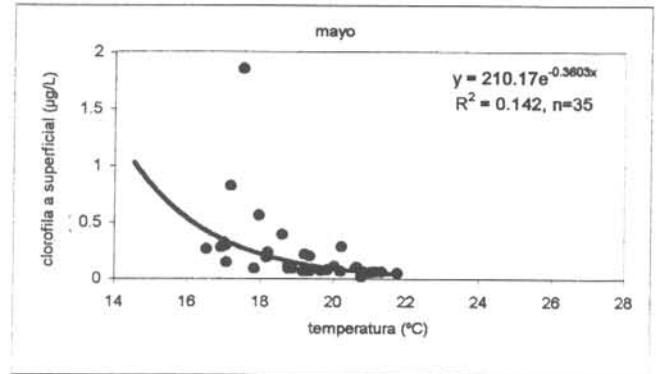
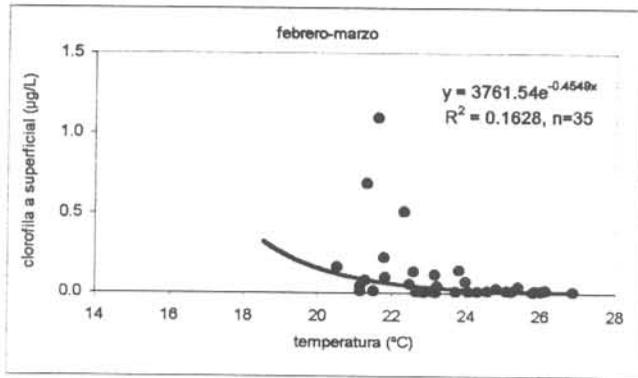


Figura 63. Diagramas de las asociaciones funcionales entre la clorofila ($\mu\text{g/L}$) y la temperatura superficiales.

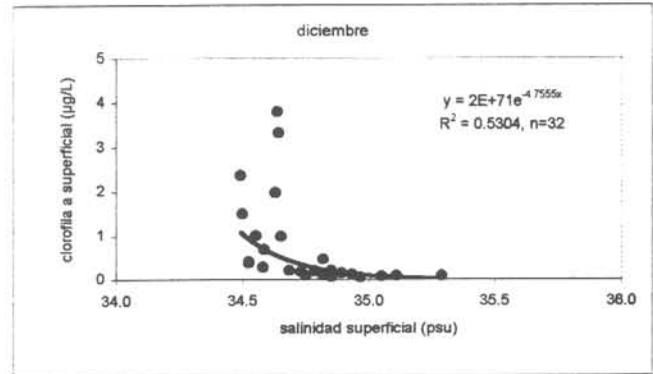
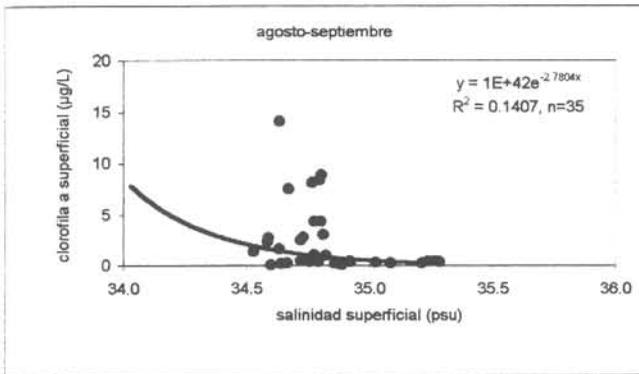
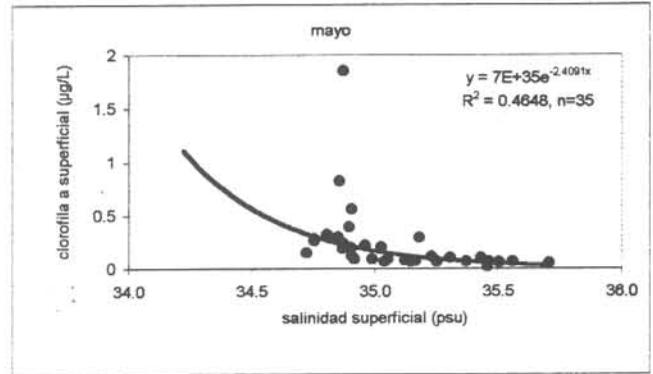
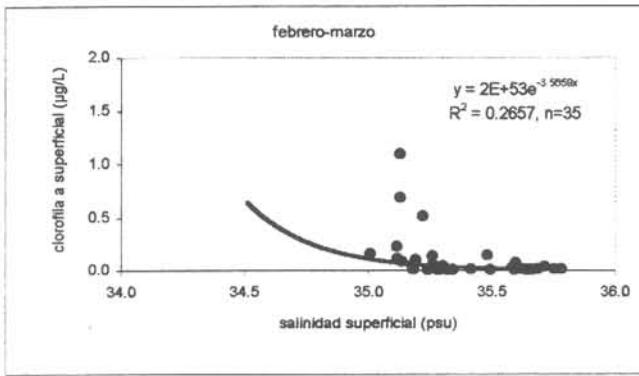


Figura 64. Diagramas de las asociaciones funcionales entre la clorofila a ($\mu\text{g/L}$) y salinidad superficiales.

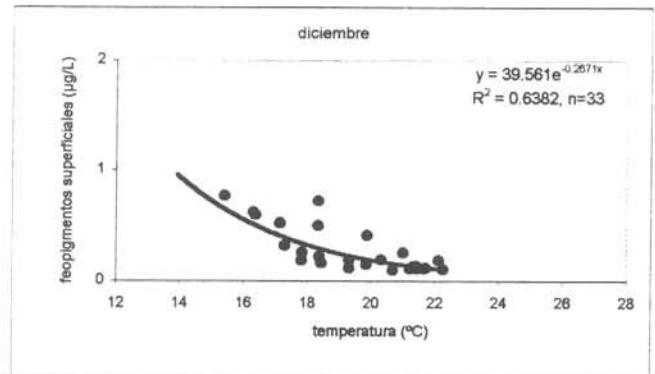
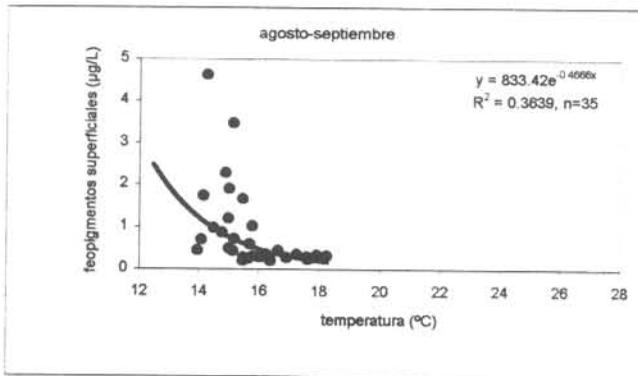
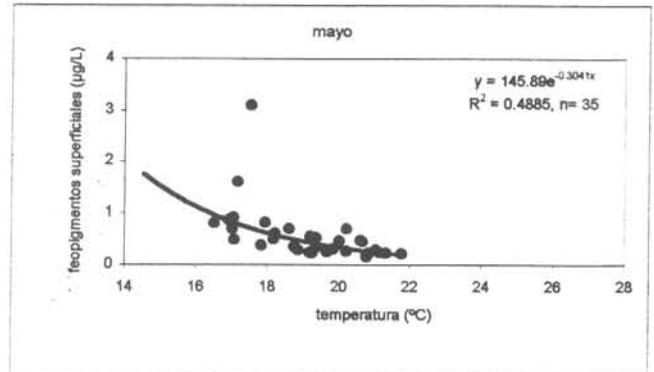
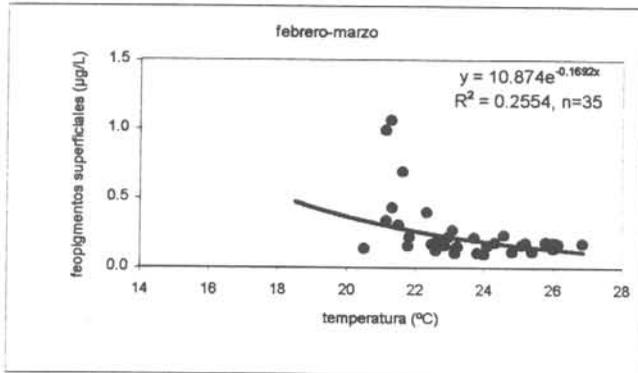


Figura 65. Diagramas de las asociaciones funcionales entre los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) y la temperatura superficiales.

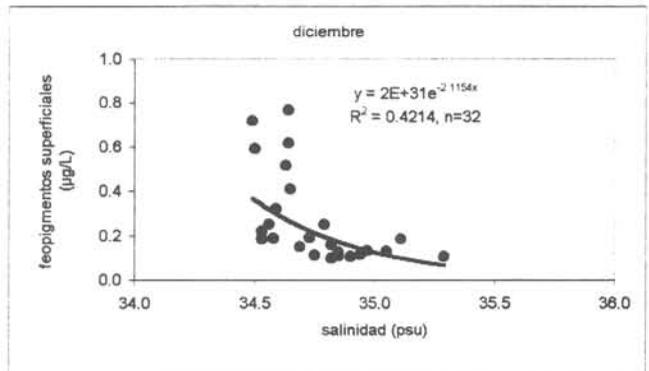
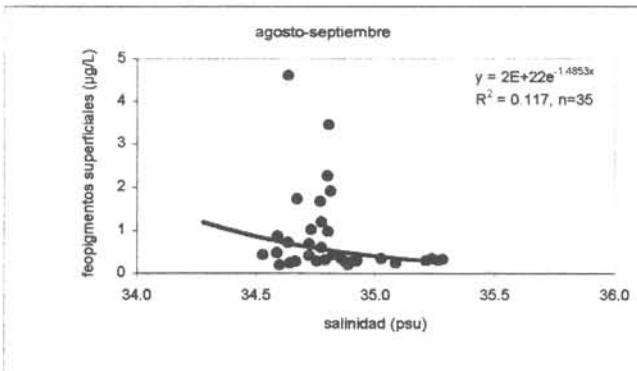
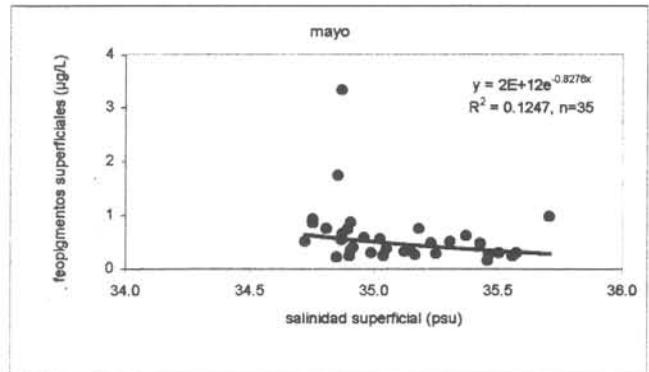
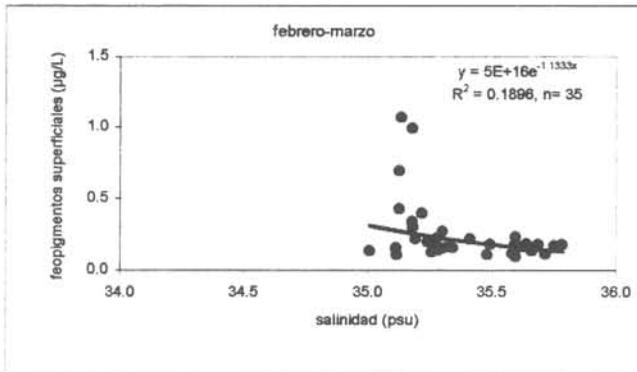


Figura 66. Diagramas de las asociaciones funcionales entre los feopigmentos (µg/L) y la salinidad superficiales.

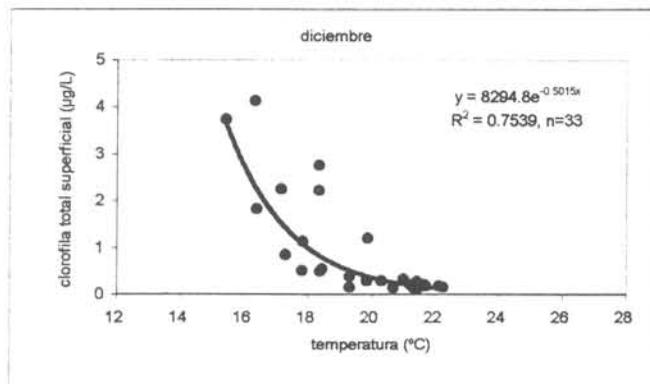
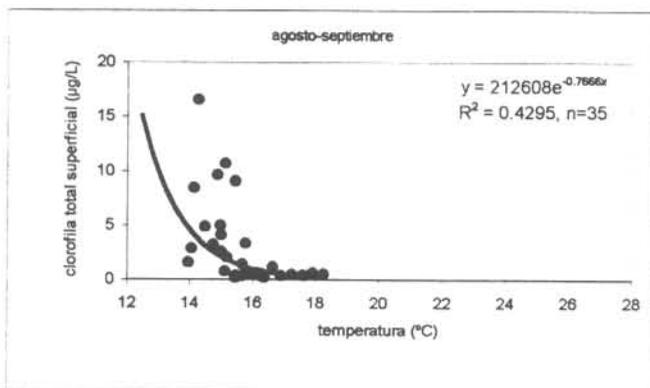
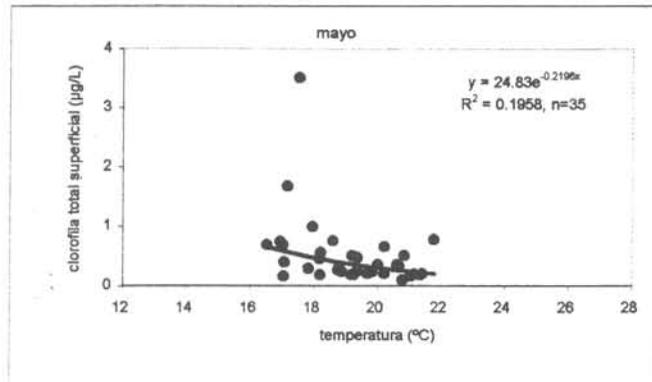
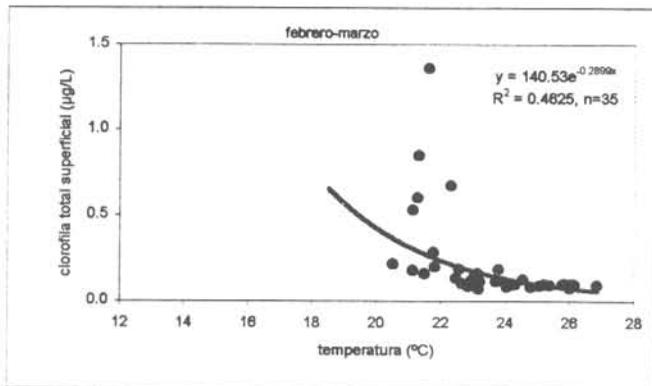


Figura 67. Diagramas de las relaciones funcionales entre la clorofila total (µg/L) y la temperatura superficiales.

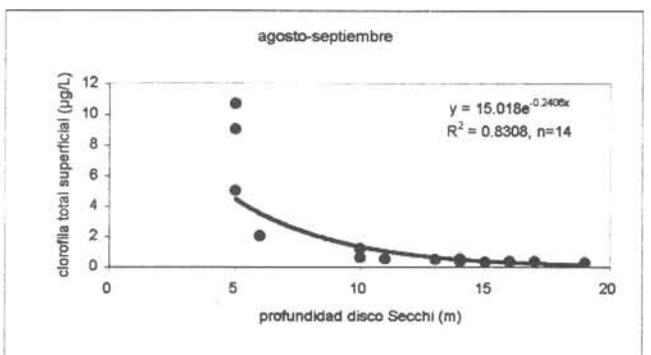
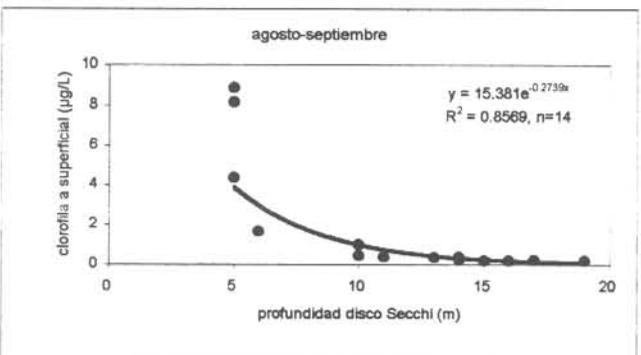
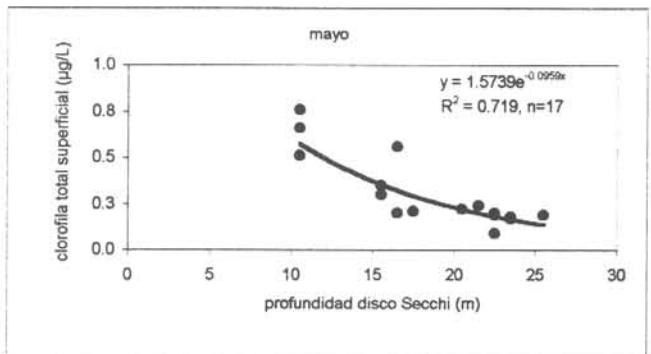
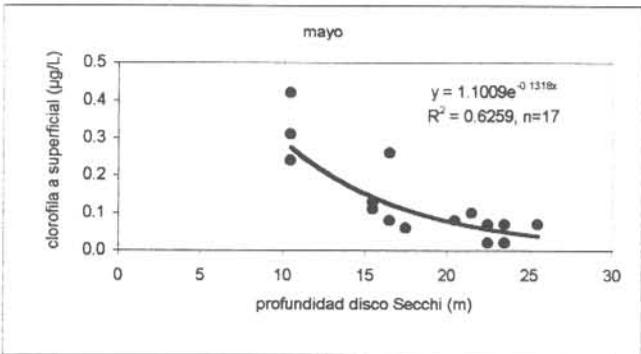
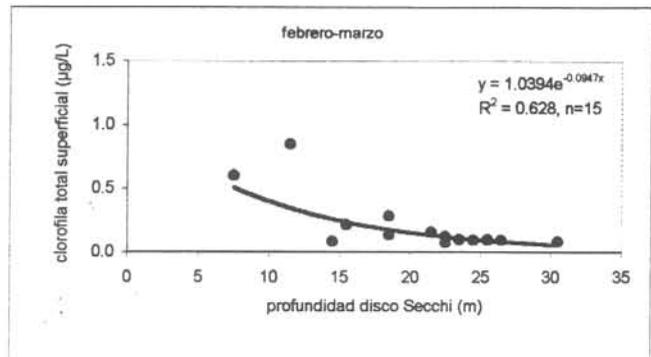
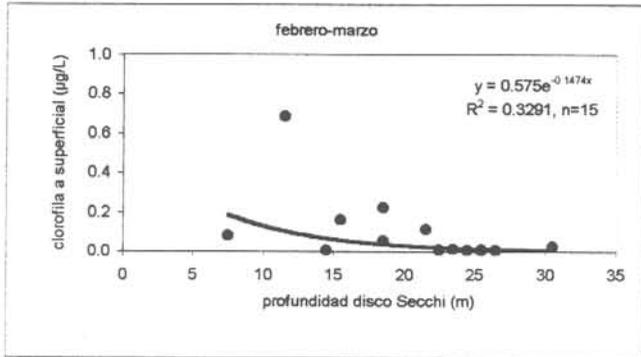


Figura 68. Relaciones funcionales entre la profundidad del disco Secchi (m) y la clorofila a y total ($\mu\text{g/L}$) superficiales.

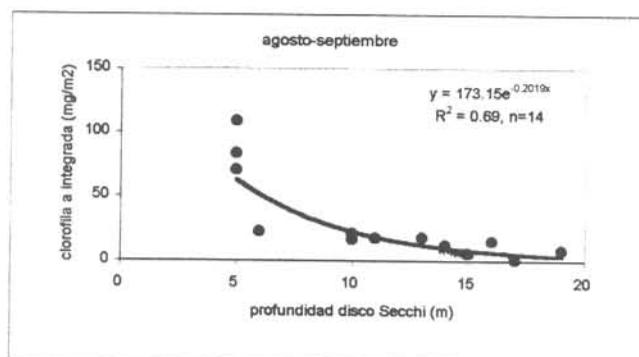
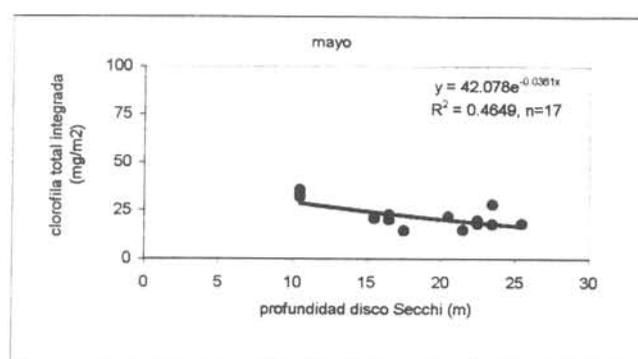
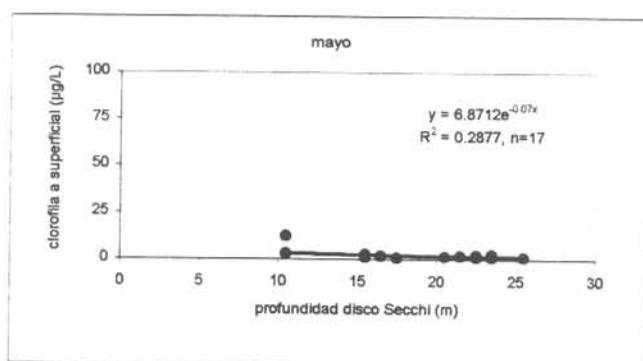
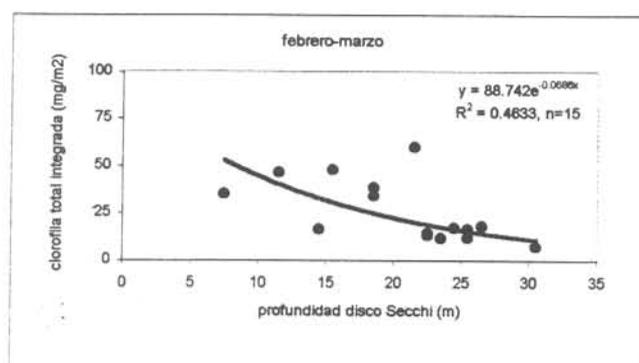
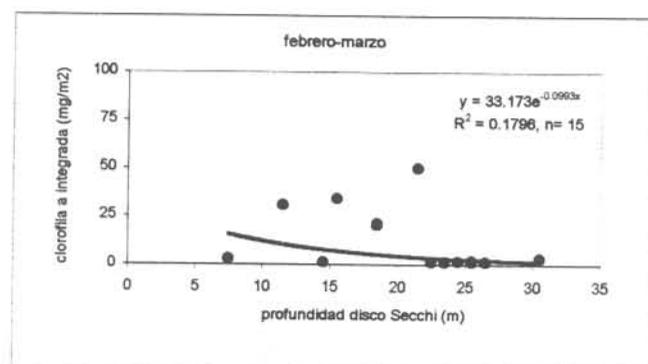


Figura 69. Relaciones funcionales entre la profundidad del disco Secchi (m) y la clorofila a integrada (mg/m²).

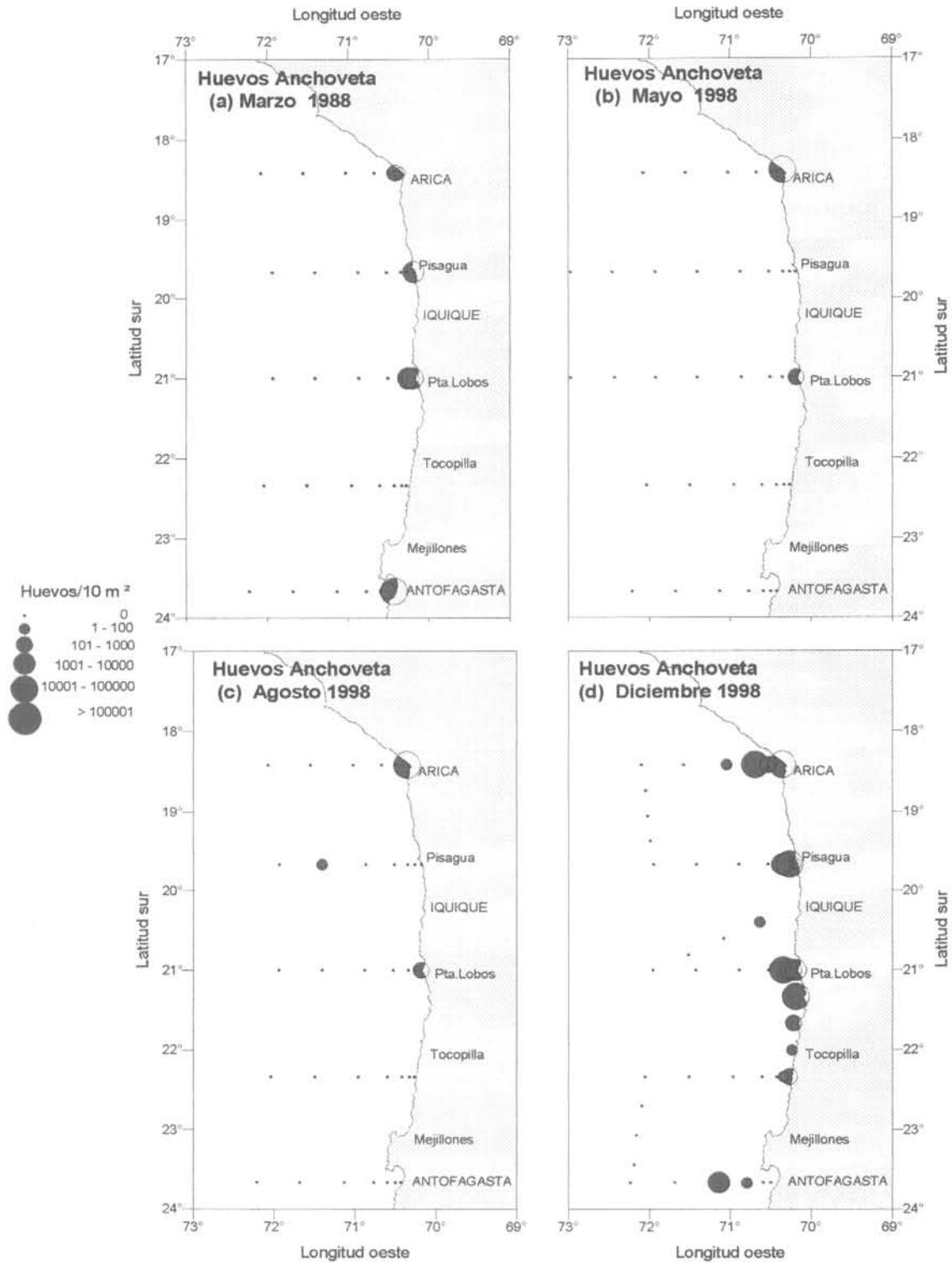


Figura 70.- Distribución y abundancia de Huevos de anchoveta. Cruceros trimestrales 1998. (a) MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.

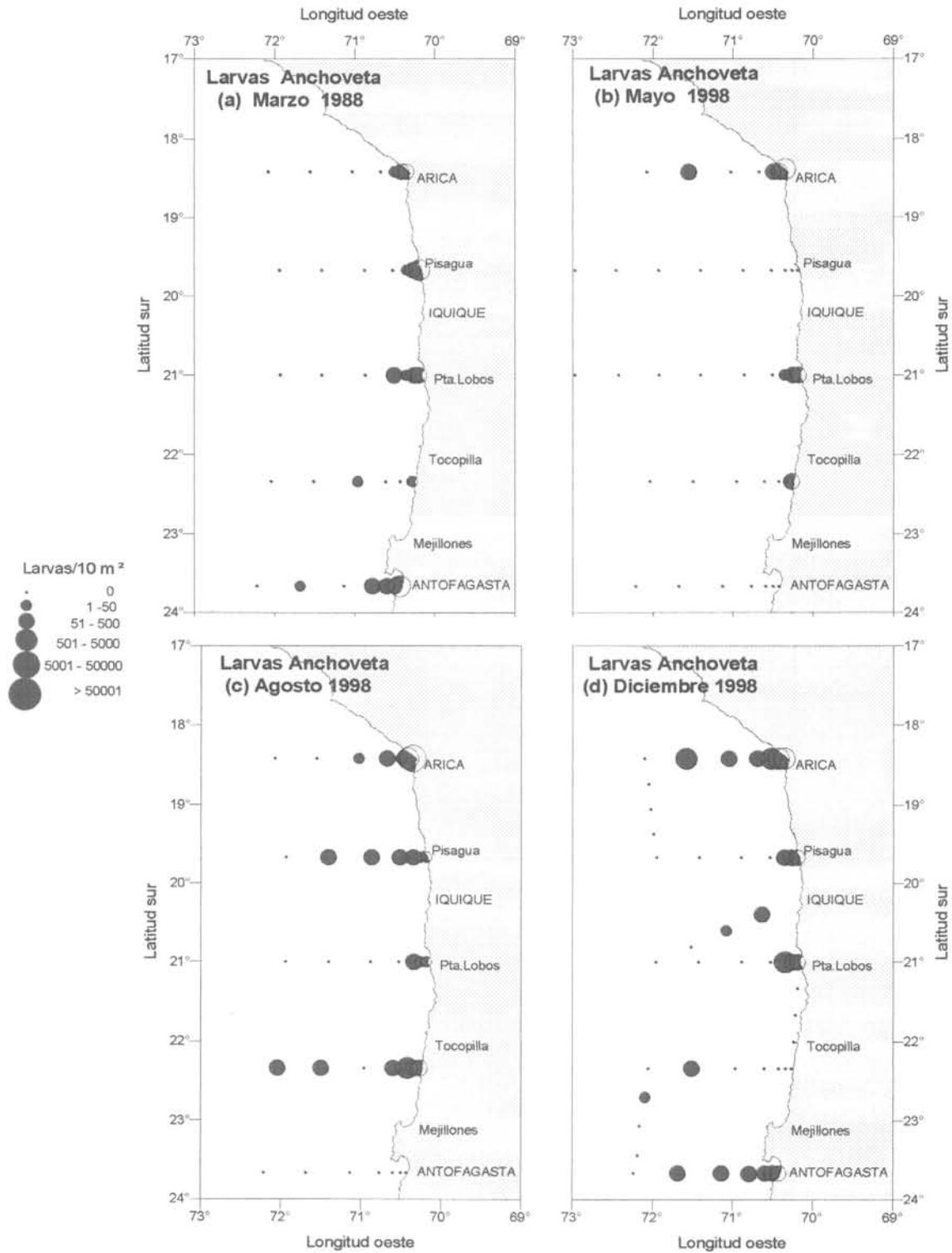


Figura 71.- Distribución y abundancia de Larvas de anchoveta. Cruceros trimestrales 1998. (a) MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.

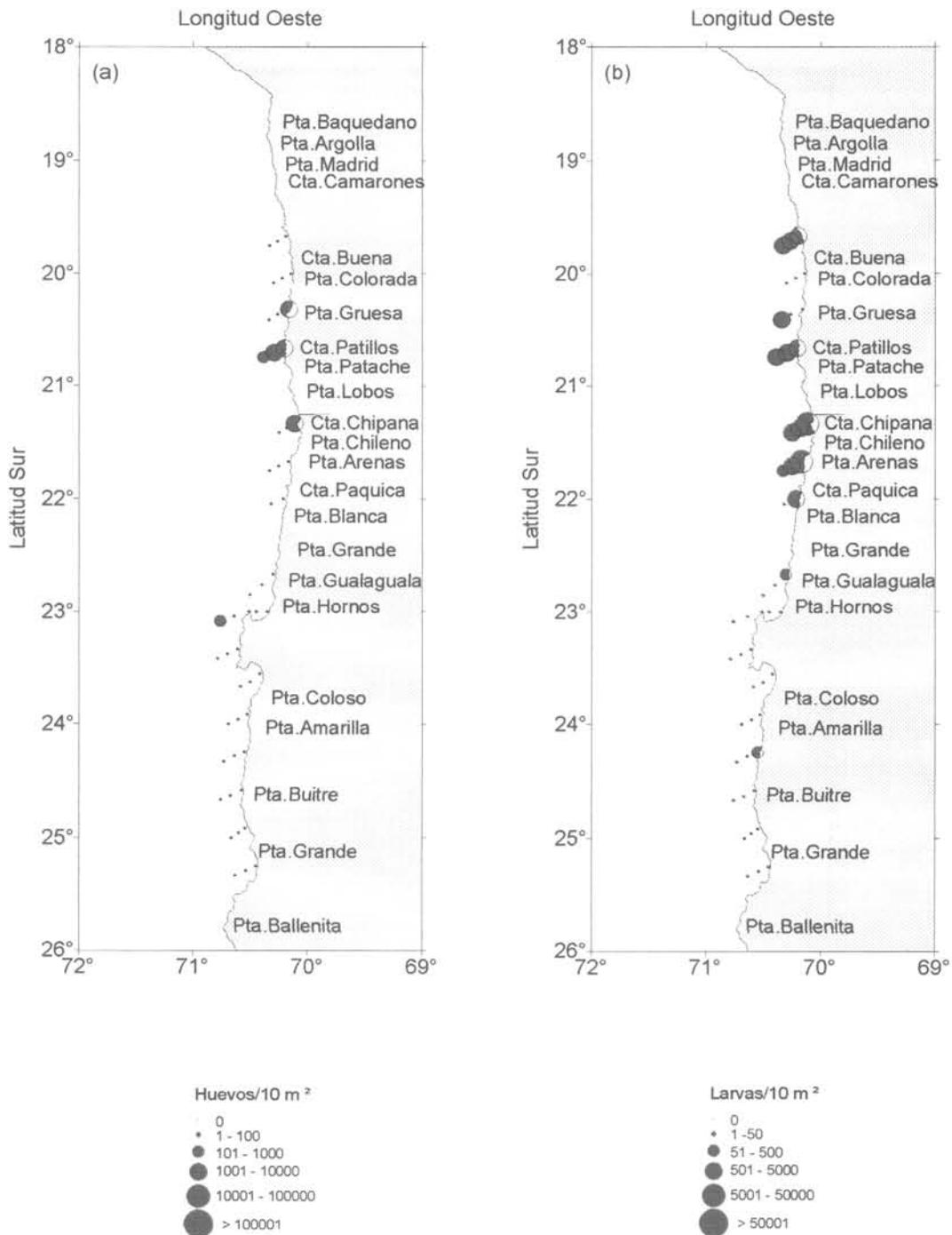


Figura 72 .- Distribución y abundancia de (a) Huevos y (b) Larvas de anchoveta. Crucero MOBIO2 - 9805 Fase 1. Mayo 1998.

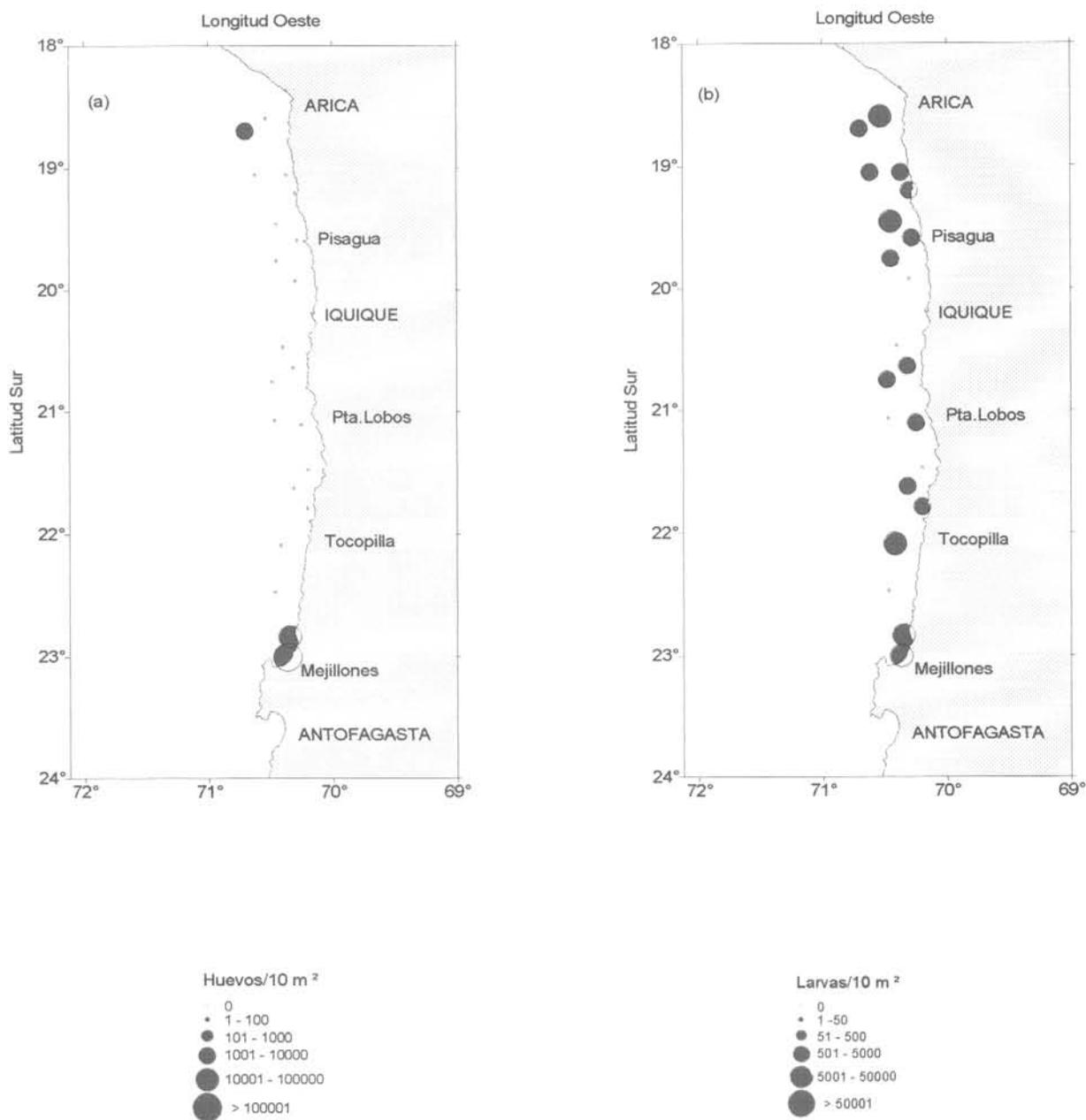


Figura 73. Distribución y abundancia de (a) Huevos y (b) Larvas de anchoveta. Crucero EPERVA. 10 al 14/8/98. PAM Mar del Norte.

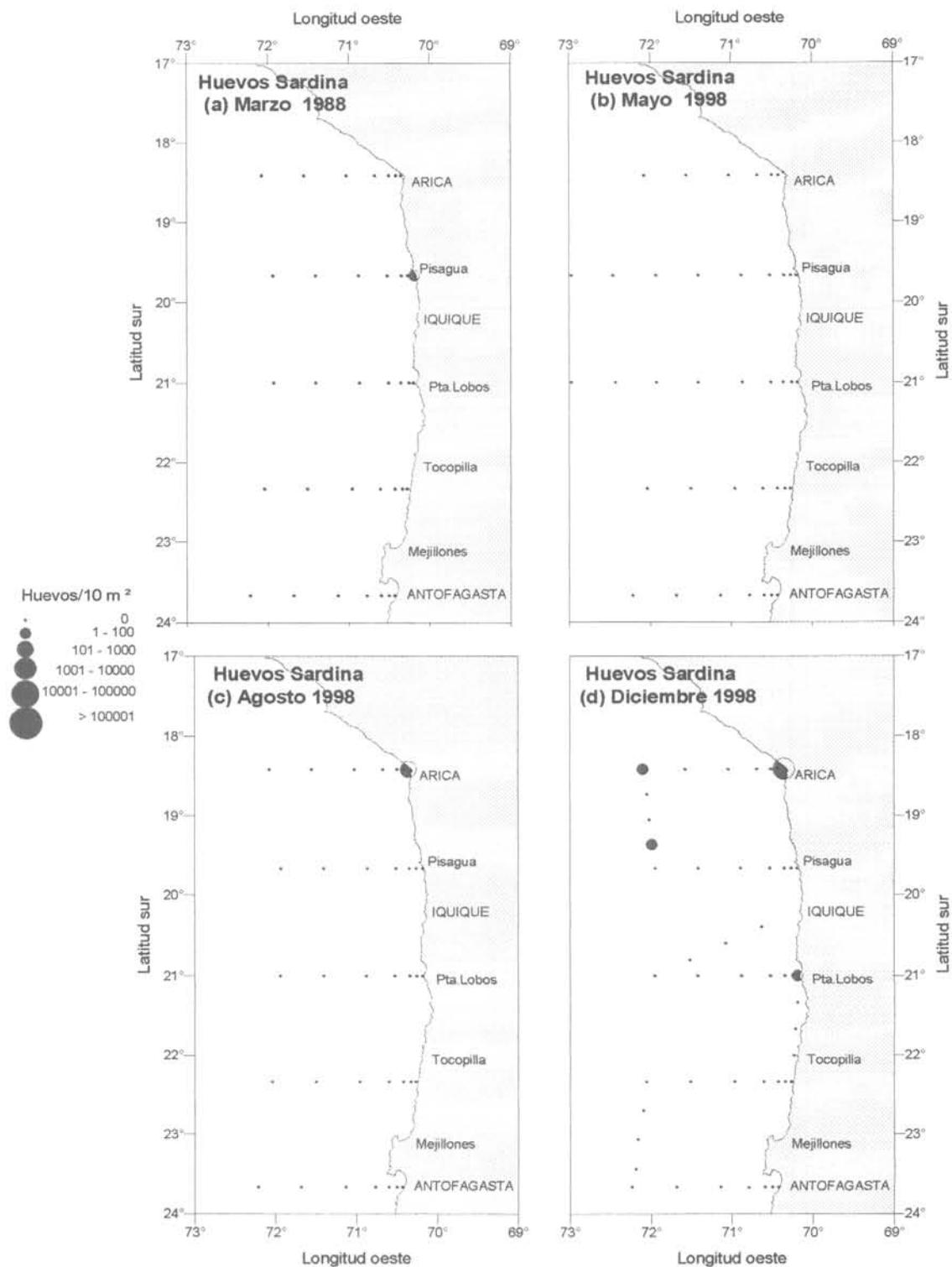


Figura 74.- Distribución y abundancia de Huevos de sardina. Cruceros trimestrales 1998. (a) MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.

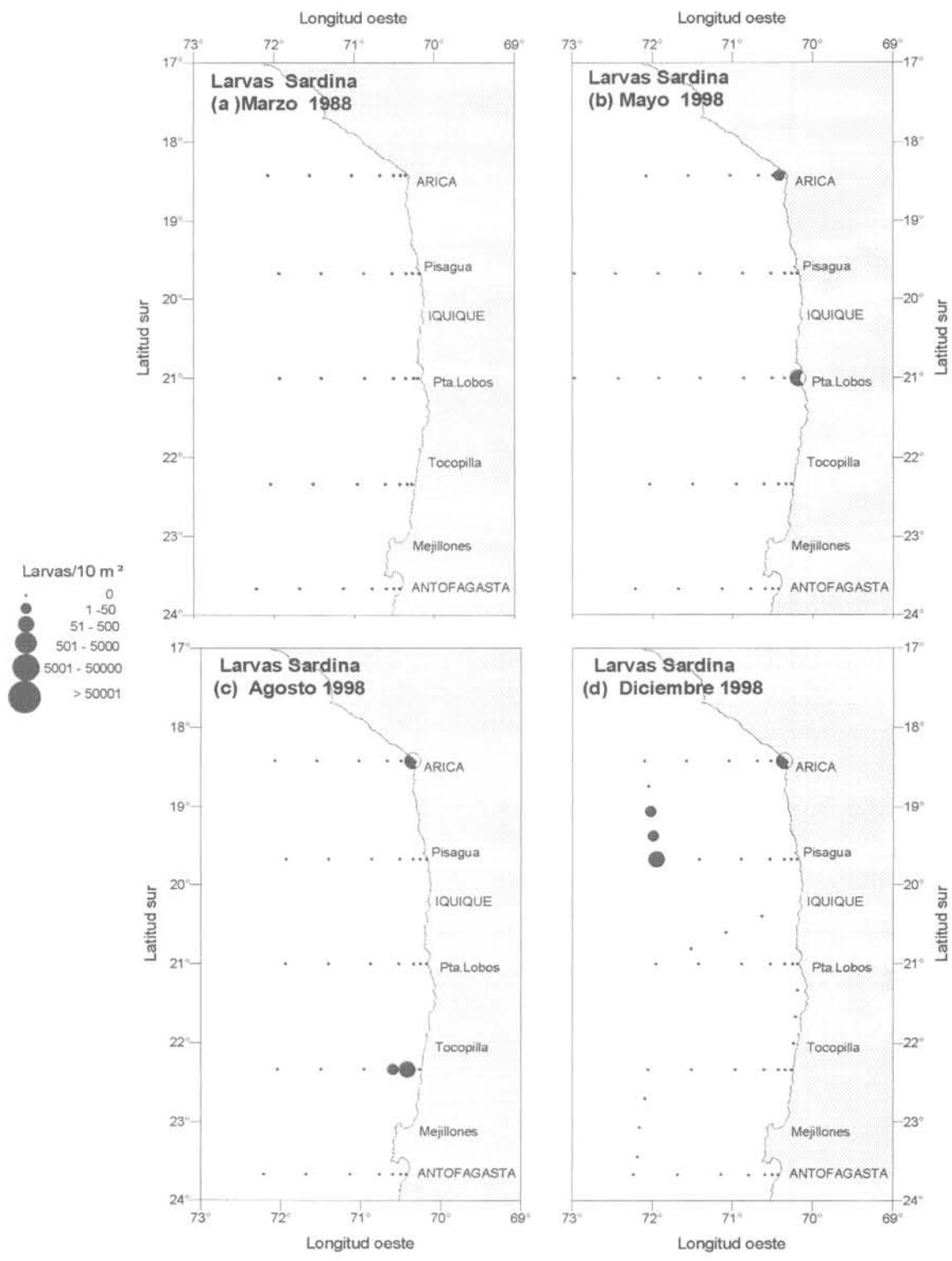


Figura 75.- Distribución y abundancia de Larvas de sardina. Cruceros trimestrales 1998. (a) MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.

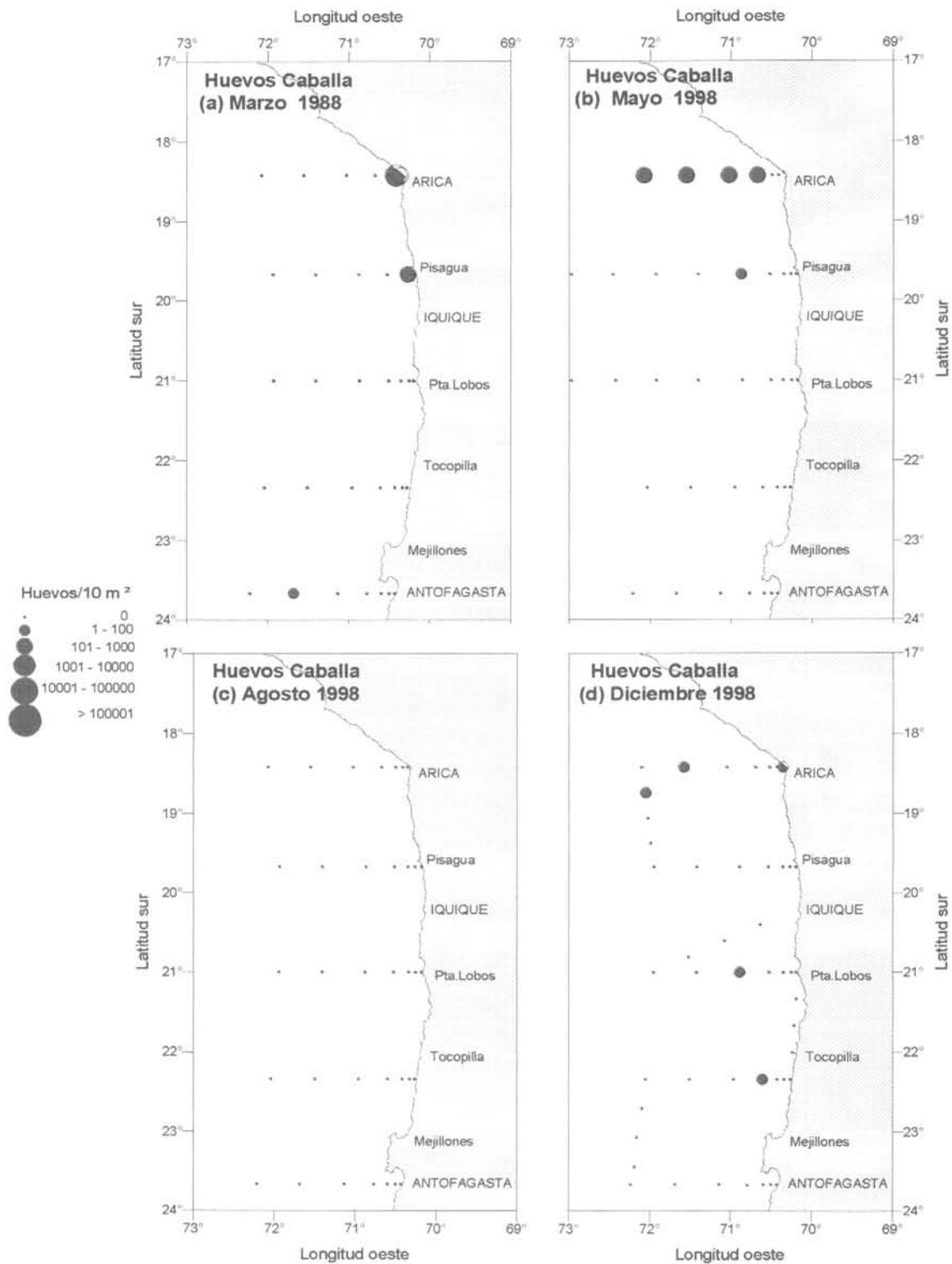


Figura 76.- Distribución y abundancia de Huevos de caballa. Cruceros trimestrales 1998. (a) MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.

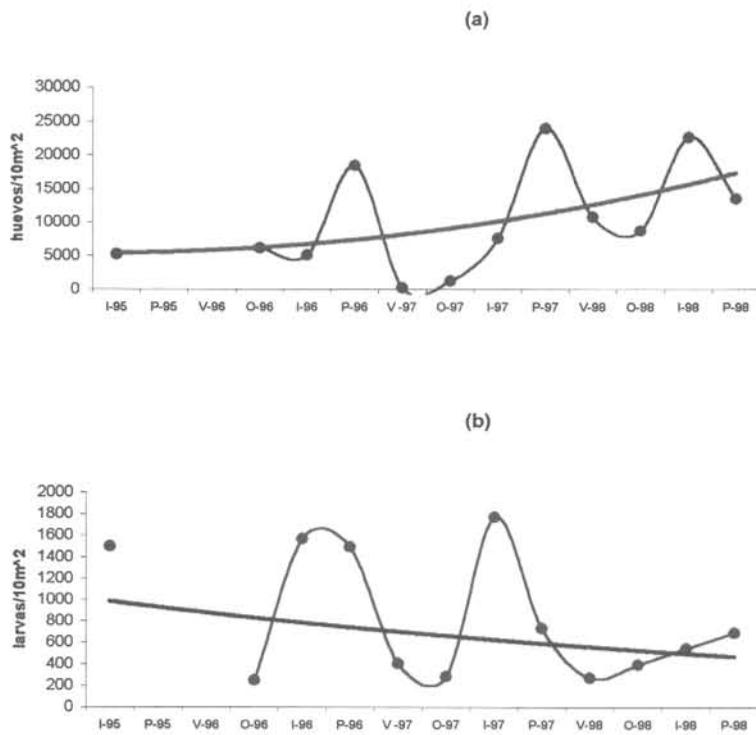


Fig. 78 Variación temporal de la intensidad de desove de (a) Huevos y (b) Larvas de anchoveta para el período comprendido entre el invierno de 1995 y la primavera de 1998.

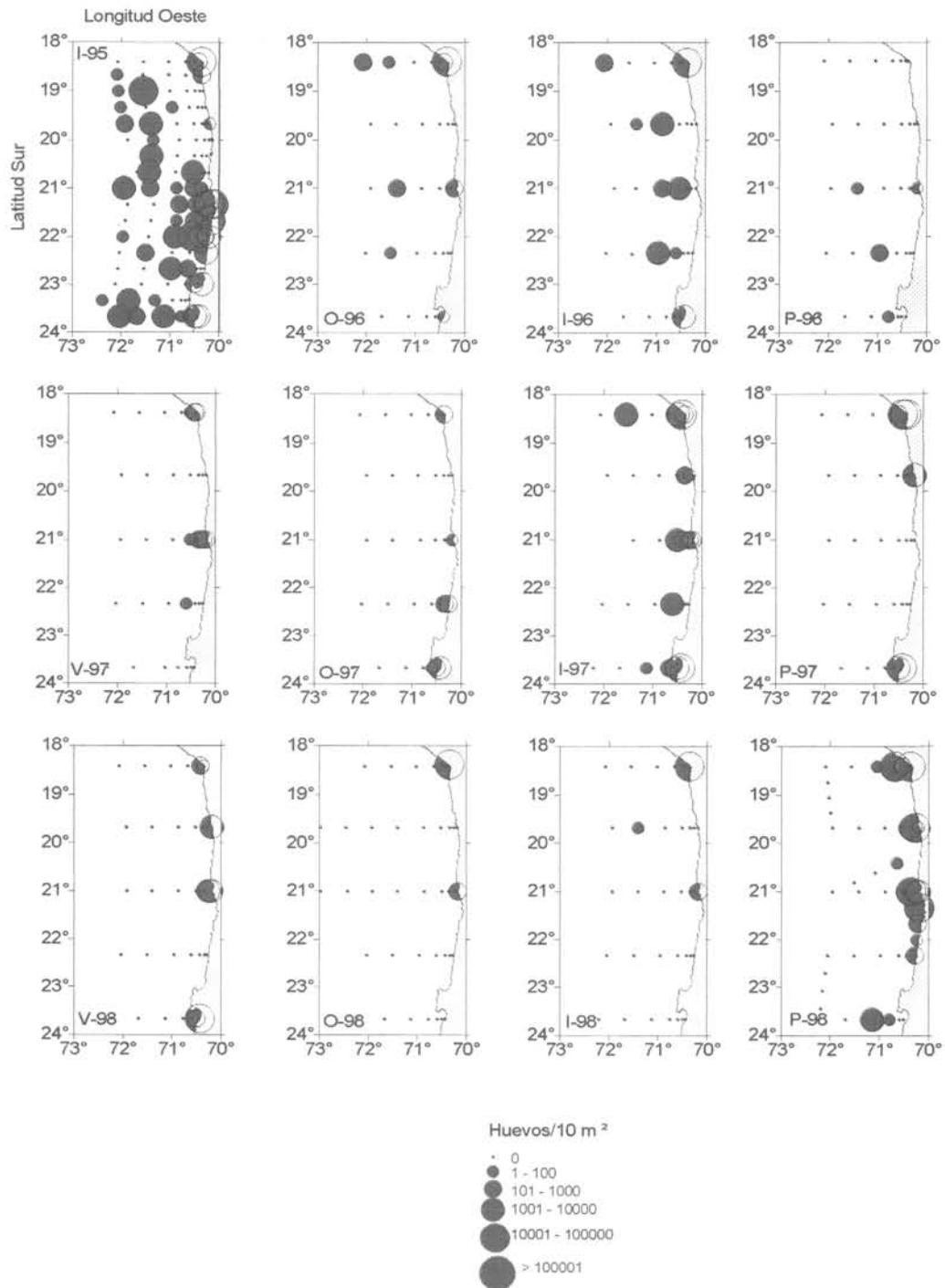
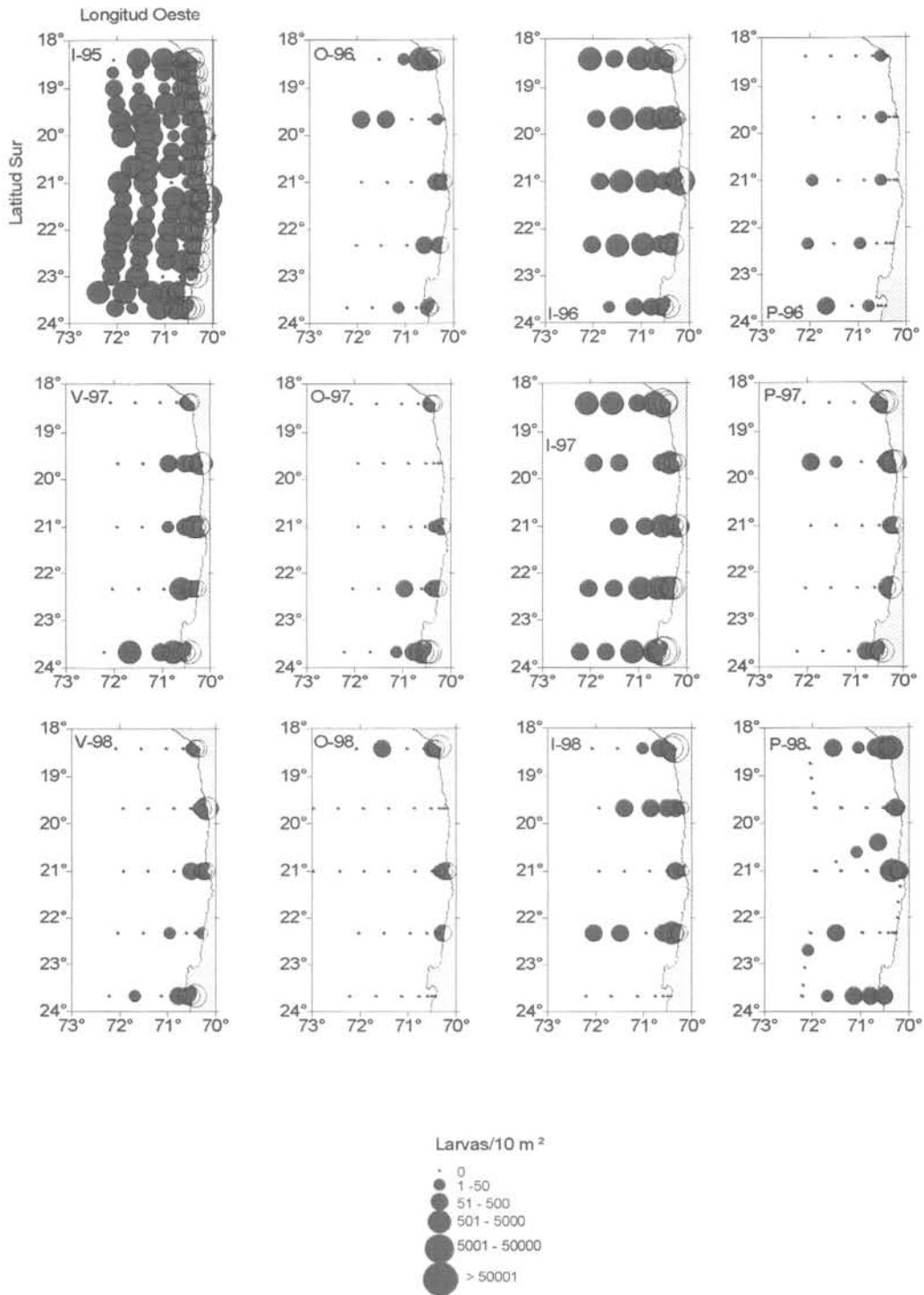


Figura 79.- Distribución y abundancia estacional de Huevos de Anchoqueta. Período Invierno 1995 a Primavera 1998.



**Figura 80 .- Distribución y abundancia estacional de Larvas de Anchoqueta.
Período Invierno 1995 - Primavera 1998.**

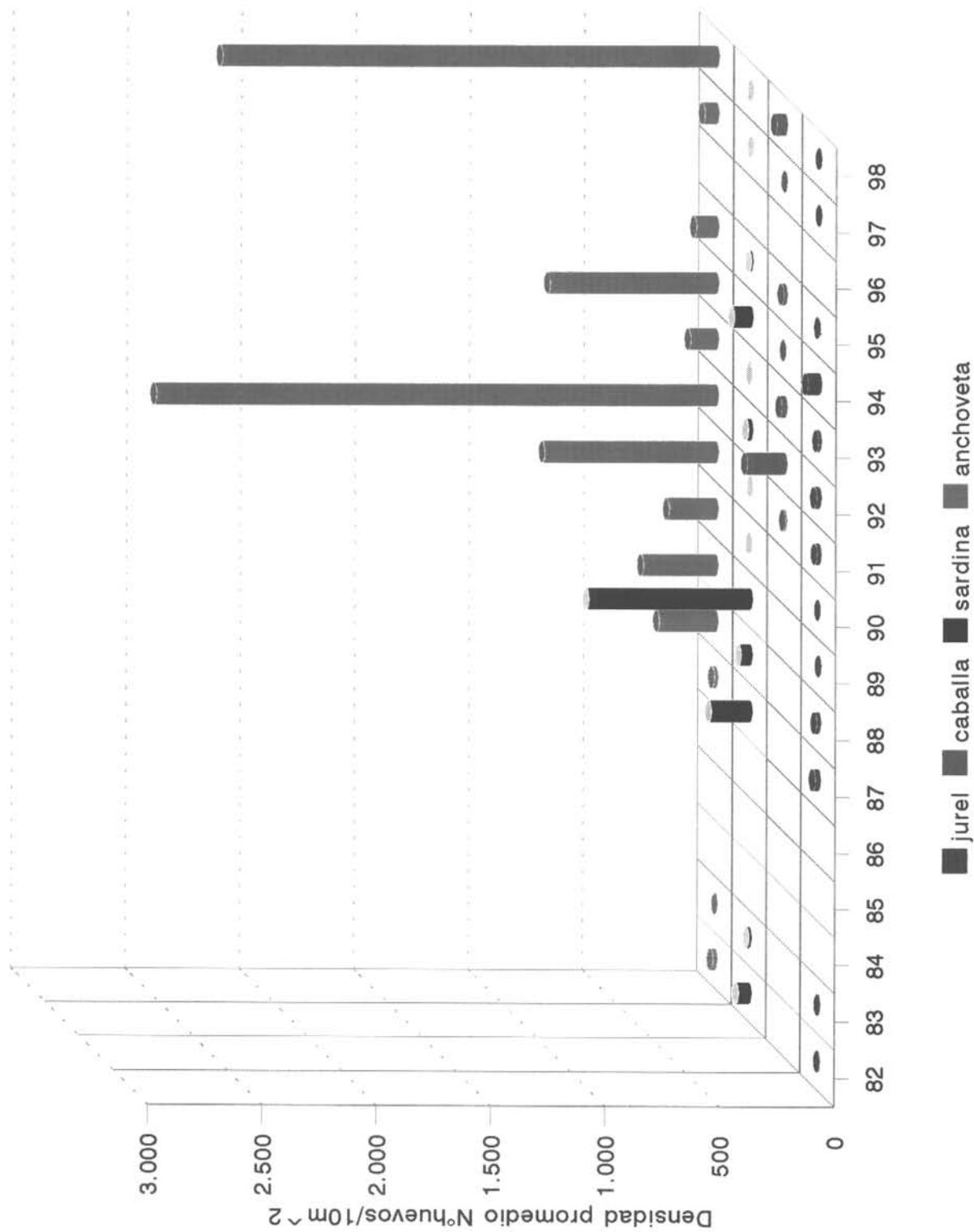


Fig. 81 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/1998.

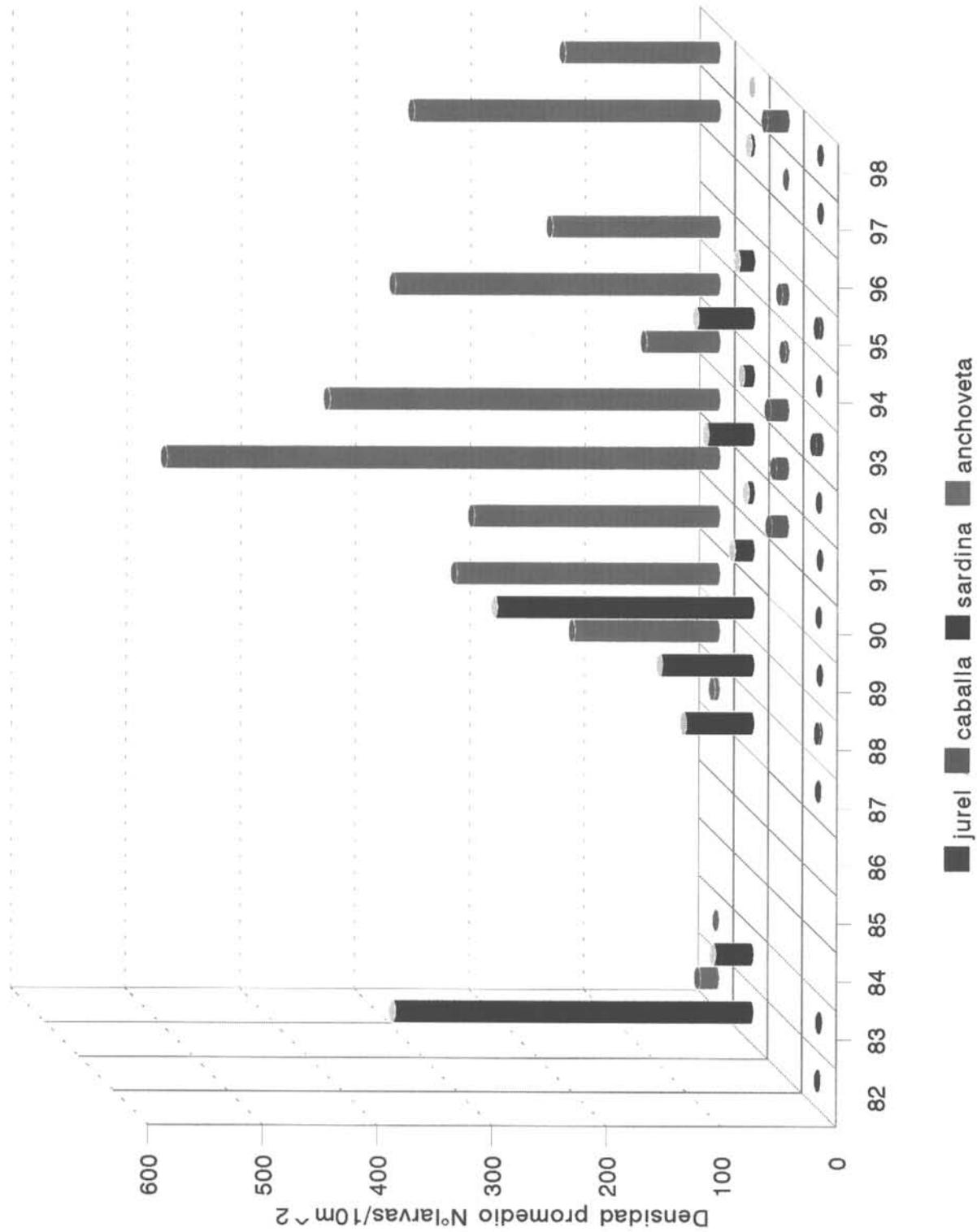


Fig.82 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina, jurel y caballa para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/1998.

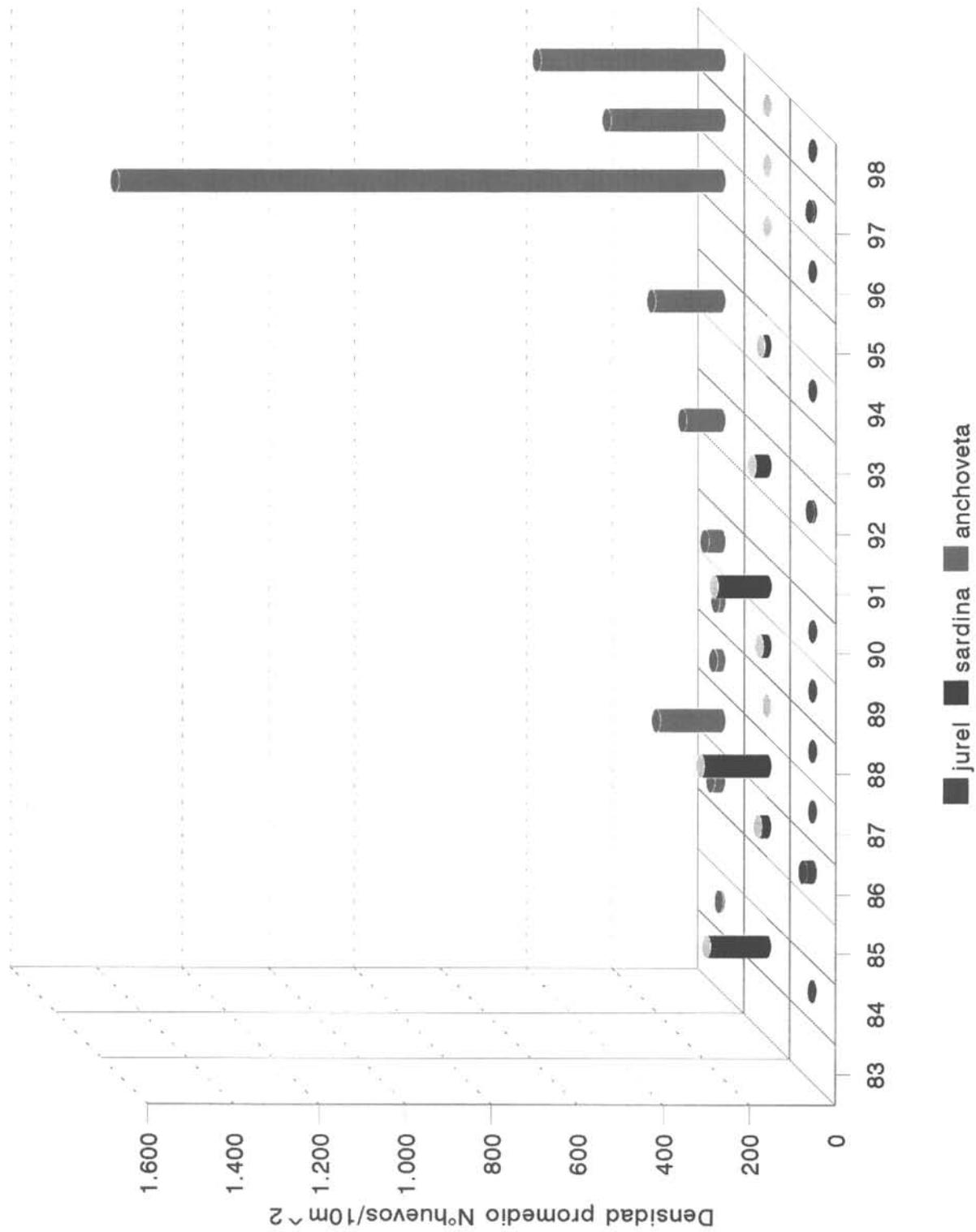


Fig.83 Densidad promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1984/1998.

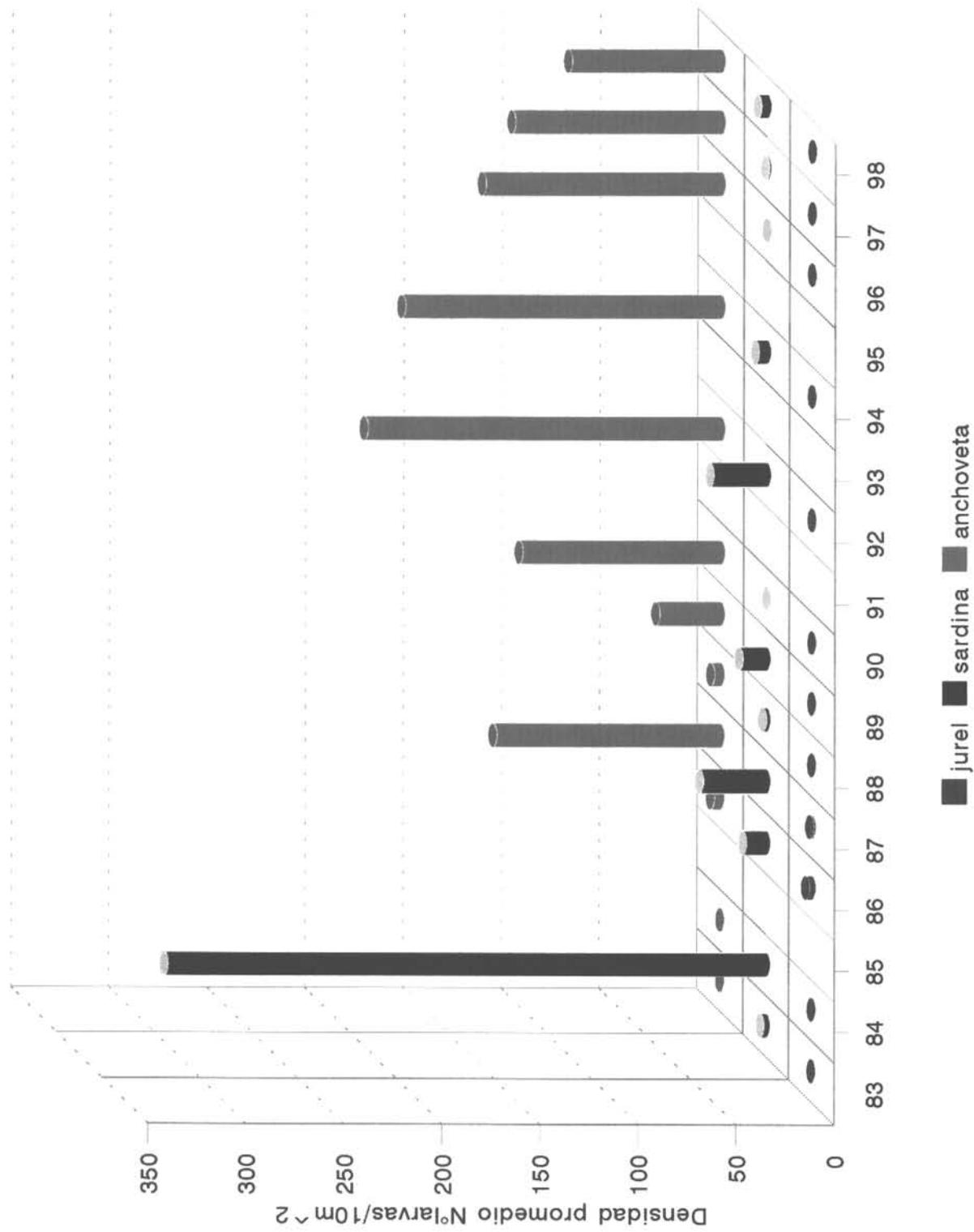


Fig. 84 Densidad promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1984/1998.

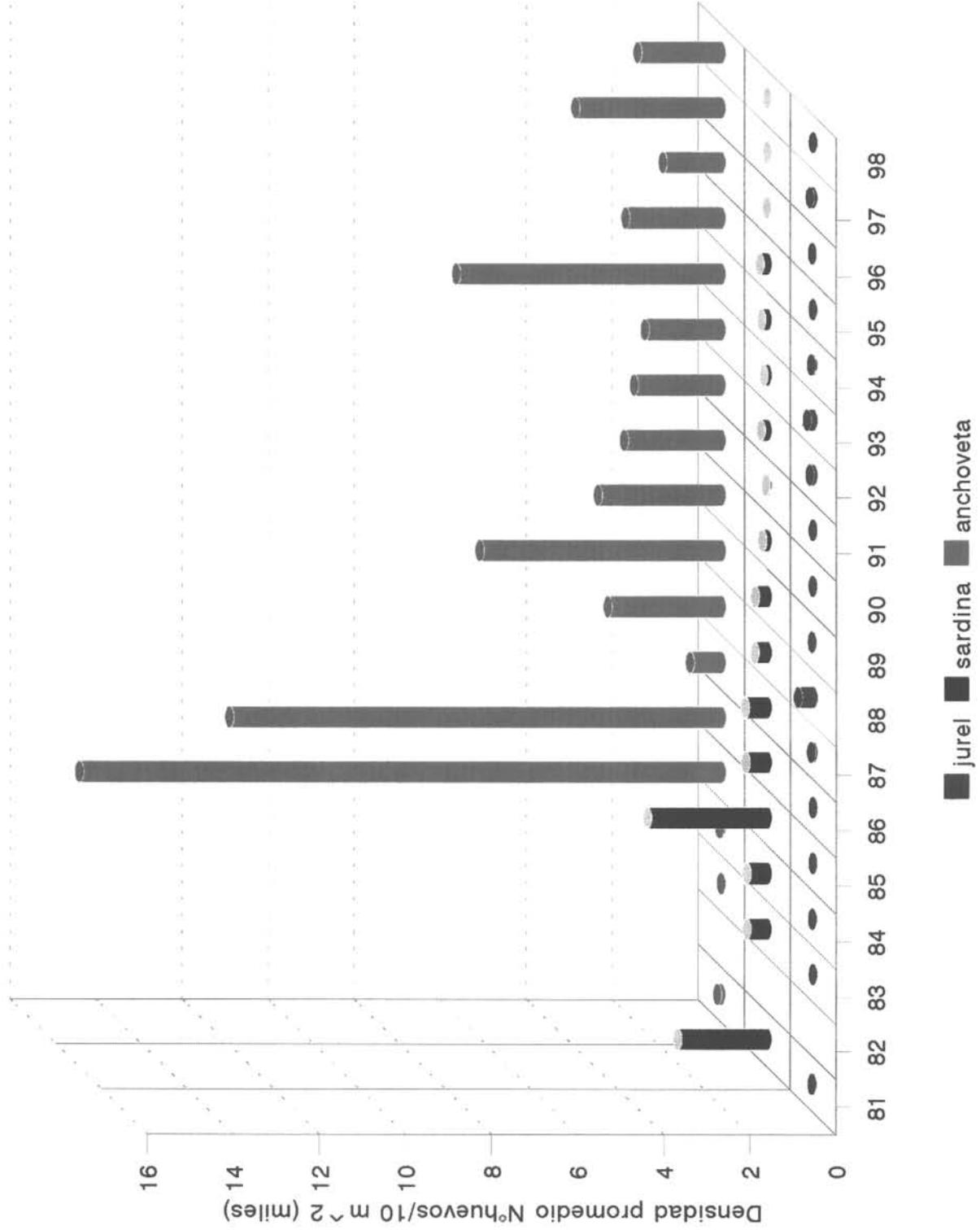


Fig. 85 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/1998.

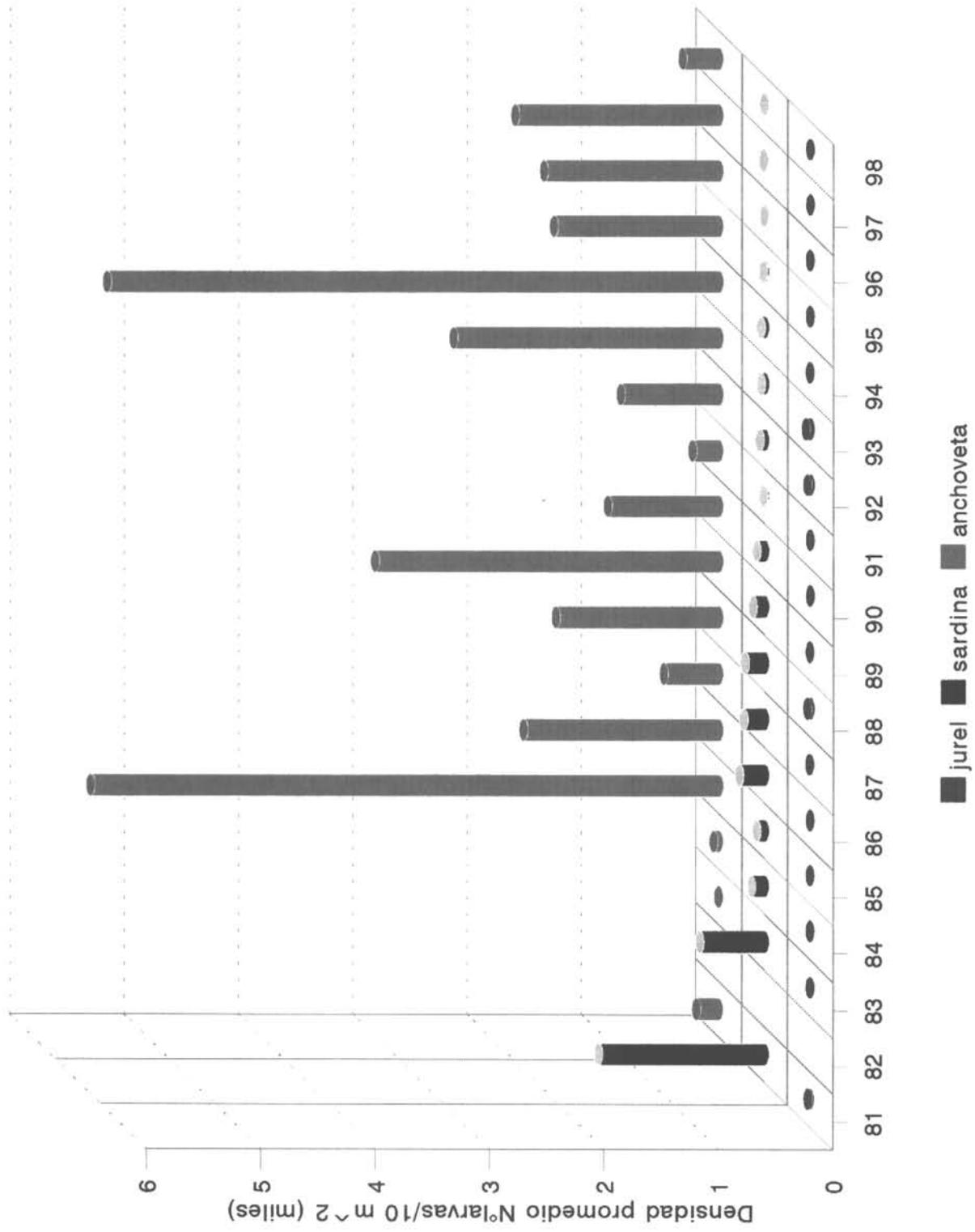


Fig. 86 Abundancia promedio de larvas anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1981/1998.

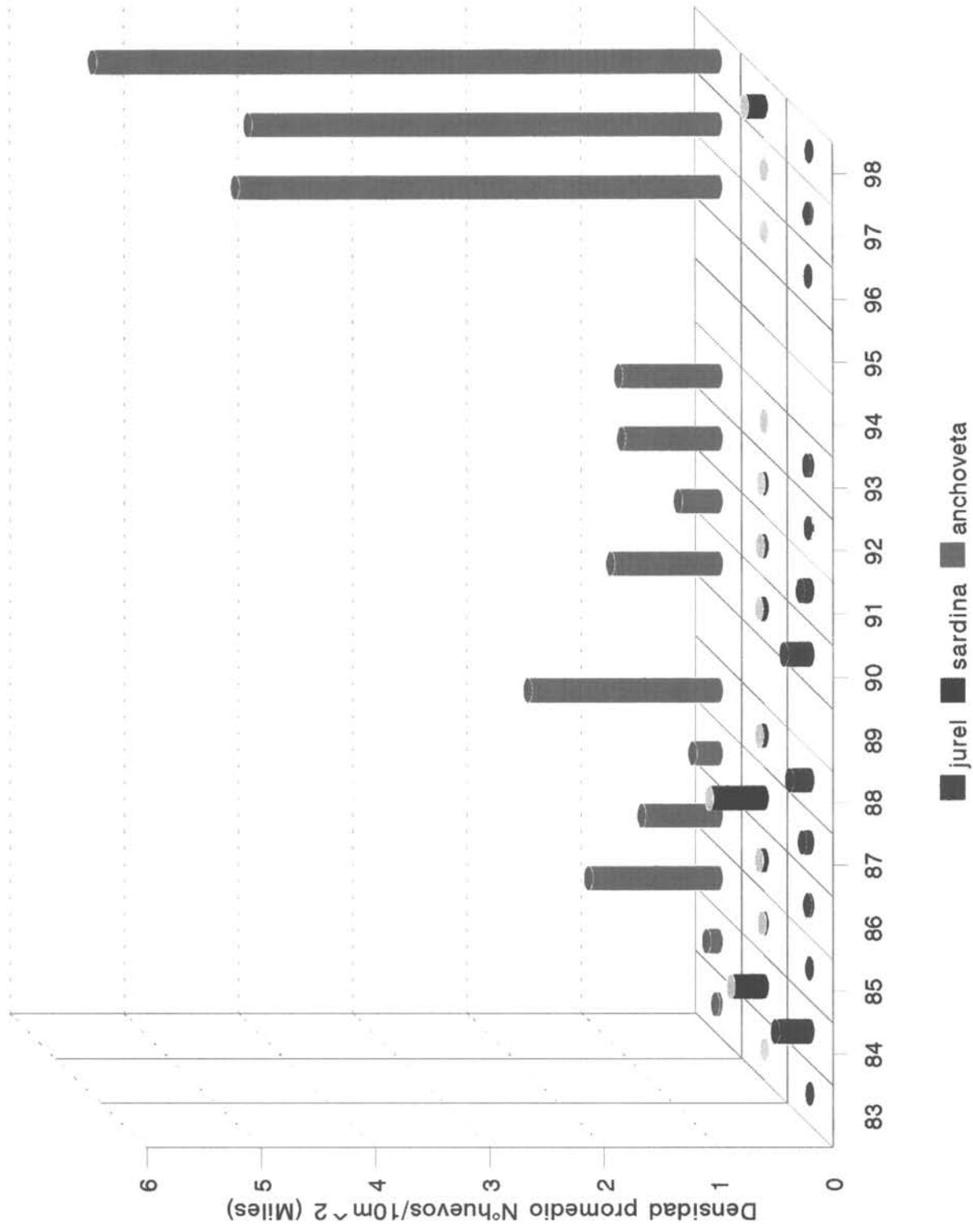


Fig. 87 Abundancia promedio de huevos de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/1998.

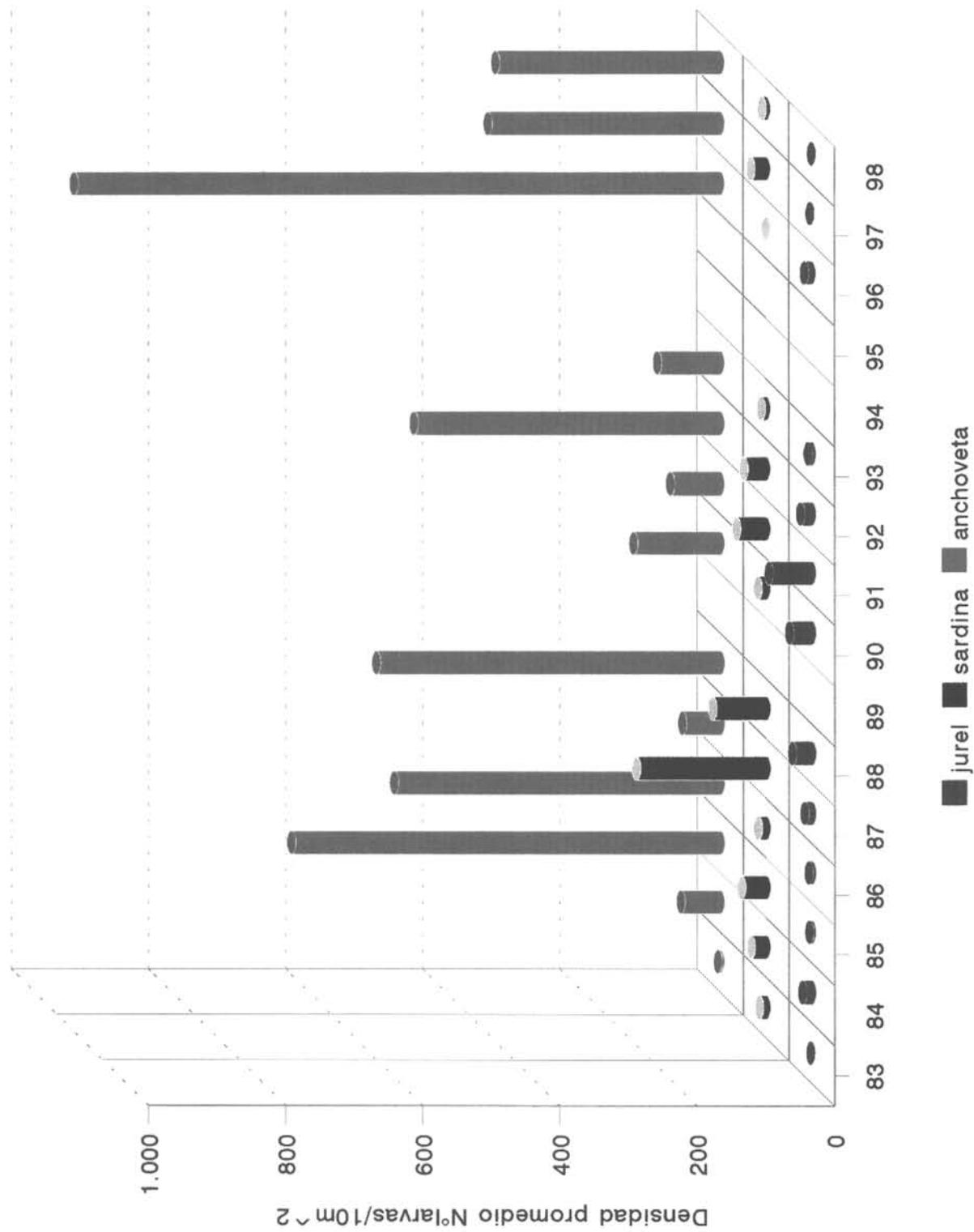


Fig. 88 Abundancia promedio de larvas de anchoveta, sardina y jurel para la zona Antofagasta-Arica en primavera de los años 1983/1998.

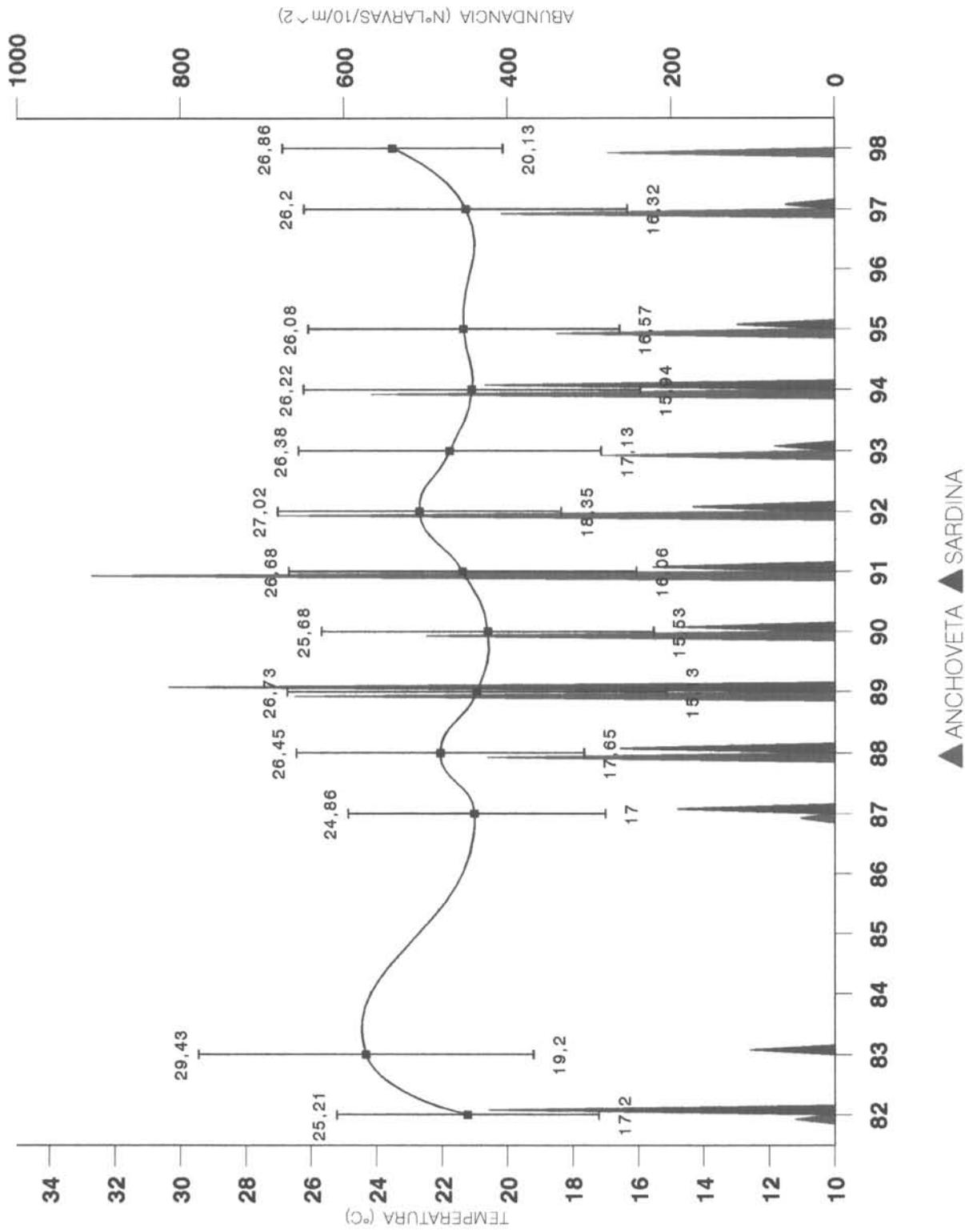


Fig. 89 Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas de anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en verano de los años 1982/1998.

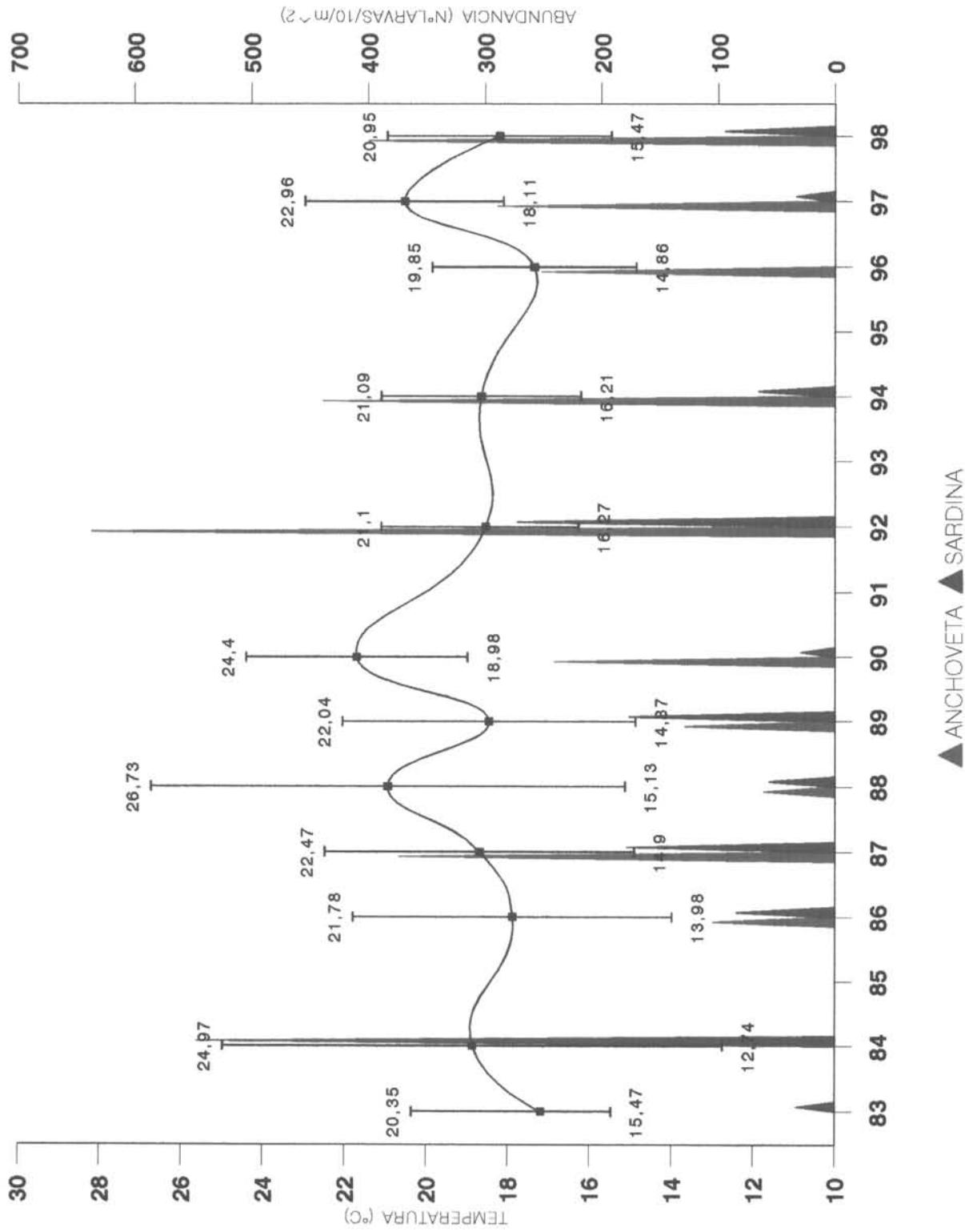


Fig.90 Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas de anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en otoño de los años 1983/1998.

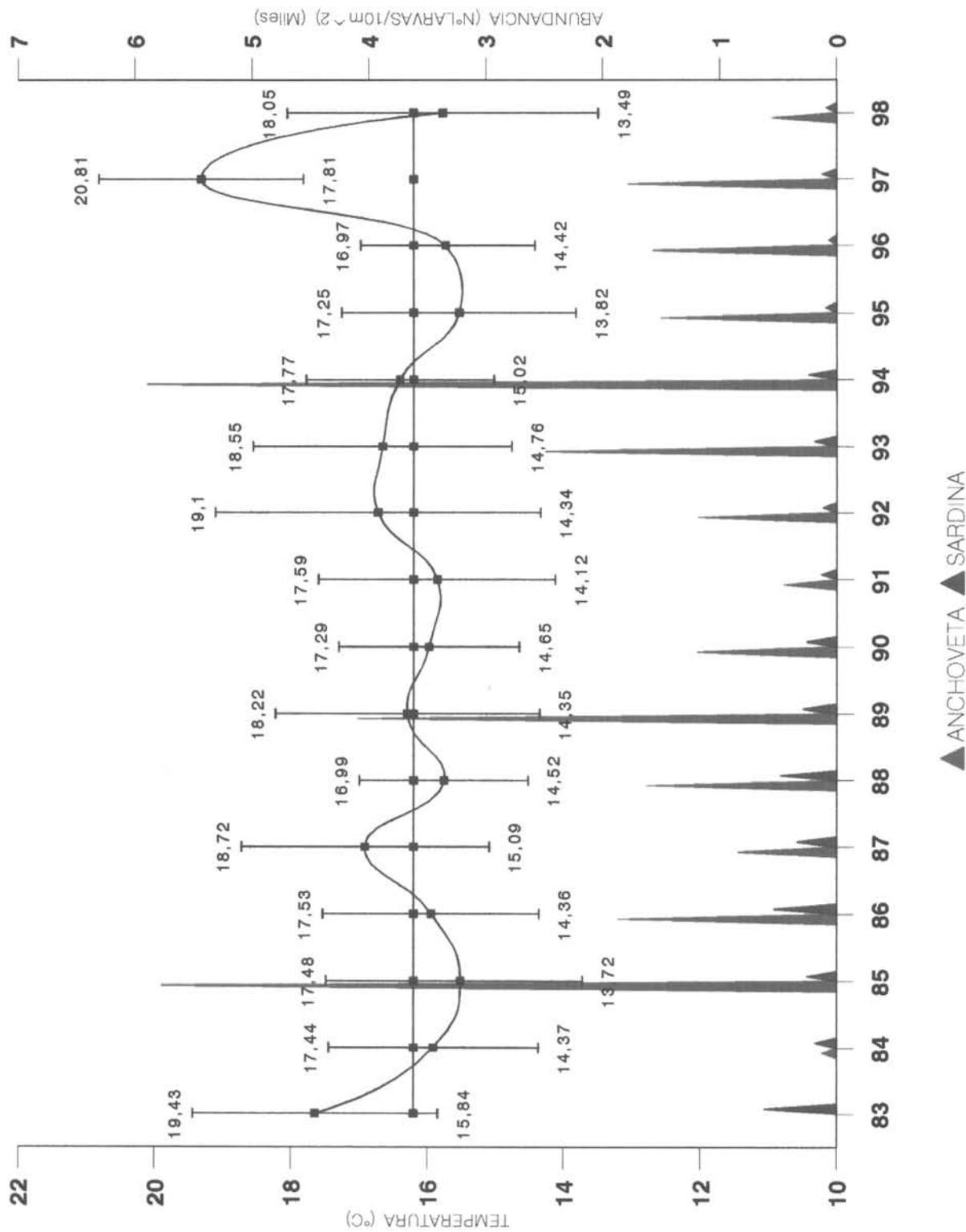


Fig.91 Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas de anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en invierno de los años 1983/1998.

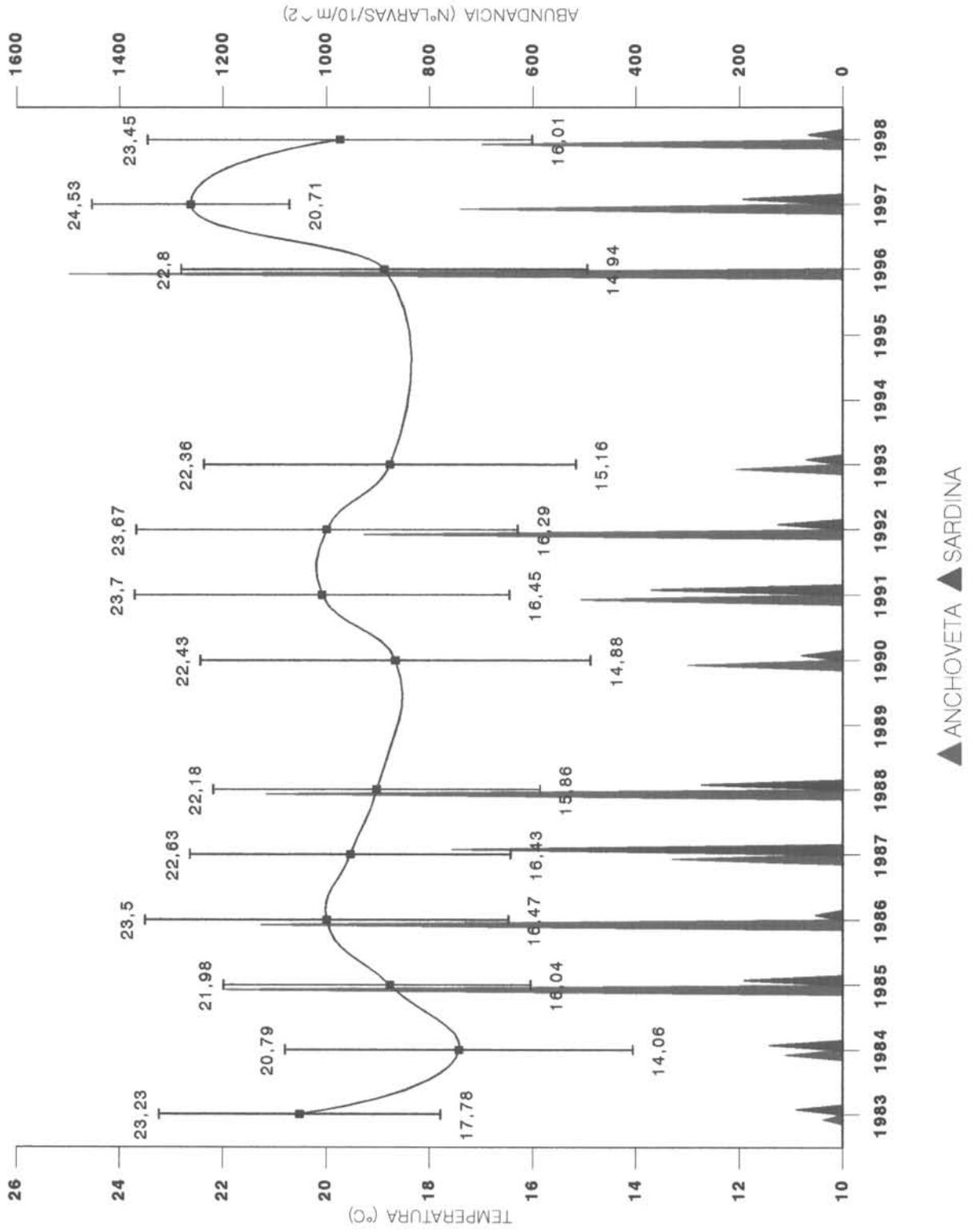


Fig. 92 Relación entre la temperatura superficial y la densidad promedio de larvas de anchoveta y sardina para la zona Antofagasta - Arica en primavera de los años 1983/1998.

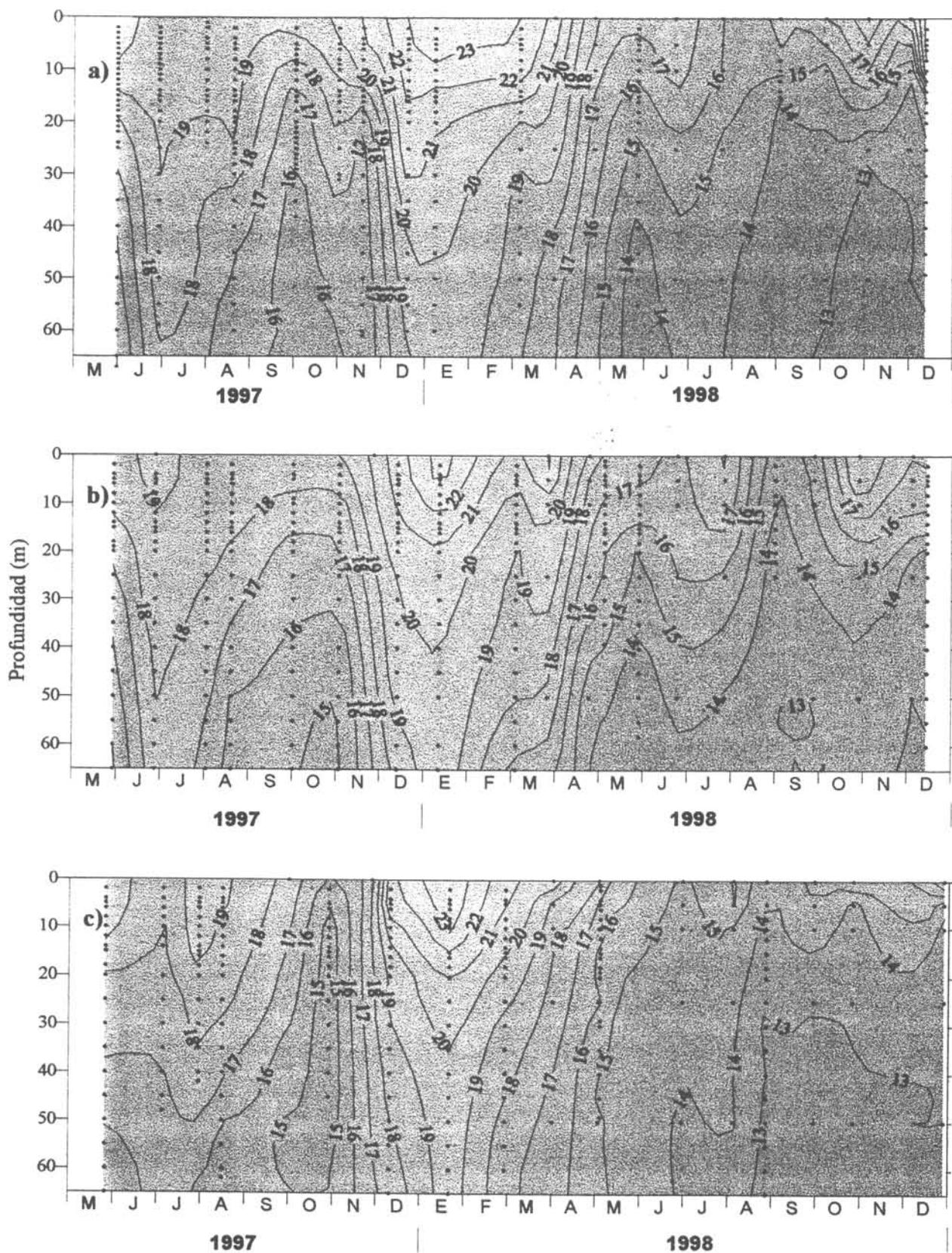


Figura 93.- Distribución temporal de temperatura en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a diciembre 1998.

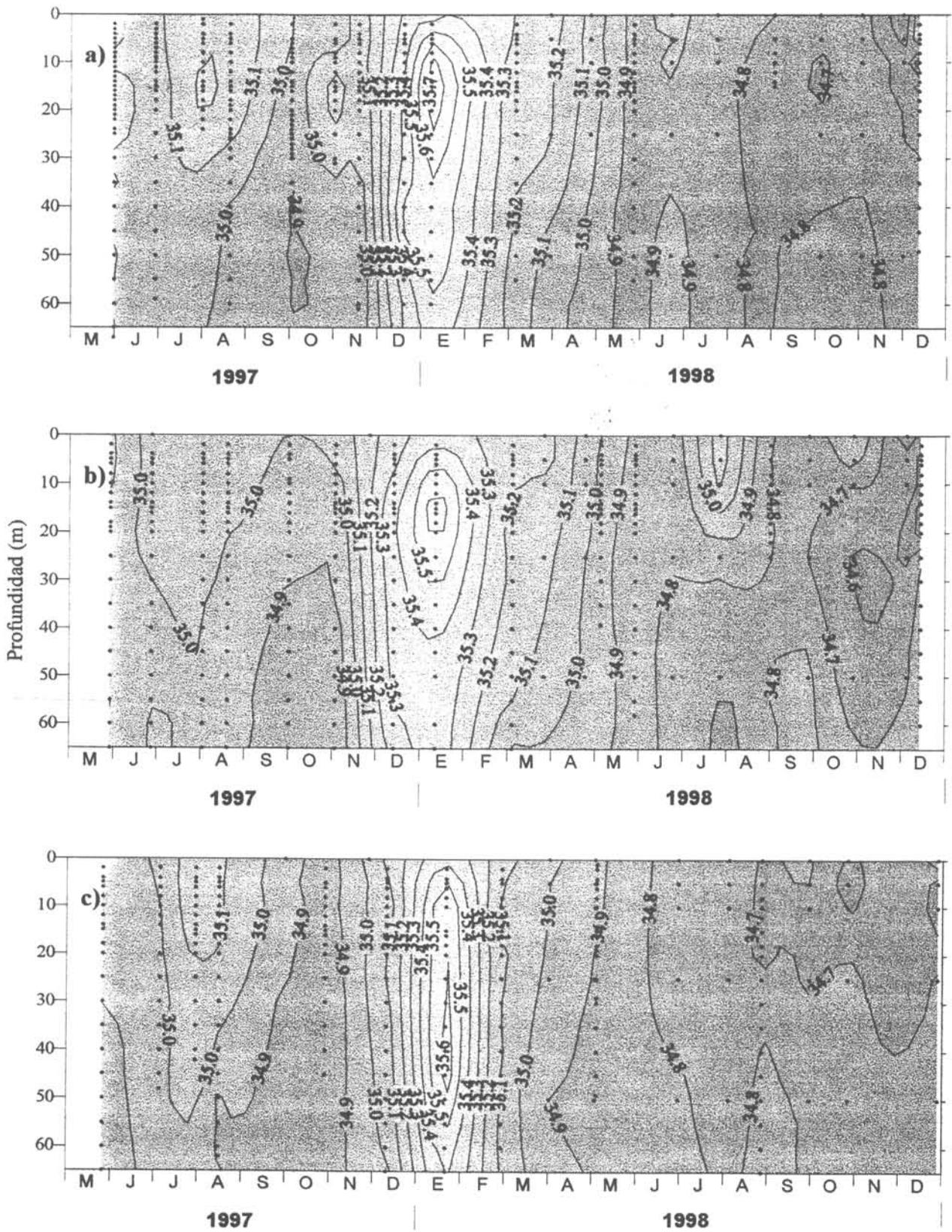


Figura 94.- Distribución temporal de salinidad en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a diciembre 1998.

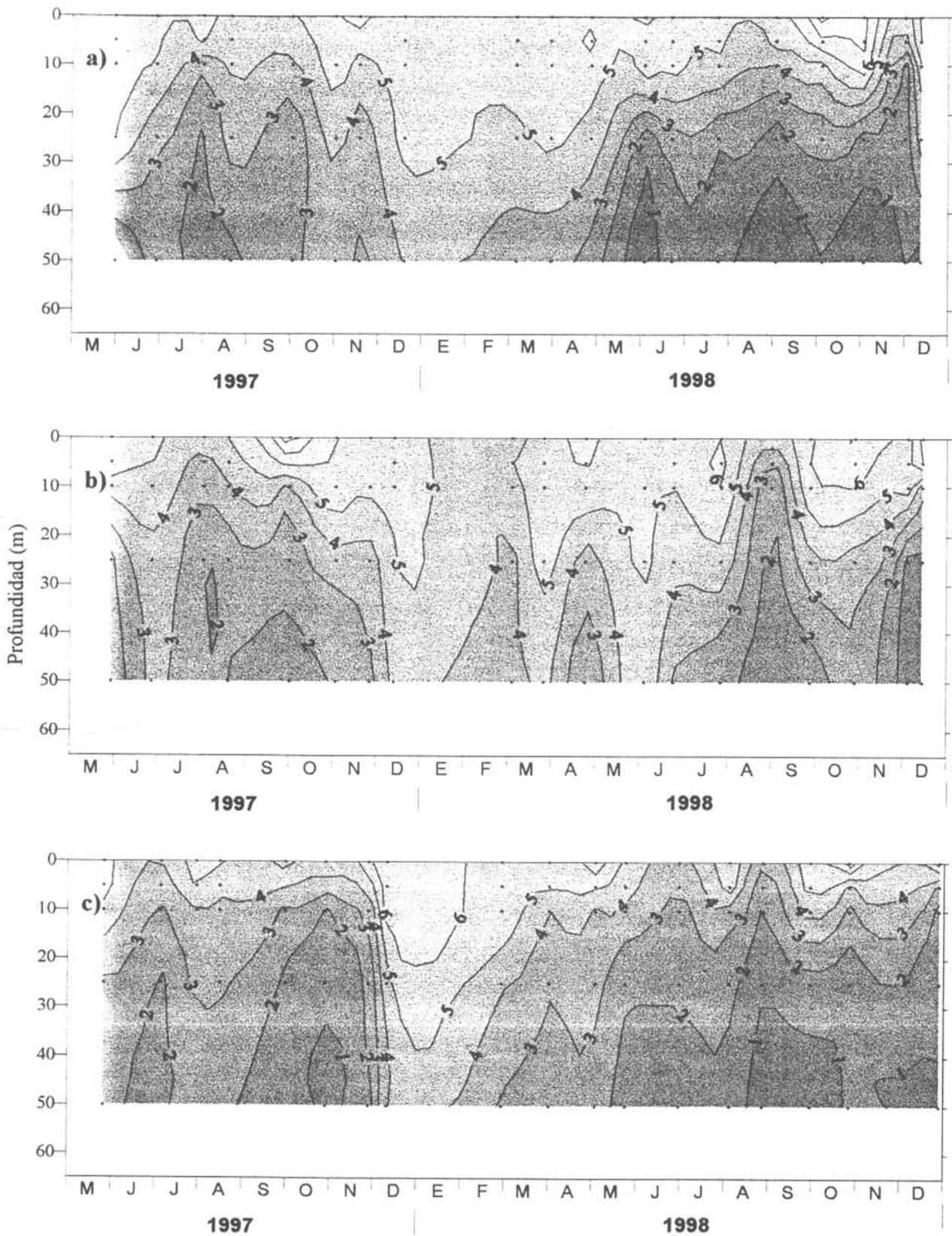


Figura 95.- Distribución temporal de oxígeno disuelto (ml/l) en estaciones fijas de a) Arica, b) Iquique y c) Mejillones. Mayo 1997 a diciembre 1998.

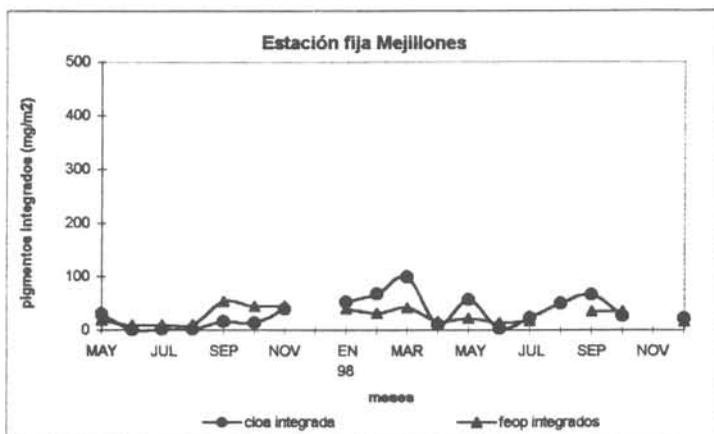
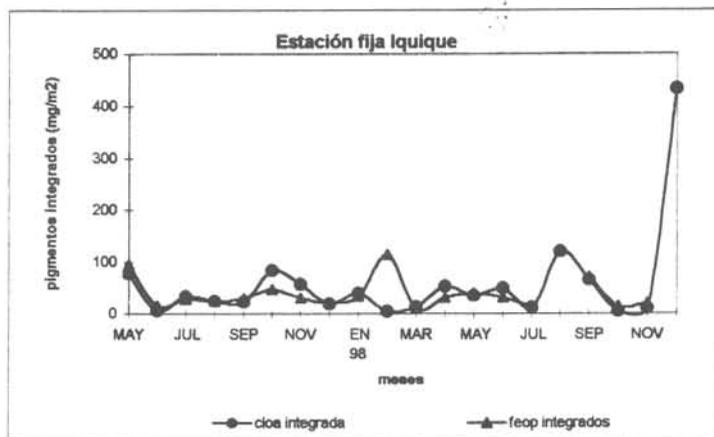
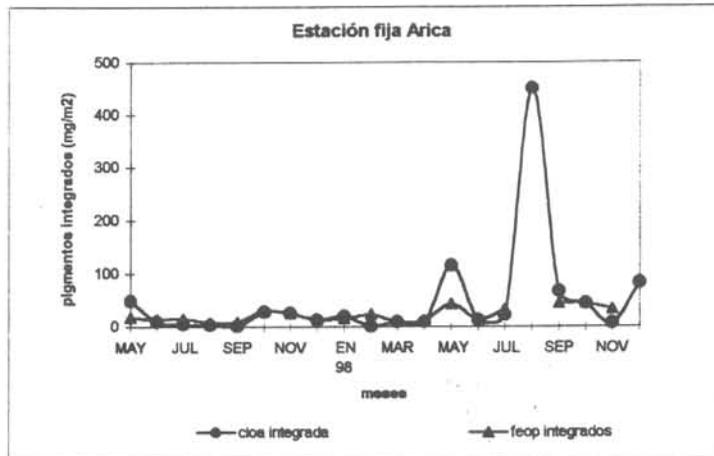


Figura 96. Distribución temporal de la clorofila y los feopigmentos integrados (mg/m²), en las estaciones de monitoreo.

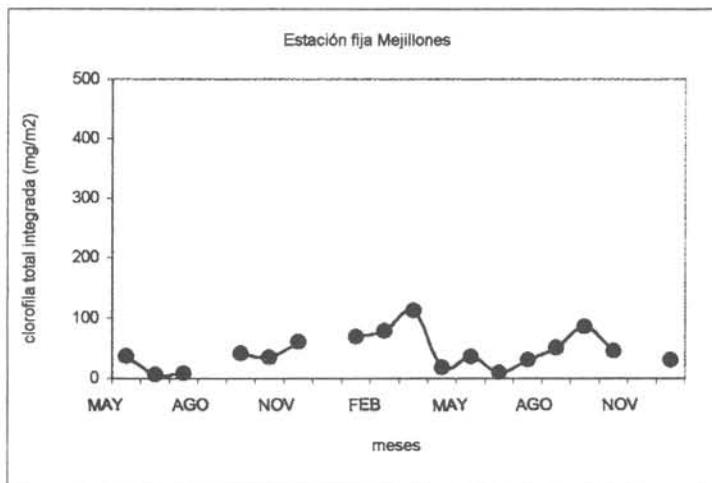
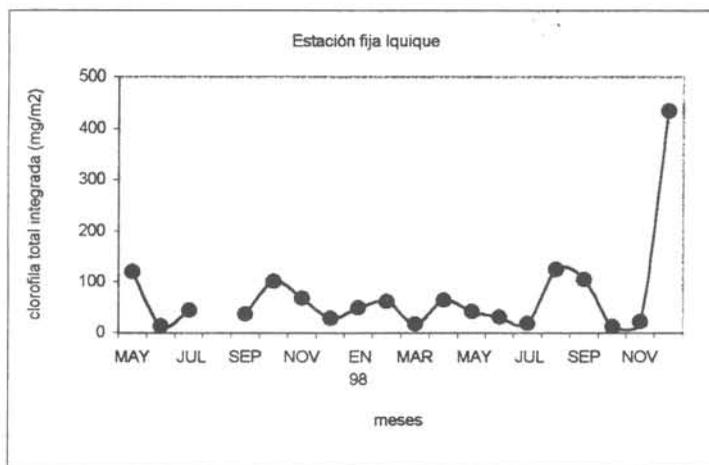
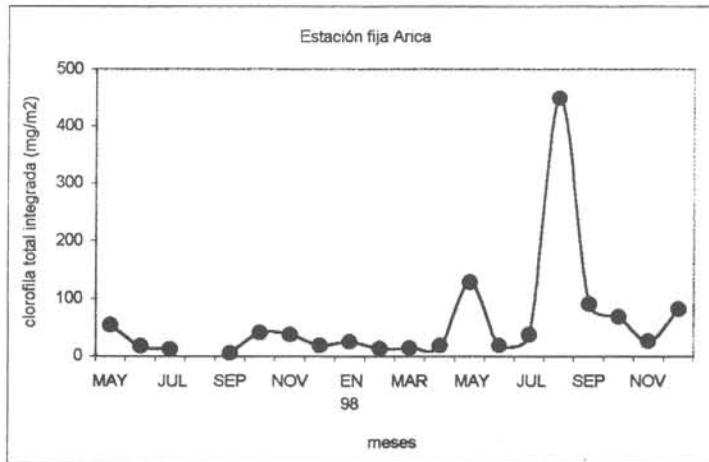


Figura 97. Distribución temporal de la clorofila total integrada (mg/m²), en las estaciones de monitoreo. Proyecto Mobio 1998.

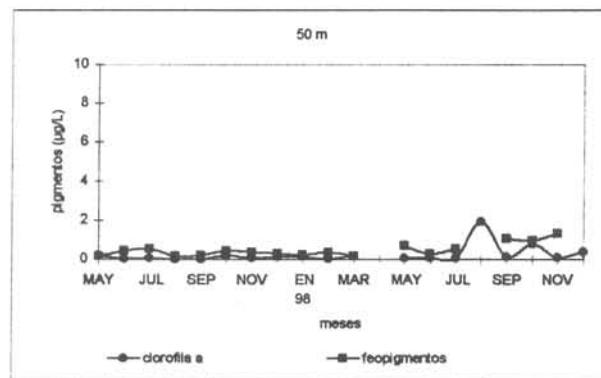
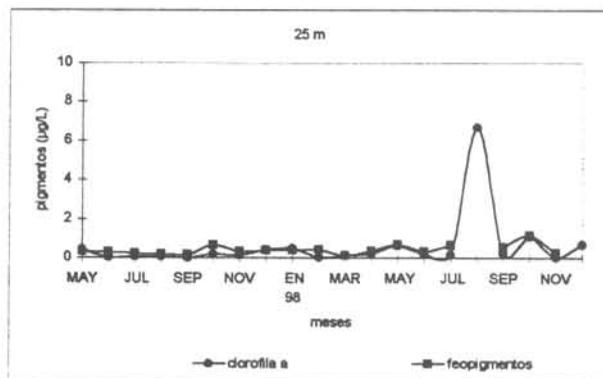
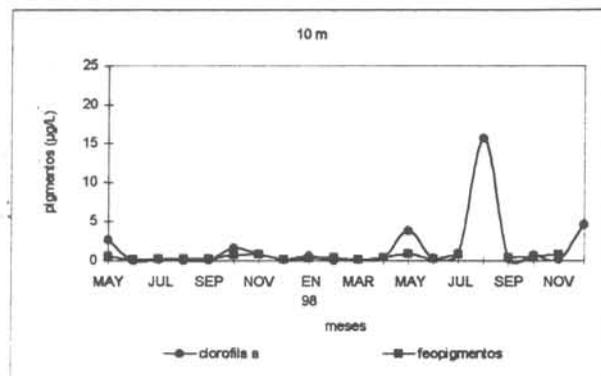
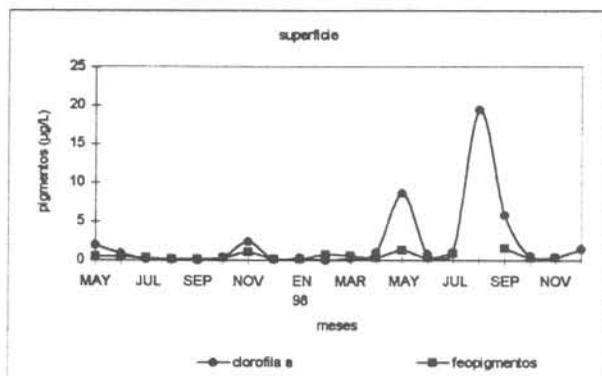


Figura 98. Diagramas de distribución de la clorofila a y los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), a los niveles superficial, 10, 25, y 50 m, en la estación fija realizada en Arica.

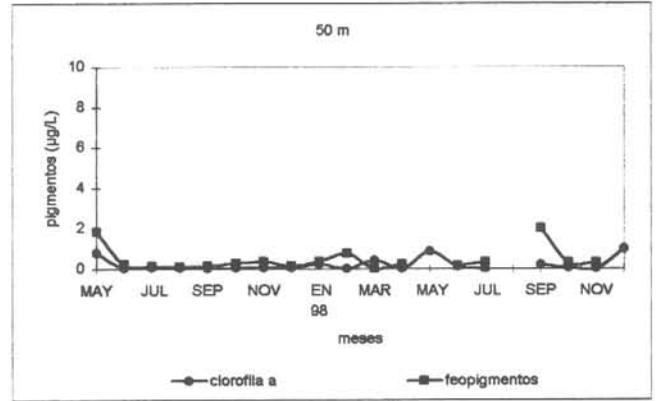
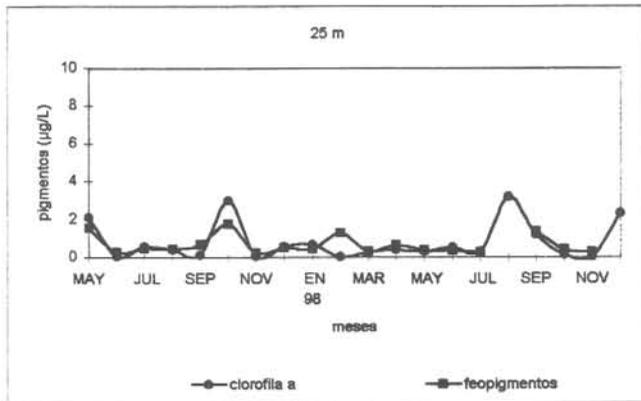
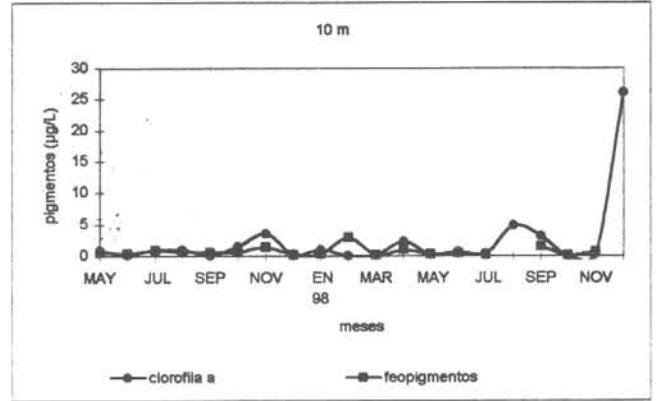
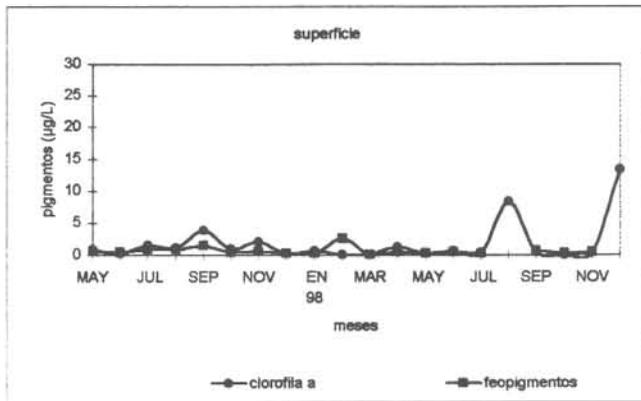


Figura 99. Diagramas de distribución mensual de la clorofila a y los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), a los niveles superficial, 10, 25 y 50 m, en la estación fija realizada en Iquique.

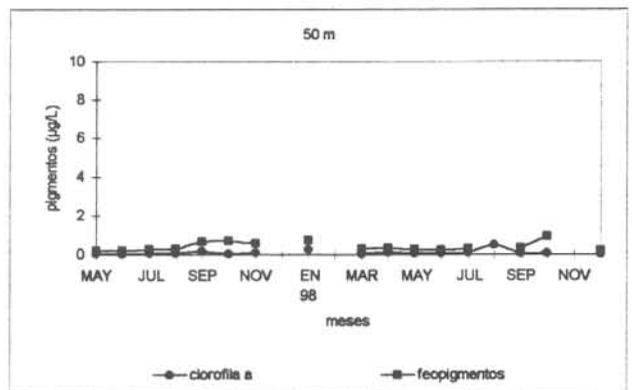
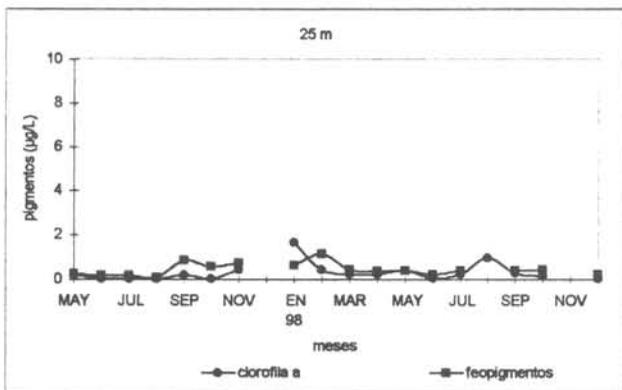
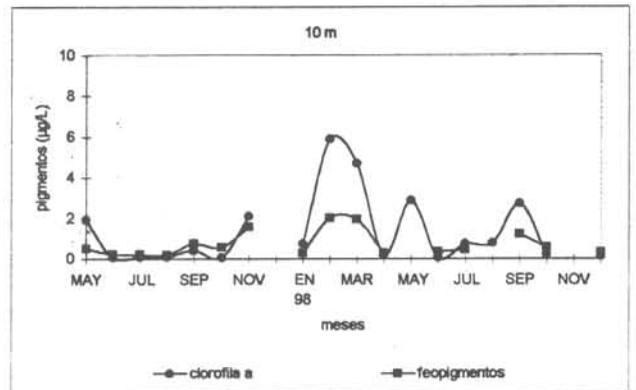
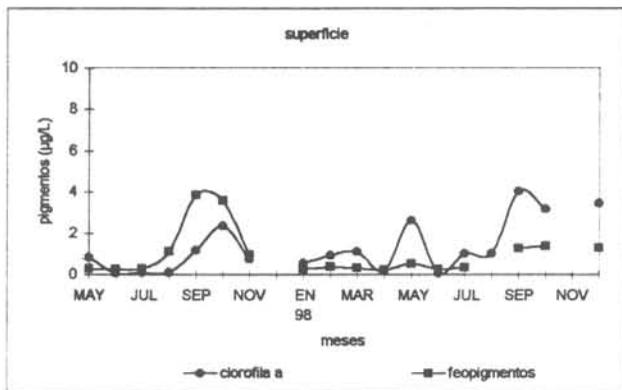


Figura 100. Diagramas de distribución mensual de la clorofila a y los feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), a los niveles superficial, 10, 25 y 50 m, en la estación fija realizada en Mejillones.

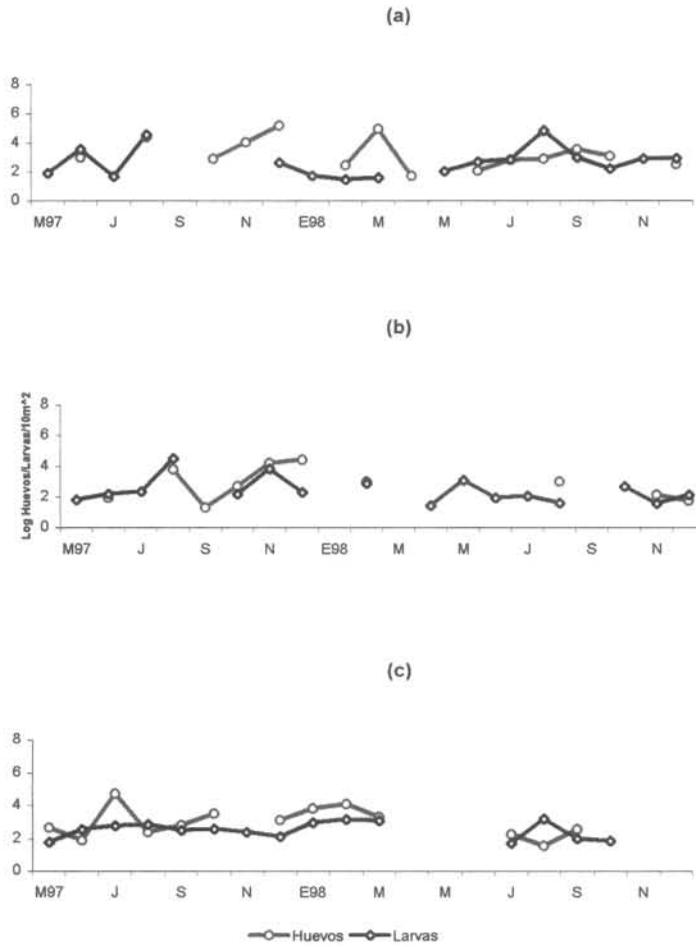


Fig. 101.- Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de anchoveta en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.

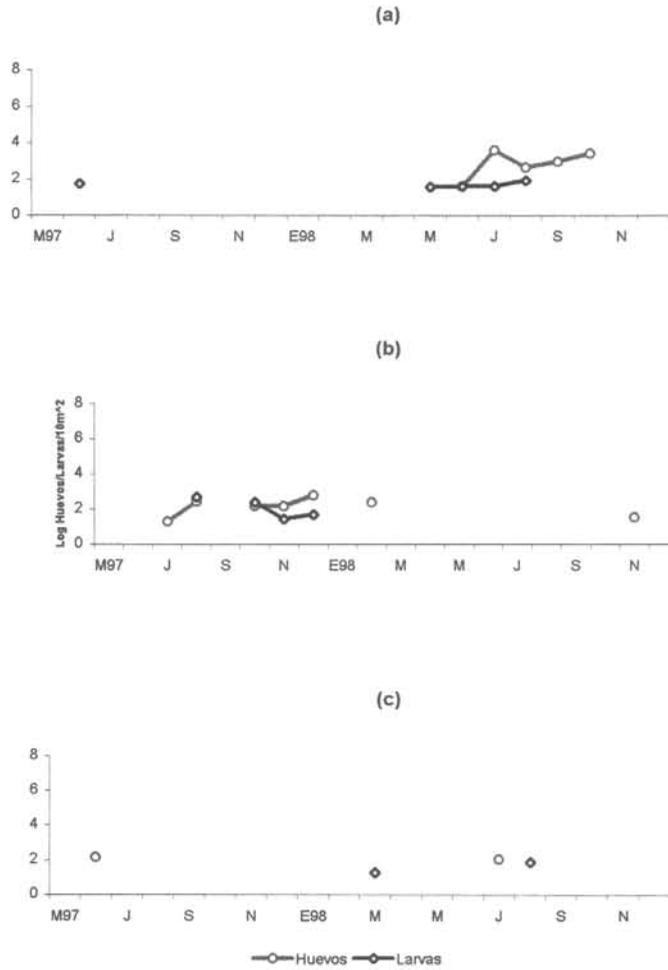


Fig.102.- Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de sardina en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.

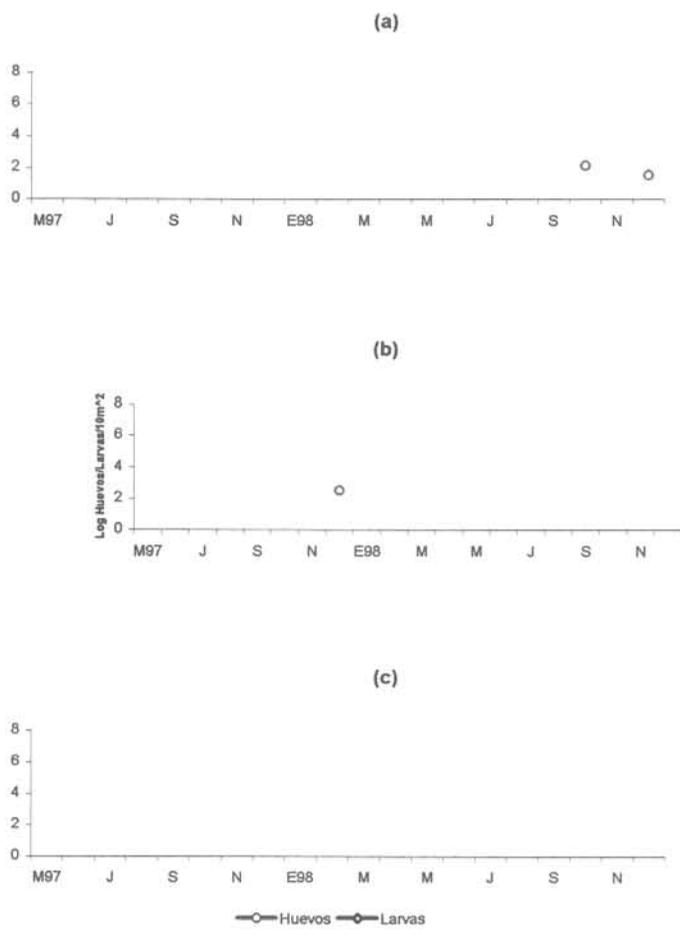


Fig. 103.- Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de jurel en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.

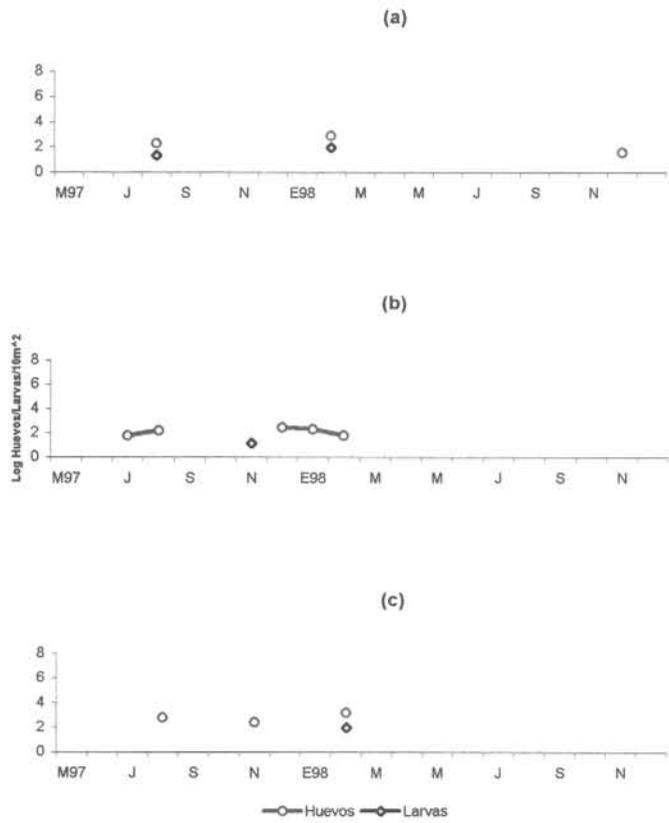


Fig. 104.- Distribución y abundancia temporal de huevos y larvas de caballa en estaciones fijas de (a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.

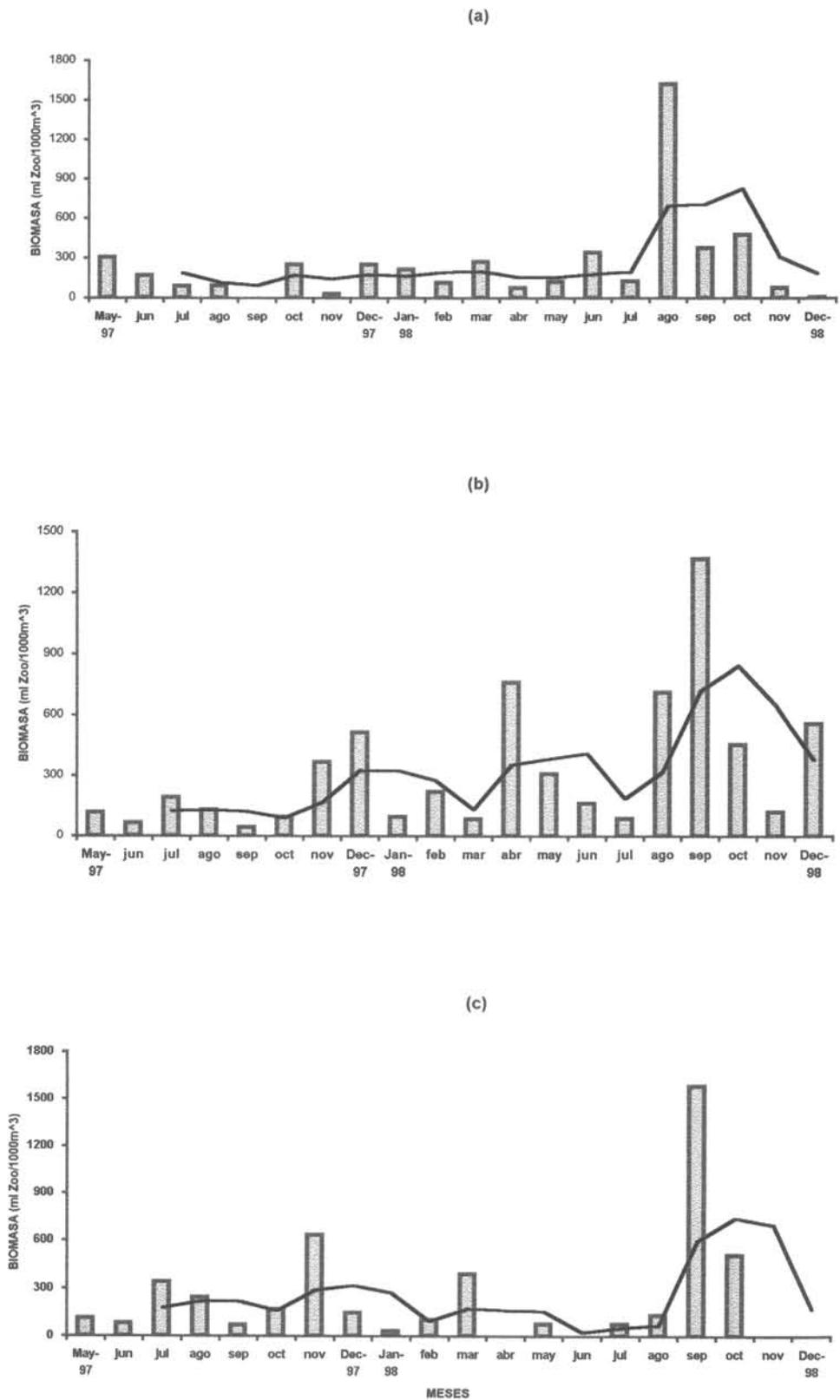


Fig. 105. Distribución y abundancia temporal de la biomasa zooplanctónica en estaciones fijas de(a) Arica, (b) Iquique y (c) Mejillones. Mayo 1997 - Diciembre 1998.

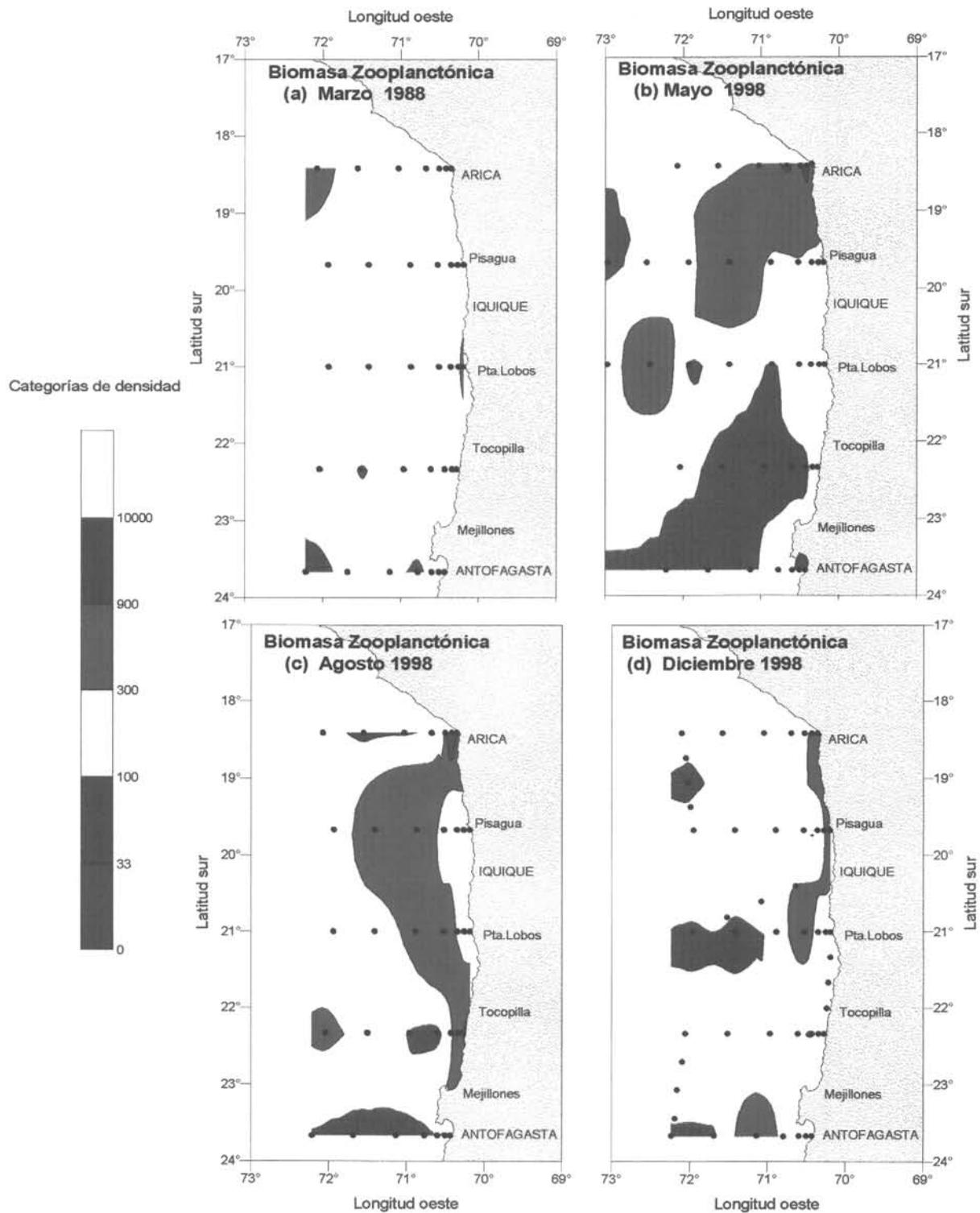


Figura 106.- Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica.. Cruceros trimestrales 1998. (ml de zooplancton/1000m³ de agua filtrada). (a) MOBIO1-9803, (b) MOBIO2-9805, (c) MOBIO3-9808 y (d) MOBIO4-9812.

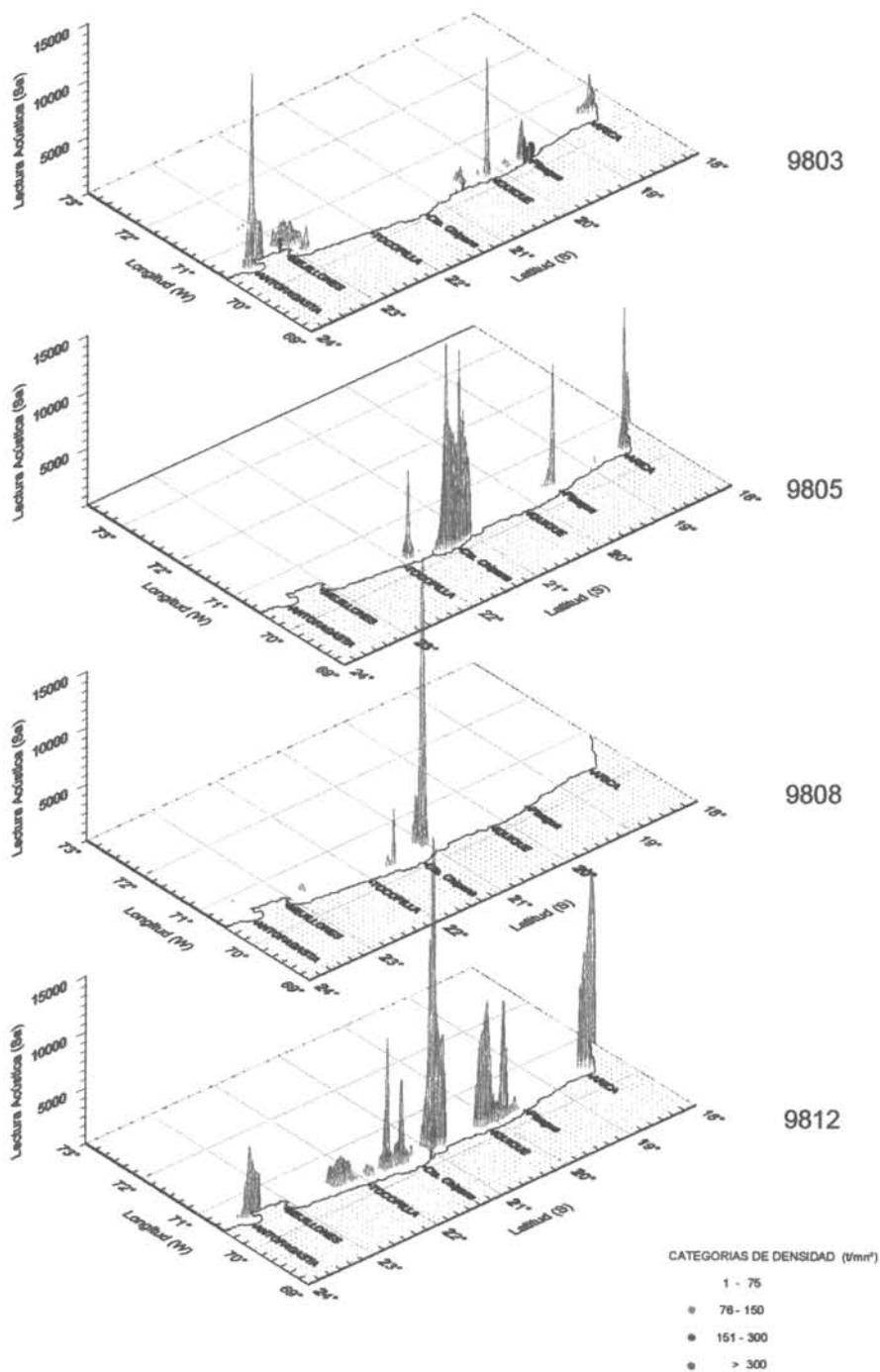


Figura 107. Distribución geográfica de anchoveta en los cruceros de otoño (MOBIO 9803, 9805 F II), invierno (MOBIO 9808) y primavera (MOBIO 9812) de 1998.

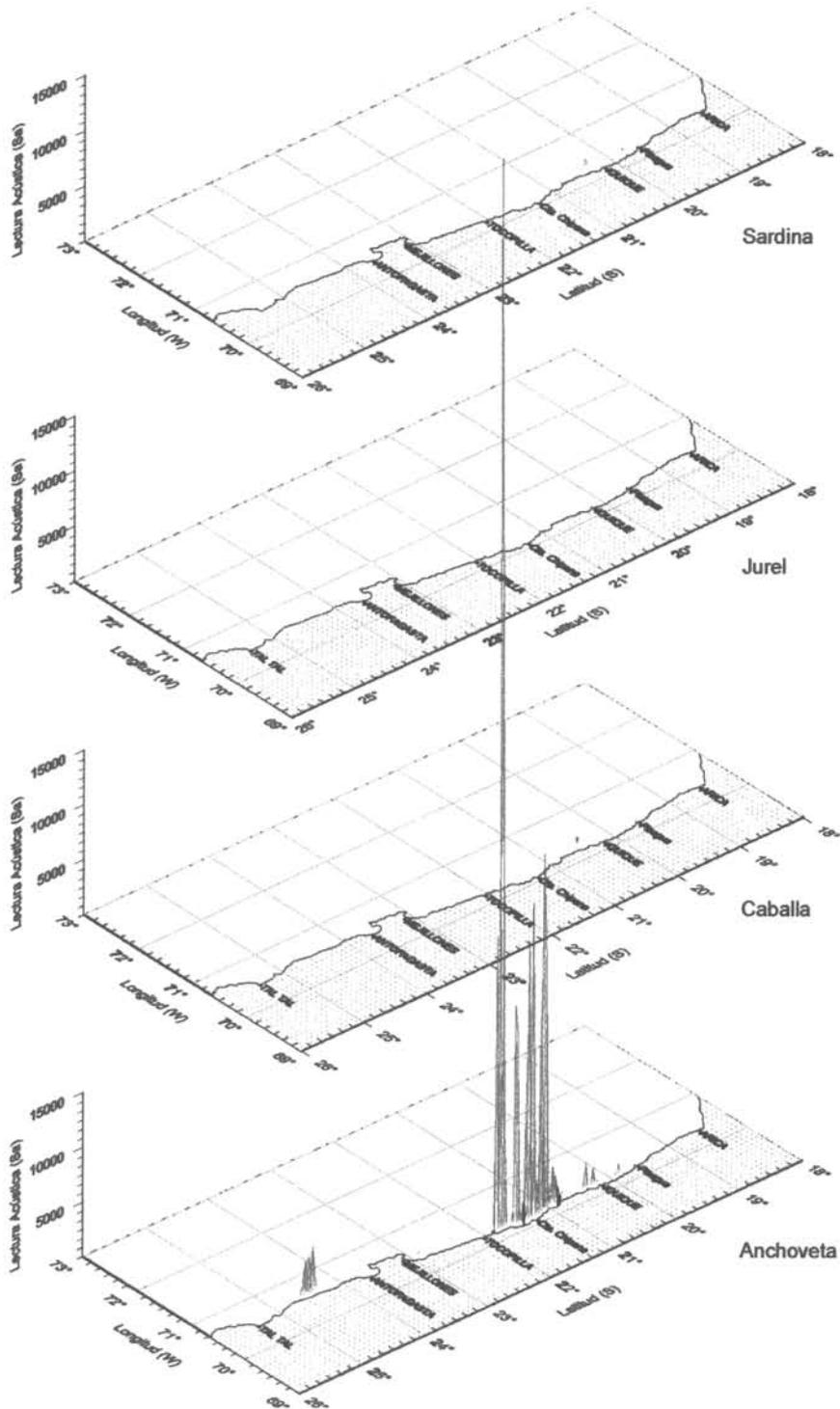


Figura 108. Distribución geográfica de sardina, jurel, caballa y anchoveta durante fines de otoño, Crucero MOBIO 9805 F I.

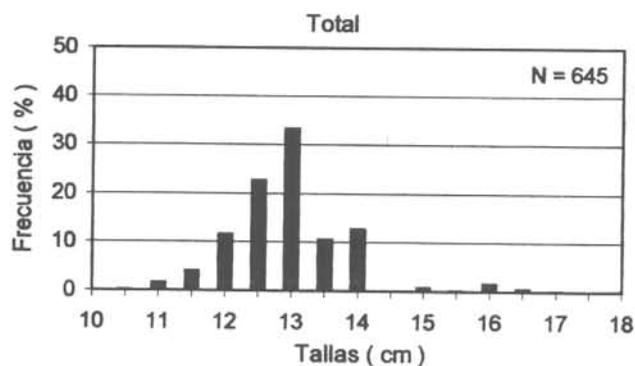
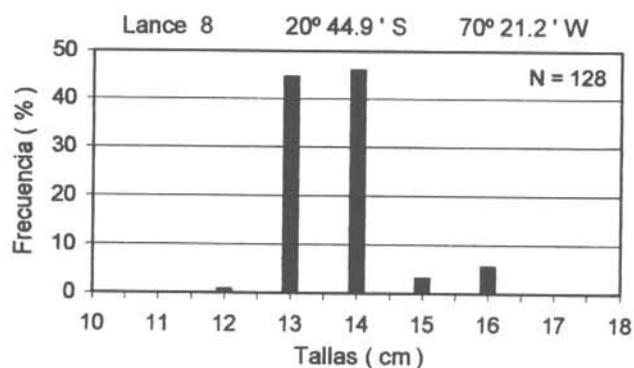
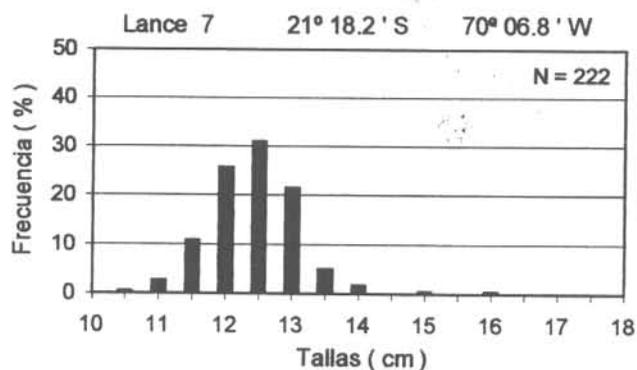
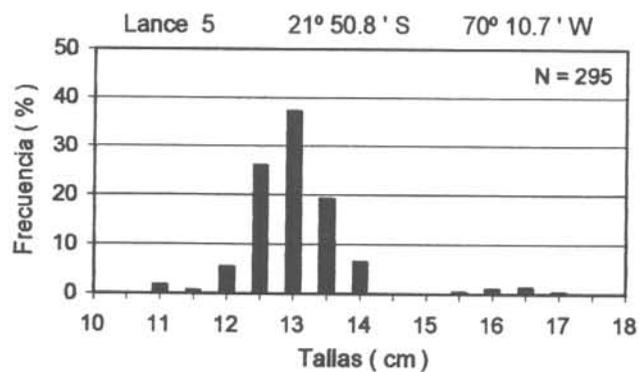
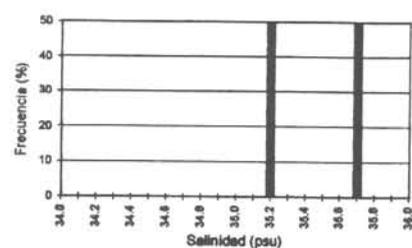
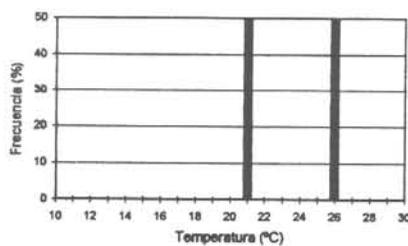
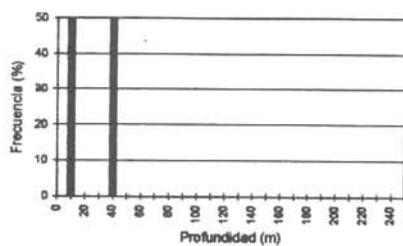
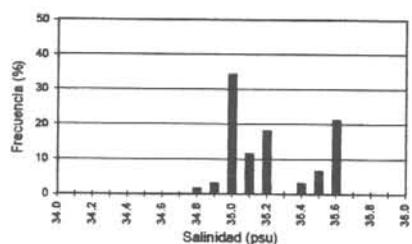
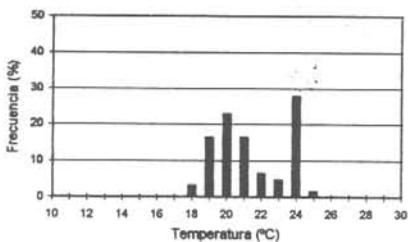
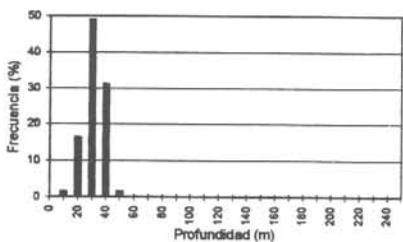


Figura 109. Distribución de tallas de anchoveta por lance y total. Crucero MOBIO 9805 Fase I.

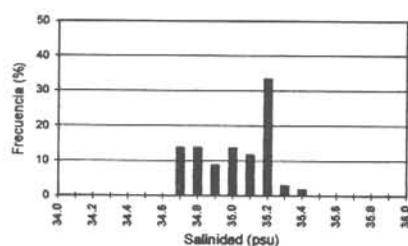
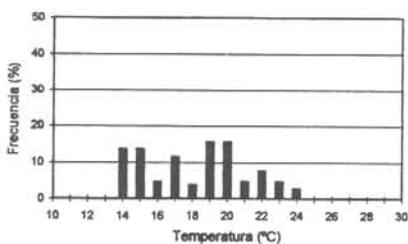
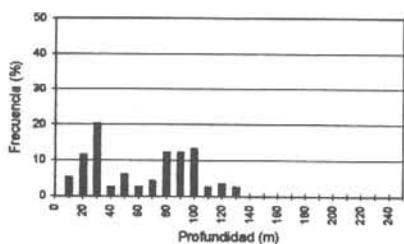
a) Sardina



b) Jurel



c) Anchoqueta



d) Caballa

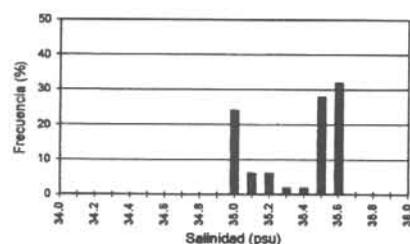
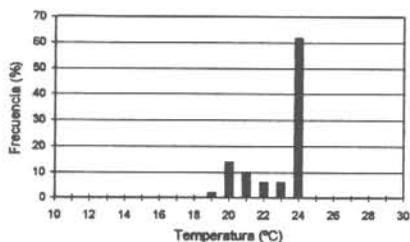
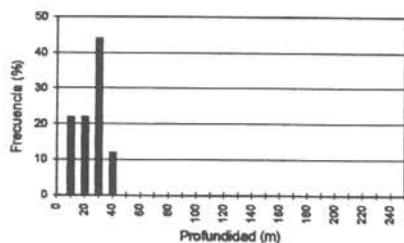
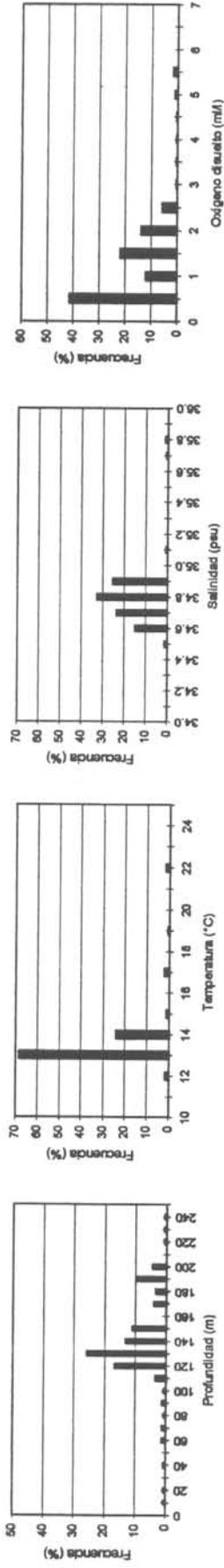
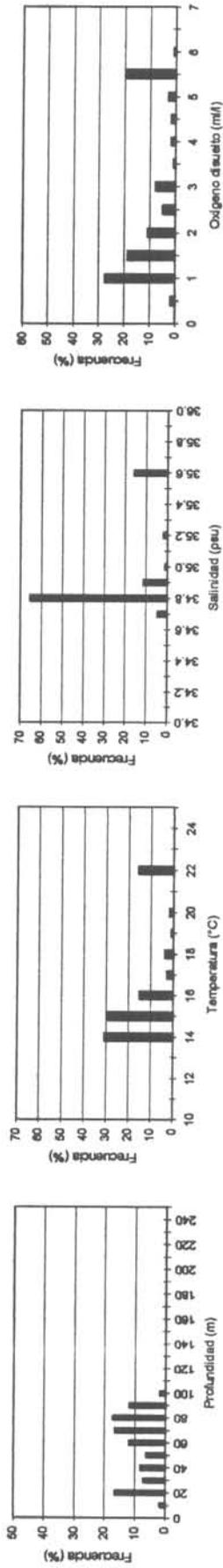


Figura 110. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de sardina, jurel, anchoqueta y caballa como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9805 Fase I.

a) Jurel



b) Anchoveta



c) Caballa

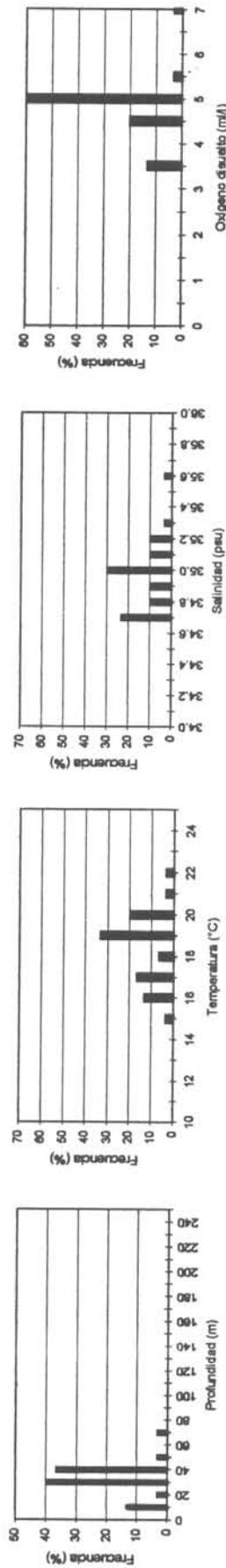
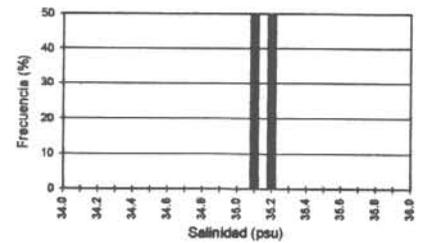
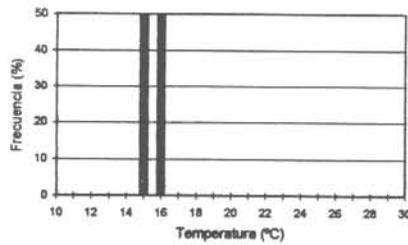
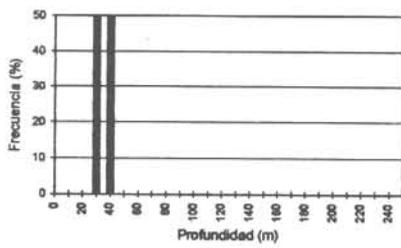
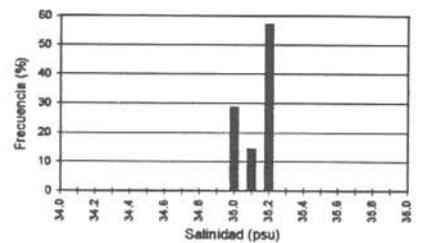
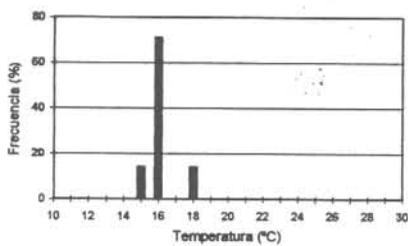
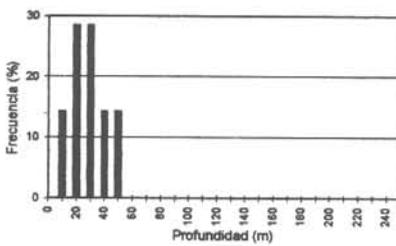


Figura 111. Distribución batimétrica, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto de jurel, anchoveta y caballa como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9805.

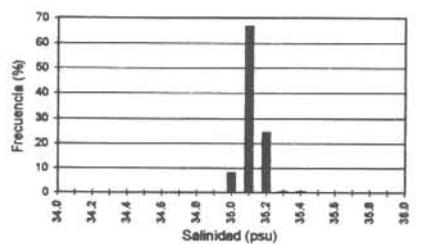
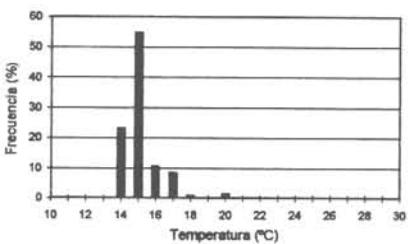
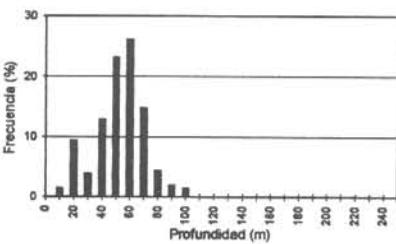
a) Sardina



b) Jurel



c) Anchoqueta



d) Caballa

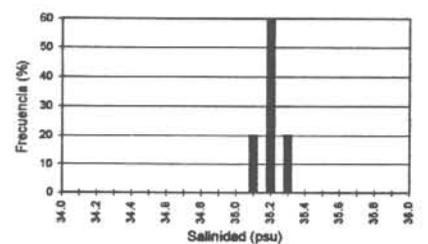
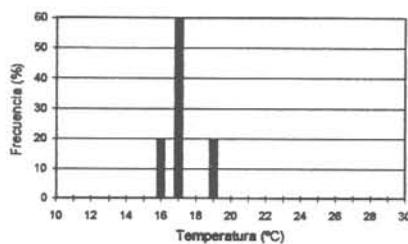
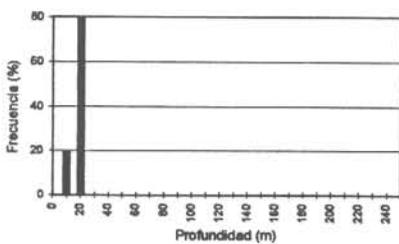


Figura 112. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de sardina, jurel, anchoqueta y caballa como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9805 Fase I.

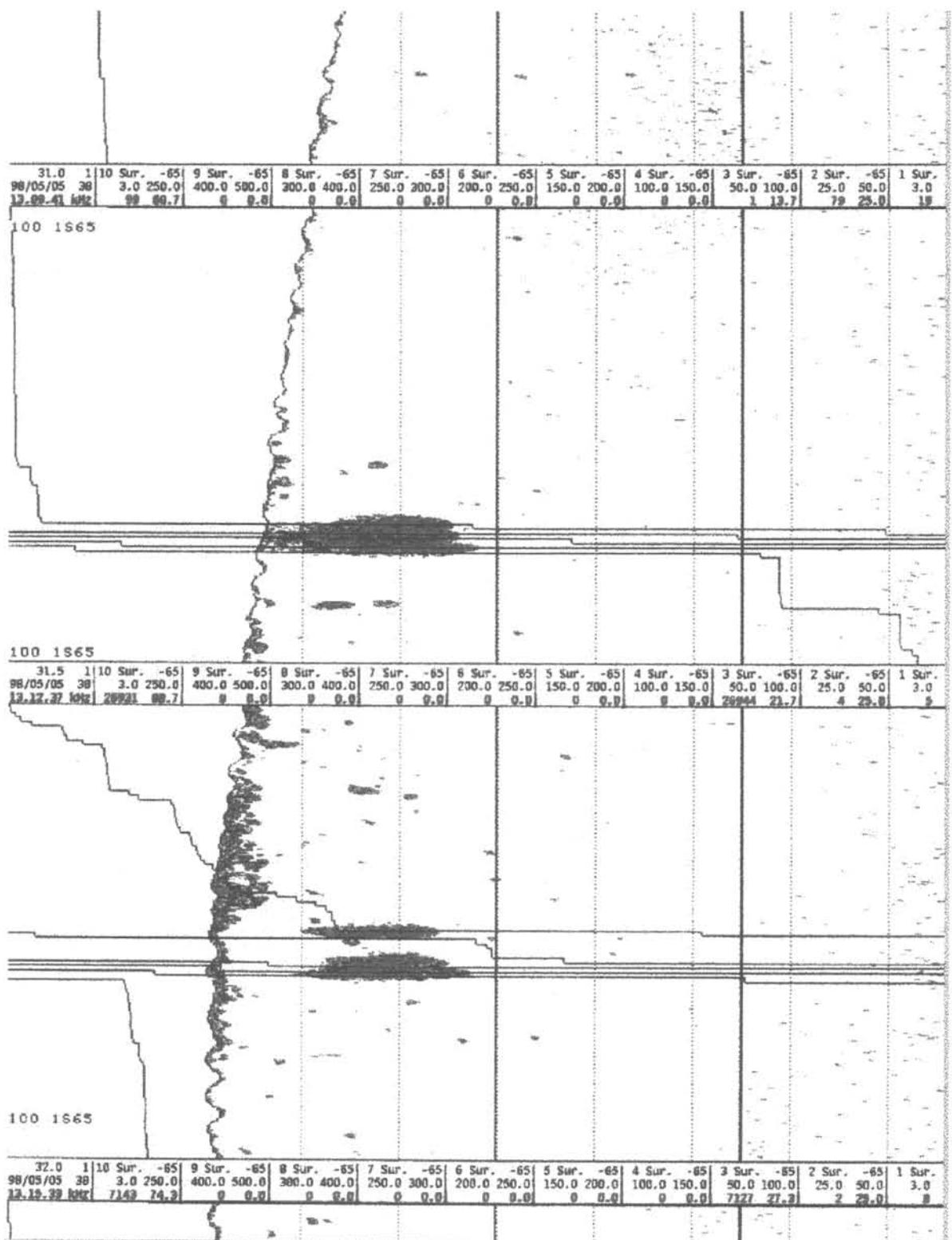


Figura 113. Ecogramas de cardúmenes de anchoveta cercana al fondo. Crucero MOBIO 9805 Fase I.

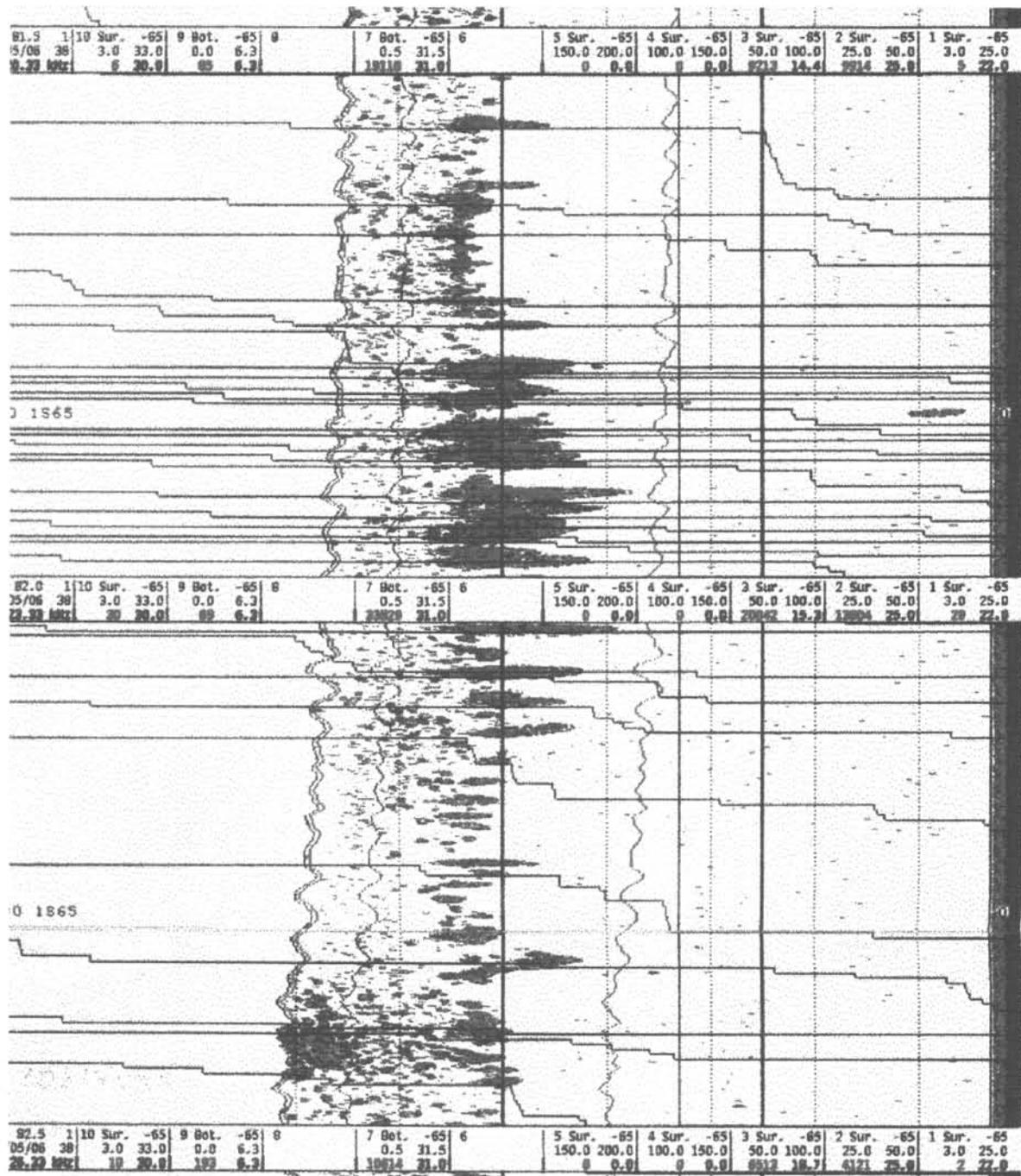


Figura 115. Ecograma de estratos en formación de anchoveta cercana al fondo. Crucero MOBIO 9805 Fase I.

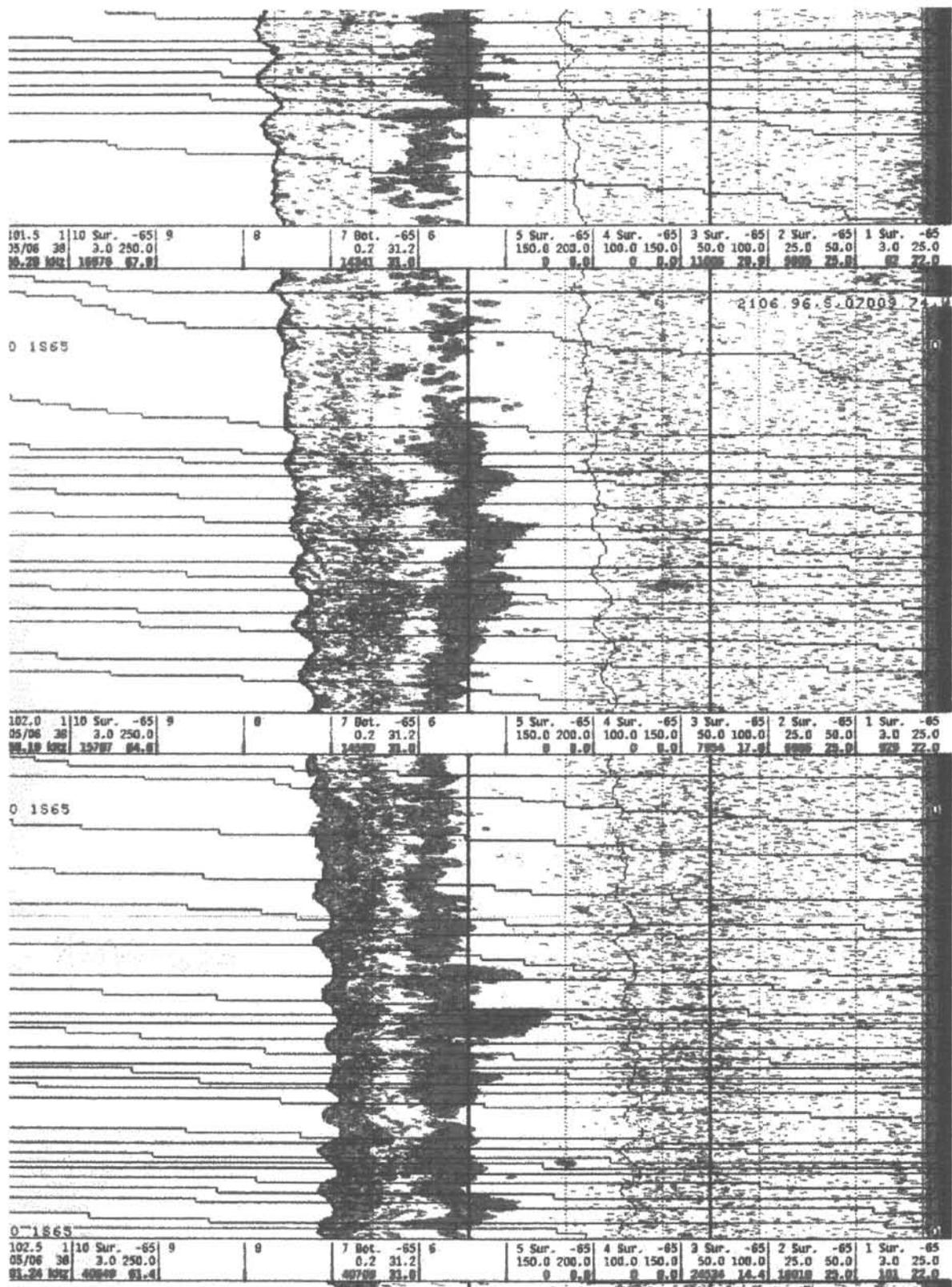
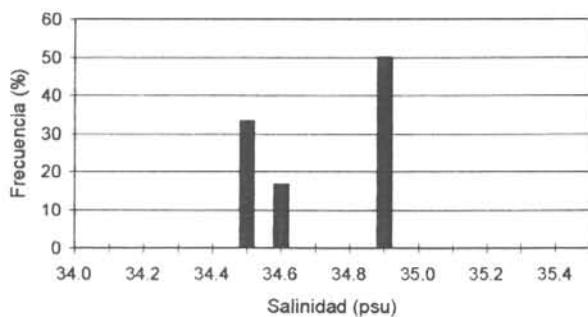
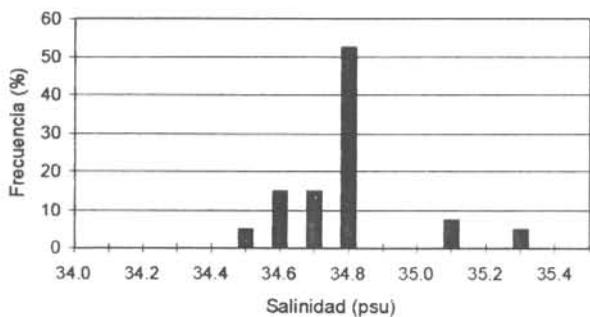
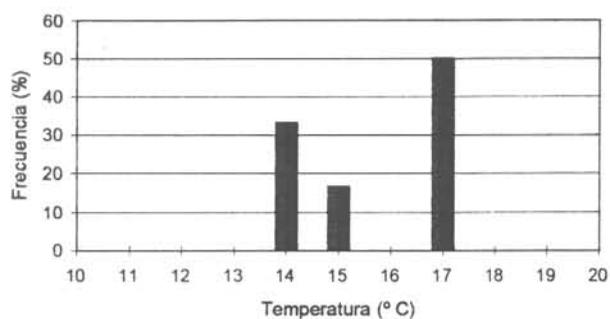
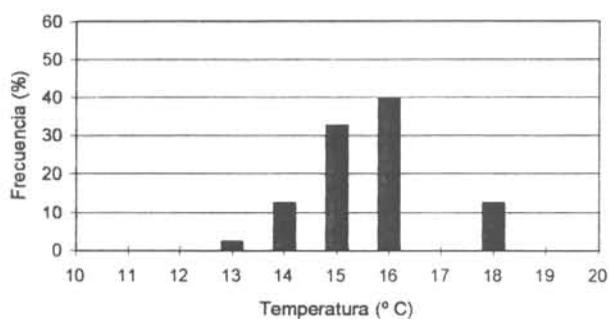
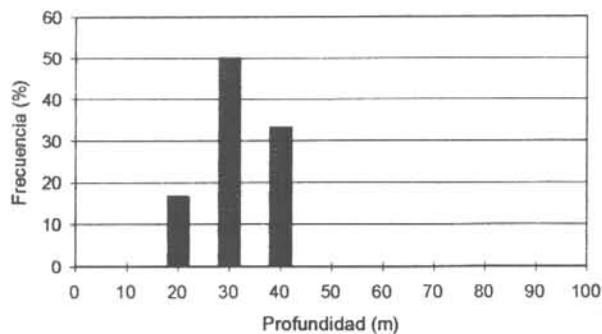
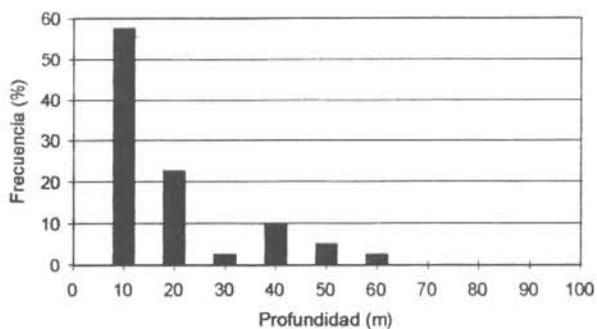


Figura 116. Ecograma de estratos de anchoveta cercana al fondo. Crucero MOBIO 9805 Fase I.

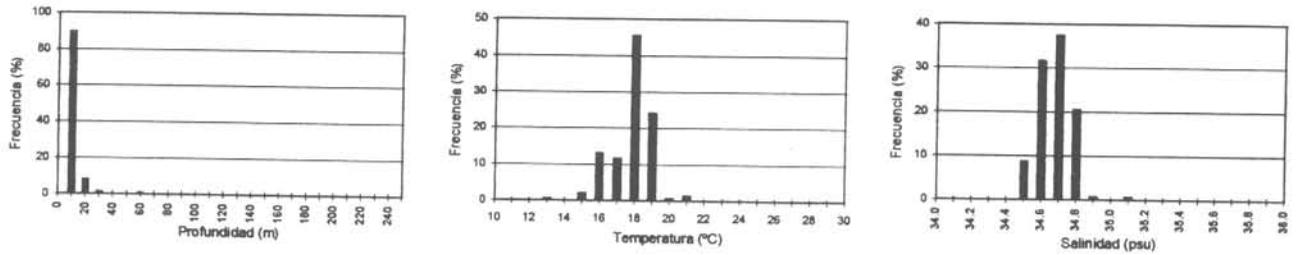


Anchoveta

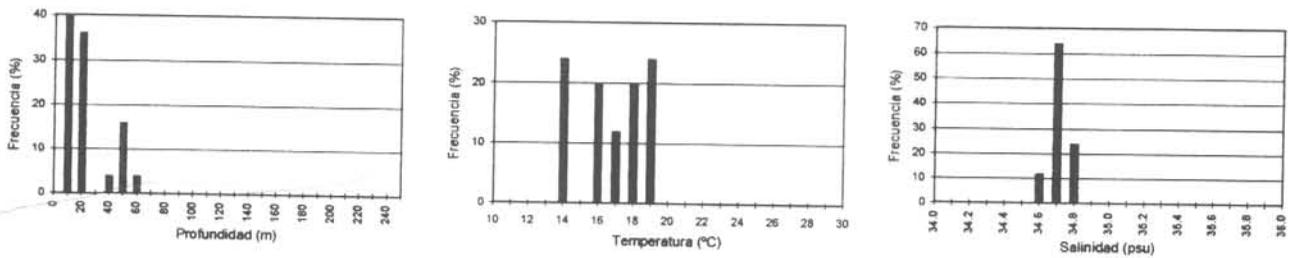
Jurel

Figura 117. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de jurel y anchoveta como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9808.

a) Anchoqueta



b) Bacaladillo



c) Pez linterna

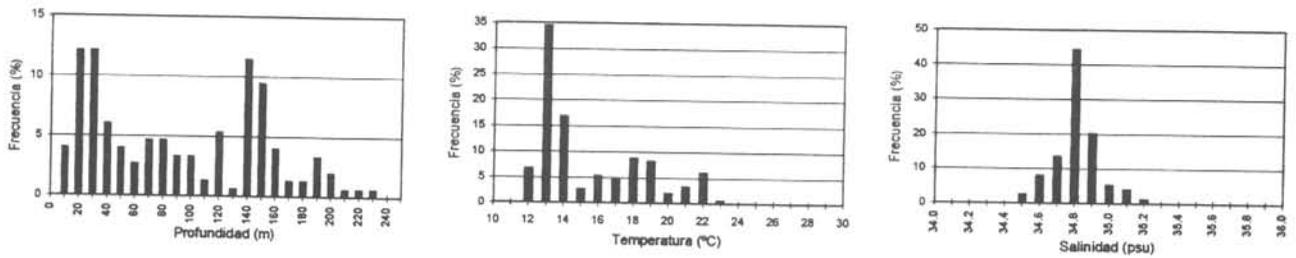
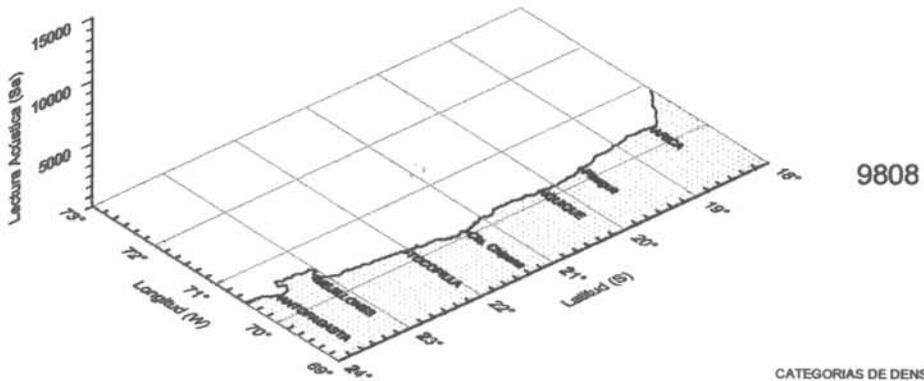
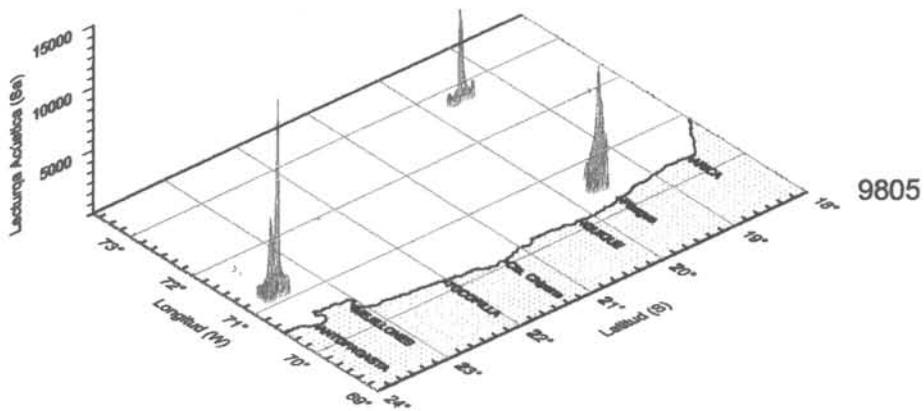
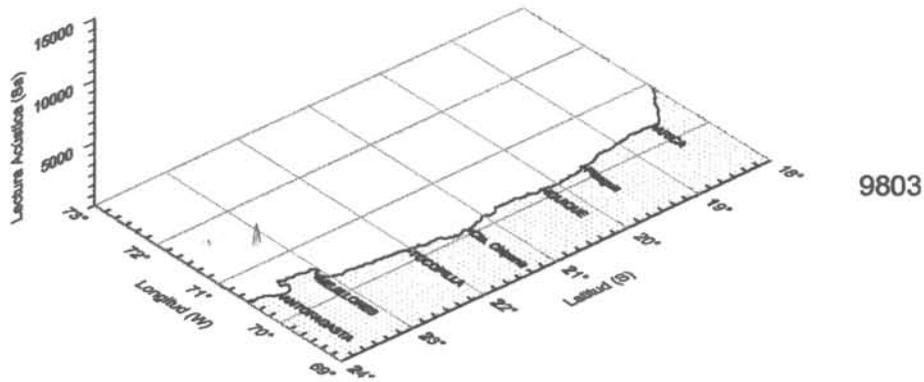


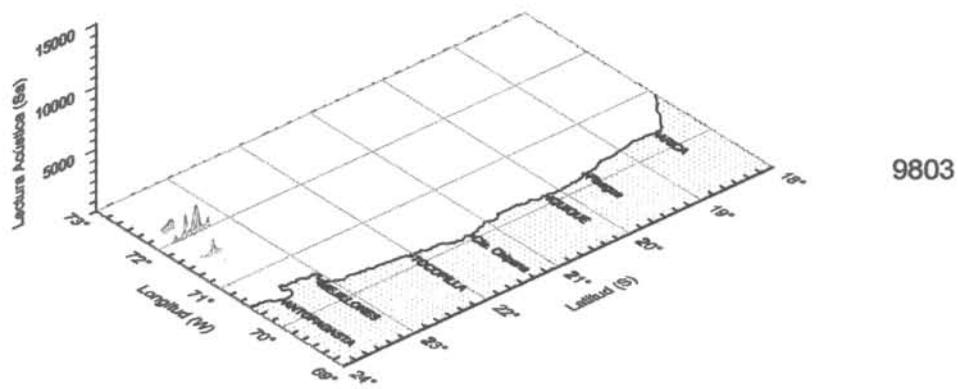
Figura 118. Distribución batimétrica, temperatura y salinidad de anchoqueta, bacaladillo y pez linterna como histogramas de frecuencias, para el crucero MOBIO 9812.



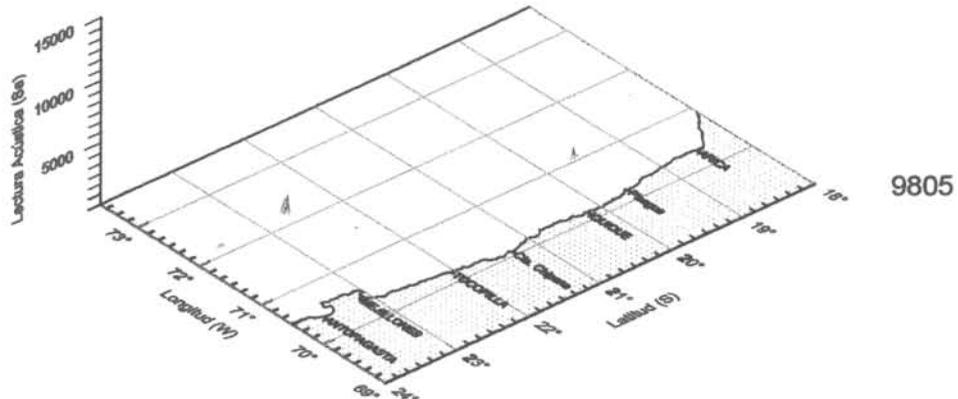
CATEGORIAS DE DENSIDAD (U/m³)

- 1 - 75
- 76 - 150
- 151 - 300
- > 300

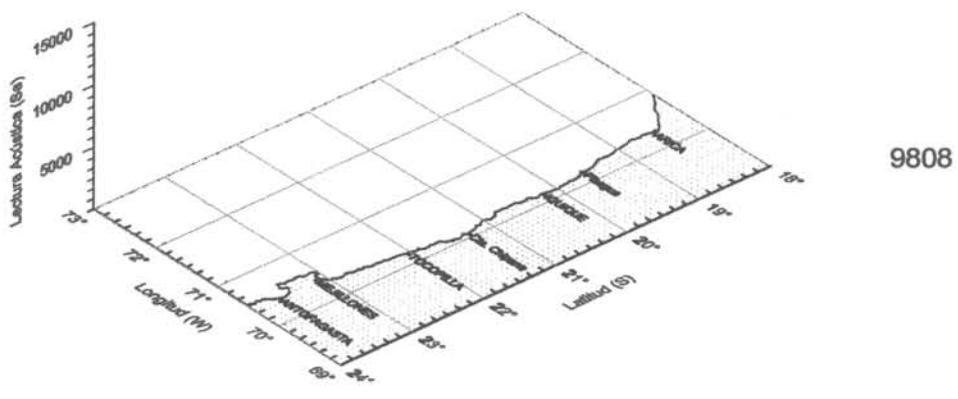
Figura 119. Distribución geográfica de jurel en los cruceros de otoño e invierno de 1998 (MOBIO 9803, 9805 y 9808).



9803



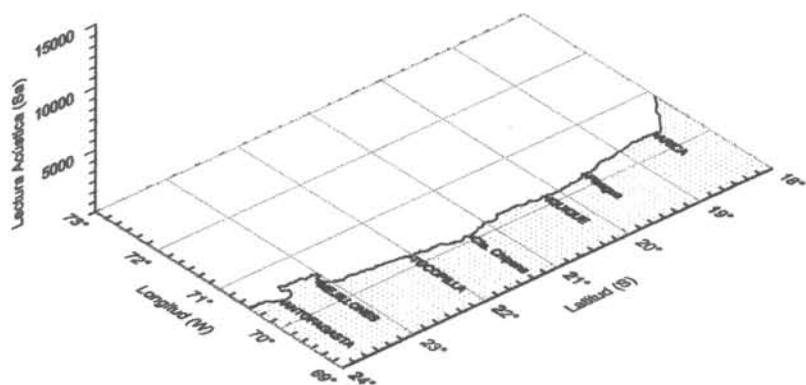
9805



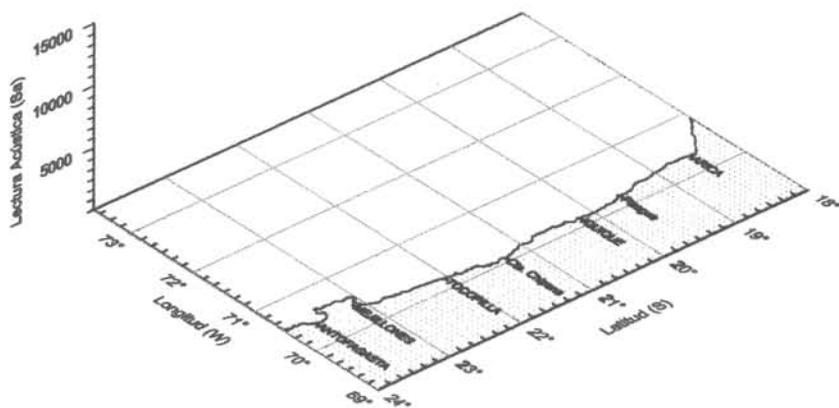
9808

- CATEGORIAS DE DENSIDAD (t/m³)
- 1 - 75
 - 76 - 150
 - 151 - 300
 - > 300

Figura 120. Distribución geográfica de jurel en los cruceros de otoño e invierno de 1998 (MOBIO 9803, 9805 y 9808).



9803



9805

CATEGORIAS DE DENSIDAD (t/m³)

- 1 - 75
- 76 - 150
- 151 - 300
- > 300

Figura 121. Distribución geográfica de sardina en los cruceros de otoño de 1998 (MOBIO 9803, y 9805).

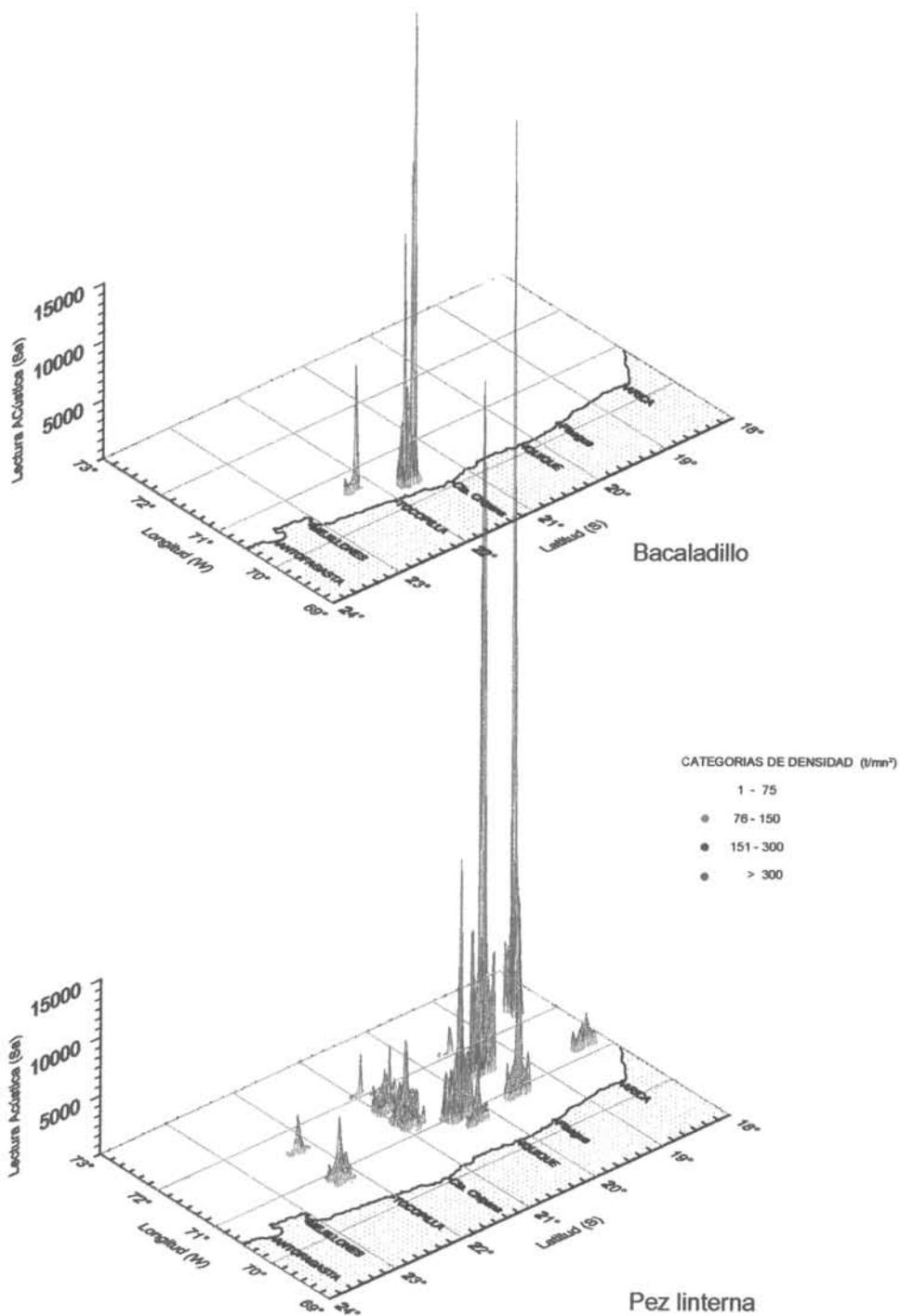


Figura 122. Distribución geográfica de bacaladillo y pez linterna en el crucero de primavera de 1998 (MOBIO 9812).