



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS F I P**

FIP - IT / 2000 - 07

INFORME : ESTIMACION DE LA FUERZA DEL  
FINAL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA  
EN LA I Y II REGIONES. TEMPORADA  
2000-2001

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,  
EJECUTORA DIRECCION ZONAL I Y II REGIONES



---

**INFORME FINAL  
CORREGIDO**

---

**FIP 2000-07**

**Estimación de la fuerza del  
reclutamiento de anchoveta  
en la I y II Regiones.  
Temporada 2000-2001**

• Noviembre, 2001 •



#### **REQUIRENTE**

---

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, CIP  
Presidente del Consejo:  
**Felipe Sandoval Precht**

#### **EJECUTOR**

---

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP  
División Evaluación Pesquerías Nacionales:  
Guillermo Moreno Paredes  
Directora Ejecutiva:  
**Juanita Gana Quiroz**

• Noviembre, 2001 •



## **JEFE DE PROYECTO**

---

**JORGE CASTILLO PIZARRO**

## **AUTORES**

---

*Evaluación acústica de la biomasa, abundancia y distribución espacial de anchoveta en el periodo del reclutamiento. Primavera 2000*

**JORGE CASTILLO  
MARÍA ANGELA BARBIERI  
MARCOS ESPEJO**

*Condiciones hidrográficas de la zona norte durante el reclutamiento de anchoveta. Primavera 2000*

**HERNÁN REYES**

*Biología Pesquera de la anchoveta en la zona norte durante el periodo del reclutamiento. Primavera 2000*

**PATRICIO BARRÍA  
GLORIA ARRIAGADA**

• Noviembre, 2001 •



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

## PERSONAL PARTICIPANTE

### INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

*EVALUACIÓN ACUSTICA  
GEOREFERENCIACION Y  
ANALISIS CONJUNTO*

Jorge Castillo P.  
M. Angela Barbieri B.  
Hernán Miranda P.  
Marcos Espejo V.  
Alvaro Saavedra G.  
Víctor Catasti B.  
Manuel Rojas G.

**BIOLOGÍA PESQUERA**

Patricio Barría M.  
Gloria Arriagada B.  
Carlos Martínez F.  
Antonio Aranís R.  
Alejandro Zuleta V.  
Hernán Rivera P.  
Pablo Sanhueza D.

**OCEANOGRAFIA**

Hernán Reyes R.  
Jorge Osses R.



## I. RESUMEN EJECUTIVO

---

Se presentan los resultados de la evaluación de la biomasa y distribución espacial de la anchoveta y la fracción reclutas mediante técnicas acústicas y las condiciones oceanográficas asociadas, durante la primavera del año 2000.

Los datos básicos para el cumplimiento del objetivo general del proyecto se recolectaron mediante un crucero a bordo del B/I "Abate Molina" entre el 2 y el 23 de diciembre de 2000.

La zona de estudio estuvo comprendida desde Arica (18°22'S) a Taltal (25°25'S) entre la costa y las 10 mn. El área de trabajo originalmente planificada y aprobada en la propuesta técnica, se ubicaba entre Arica y Antofagasta (23°26'S), la que se modificó hasta Taltal debido a información de campo proveniente de pescadores, recolectada durante el crucero, que señalaba la presencia de anchoveta hacia el sur del límite de la prospección. El plan de muestreo acústico se ajustó según la zona de trabajo, así es como entre el límite norte y Antofagasta (23°26'S) se realizaron 66 transectas nocturnas separadas cada 5 mn, 10 mn de longitud. Desde Antofagasta al paralelo 24°50'S se efectuaron 5 transectas separadas por 10 mn y entre el paralelo 24°50'S a Taltal (25°25'S) se llevó a cabo una prospección costera paralela a la costa. El muestreo oceanográfico, se aplicó cada tres transectas acústicas, en estaciones ubicadas sobre el track de navegación a 1, 5 y 10 mn de la costa, completándose 75 estaciones.

En general las condiciones hidrográficas determinadas durante el crucero, son consideradas normales para el periodo, con vientos de intensidad baja (entre 0 y 5 m/s), provenientes del 2° y 3<sup>er</sup> cuadrante; procesos de surgencia costera permanente desde Arica a la Península de Mejillones, con algunos focos de mayor



intensidad; sin anomalías importantes en las variables superficiales temperatura, salinidad ni en la profundidad de la isoterma de 15°C, indicadora de la termoclina.

La información térmica superficial obtenida en el crucero MOBIO 0012, realizado en forma simultánea al crucero RECLAN 0012 y, que abarcó hasta las 100 mn de la costa, indica que en diciembre de 2000, la zona norte de Chile se encontró con condiciones hidrográficas normales. No obstante lo anterior, se observó un levantamiento de la termoclina frente a Arica desde las 40 mn hacia el sector oceánico, situación que podría indicar la presencia en esa zona de una capa de AST levemente más delgada a lo habitual.

A partir de mayo de 2000, se comenzó a observar la normalización de las condiciones oceanográficas en la zona de estudio, luego de la presencia más bien débil de La Niña 1998-2000, con una paulatina disminución de las anomalías de temperatura, hasta quedar actualmente con valores menores a 1°C.

Lo anterior, coincide con los resultados entregados en el Boletín de Alerta Climático de la CPPS de octubre y noviembre, en el que se pronosticó una intensificación del enfriamiento del mar en el Pacífico Ecuatorial para diciembre tanto a nivel superficial como subsuperficial inferior a 1°C.

La zona estuvo bajo un régimen de alta producción biológica, aunque inferiores a las informadas para enero del año 2000 con las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica (i.e. > 7µg/L) en las cercanías de la zona costera, asociadas a los bordes internos de los frentes costeros y a profundidades relativamente mayores.

Se realizaron un total de 65 lances de pesca con red de mediagua, obteniéndose en 36 de ellos capturas de anchoveta (55,4%) y un 47,7 % de reclutas en número. Las tallas variaron entre 6,5 y 19,0 cm, con un promedio en 13,6 cm, la estructura de



tallas fue polimodal con un grupo principal entre los 6,5 y 12,0 cm con una moda principal a los 10,5 cm, correspondiente a reclutas. El peso promedio de los reclutas fue de 7,7 g y del total de ejemplares de 18,7 g.

En el período de estudio y al igual que en cruceros anteriores, se observó una segregación espacial por tamaños de la anchoveta, registrándose presencia de reclutas y adultos en diferentes proporciones en las 9 subzonas que agruparon los lances de pesca y, que mostraron diferencias significativas en las estructuras de tallas, con una tendencia a aumentar el porcentaje de reclutas hacia el sur, registrándose en Arica, Iquique, Antofagasta y Caldera (cercanías de Taltal) un 11,0; 29,3; 16,6 y 61,3%, mientras que las tallas promedio para las mismas zonas se redujeron, siendo 15,6; 11,9; 14,5 y 14,3 cm, respectivamente.

La fracción adulta presentó predominio de las hembras (51,2%) sobre los machos, lo que fue notable a tallas mayores a los 17,0 cm, con un leve predominio entre los rangos 12,0 a 13,0 cm y 15,0 a 15,5; en los rangos de talla intermedia e inferiores hubo un marcado dominio de machos. El 43,5 % de los ejemplares se encontraron en reposo reproductivo (estado 2) y el 17% en desove (estado 5).

La anchoveta se detectó prácticamente en toda la zona de estudio presentando una distribución entre la costa y las 8 mn y, las mayores concentraciones se situaron dentro de las primeras 3 millas. Los mayores niveles de anchoveta se presentaron hacia el sur de Antofagasta, desde las cercanías de Paposo (24°50'S) hasta el norte de Taltal (25°25'S) concentrándose el 58,1% de las lecturas acústicas totales correspondiendo principalmente a reclutas. Las isotermas que limitaron la distribución de anchoveta fluctuaron entre 17° y 18 °C; isohalinas entre 34,4 psu hasta 34,8 psu, oxiclina entre 1 y 2 ml/L y clorofila-a entre 0,1 µg/l y valores superiores 4,5 µg/l.



La biomasa de anchoveta en toda la zona de estudio varió entre 521.571 y 653.136 t, según el método utilizado, obteniéndose el menor estimado con el método de las variables regionalizadas y el mayor con el método Bootstrap. En la zona Arica-Antofagasta se estimó una biomasa entre 356.773 y 359.148 t. La biomasa de anchoveta presentó una clara estratificación espacial concentrándose alrededor del 44 % al sur de Antofagasta.

Entre Arica y Antofagasta, la mayor concentración de anchoveta se presentó entre los paralelos  $21^{\circ} 22,5' S$  a  $23^{\circ} 12,5' S$  (subzona 5), representando un 15,8% del total y un 28% de la zona. Las tallas modales de la biomasa estuvieron entre 11,5 y 13,5 cm.

La proporción de ejemplares de talla igual o menor a 12 cm, considerados como reclutas, fluctuó entre 179.216 y 194.614 t representando entre el 28 y 30% de la biomasa total, según el procedimiento utilizado. En la zona Arica- Antofagasta los reclutas variaron entre 30.973 y 31.152 t . La mayor concentración de juveniles se registró en la subzona 8 ( $23^{\circ} 55,0' S$  a  $25^{\circ} 05,0' S$ ) variando entre 163.463 y 148.243 t, representando sobre el 82% de la biomasa total. En esta subzona, las tallas modales se presentaron en 9 y 11,5 centímetros.

La abundancia total fluctuó entre 42.484 y 44.996 millones de ejemplares, según el método de estimación utilizado. Entre Arica y Antofagasta este estimado varió entre 3.328,4 y 3.347,4 millones de ejemplares. La mayor concentración de la abundancia de anchoveta se presentó en la subzona 8 ( $23^{\circ} 55,0' S$  a  $25^{\circ} 05,0' S$ ) con más del 57% del total.

Los juveniles (menores a 12 cm) fluctuaron entre 24.877,4 y 27.108,6 millones de ejemplares, representando entre un 58,6 y un 60,2 % del total. En la zona Arica-Antofagasta la abundancia de los reclutas varió entre 3.328,4 y 3.347,4 millones de ejemplares, representado alrededor del 21% de la abundancia de la zona. La



mayor concentración de juveniles se registró en la subzona 8, con un 88,3%, representando entre el 86 y el 87% del total estimado.

La biomasa de anchoveta obtenida en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta representó un incremento del 16,3 y 15,0%, respecto a los alcanzados en la misma zona en RECLAN 0001 (enero de 2000) (306.655 t) y RECLAN 9811 (310.108 t) y registró una reducción cercana al 44,9 % y 24,5 % respecto al verano de 1998 (RECLAN 9801) (647.760 t) y a la primavera de 1996 (RECLAN 9611) (472.822 t), respectivamente. En relación al verano de 1996 (RECLAN 9601), en que se registraron 102.010 t, el presente estimado representa un incremento cercano al 250 %. Sin embargo, al considerar la totalidad de la zona, las diferencias se acentúan, constituyéndose en uno de los estimados mayores de la serie, comparable con el registrado en RECLAN 9801. Es así como dicho valor representó un incremento del 106,9 y 104,6% respecto a los cruceros 0001 y 9811 y del 64,4 % en comparación al RECLAN 9611.

La fracción de reclutas de anchoveta (en peso) obtenida en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta (8,7%) constituye uno de los valores menores de la serie 1995-2000, siendo comparable solamente al resultado alcanzado en el verano de 1996 (7,5%). Sin embargo, al considerar la importante fracción de los juveniles que fueron detectados al sur de Antofagasta, la proporción se modifica alcanzando al 28,2%, valor que resulta de ordenes de magnitud comparables a los registrados en la primavera de 1996 (RECLAN 9611) (25,56%); verano de 1998 (RECLAN 9801) (22,6%) y en el verano de 2000 (RECLAN 0001) (34,98%).



## II. INDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO .....	1
II. INDICE GENERAL .....	7
III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS .....	11
IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	21
1. Objetivo general .....	21
2. Objetivos específicos .....	21
V. ANTECEDENTES .....	23
VI. METODOLOGÍA .....	29
1. Zona de estudio y plan de muestreo .....	29
2. Metodología por objetivo .....	30
2.1 Objetivo 2.1 .....	30
2.1.1 Muestreo acústico .....	30
2.1.2 Calibración del sistema acústico .....	32
2.1.3 Identificación de especies .....	37
2.1.4 Procesamiento de la información acústica .....	39
2.1.5 Estimación de la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) .....	39
2.1.6 Estimación de la varianza de la abundancia y biomasa .....	42
2.1.7 Estimación del coeficiente de error (%) y coeficiente de variación (CV) .....	47
2.1.8 Determinación de la estructura de edad en anchoveta .....	47
2.1.9 Relación entre los estimados de biomasa y las capturas .....	50
2.2 Objetivo 2.2 .....	51



2.2.1	Distribución espacial de los recursos .....	51
2.2.2	Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento .....	52
2.2.3	Asociación entre las variables bio-oceanográficas y la anchoveta .....	55
2.2.4	Análisis histórico de la distribución espacial de anchoveta .....	57
2.3	Objetivo 2.3 .....	57
2.3.1	Muestreo de las capturas obtenidas con lances a mediagua .....	58
2.3.2	Estructura de tallas y pesos de la anchoveta .....	62
2.3.3	Indices de ocupación y abundancia relativa .....	68
<b>VII.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
1.	Condiciones meteorológicas e hidrográficas registradas en la zona norte durante diciembre del 2000 (Crucero RECLAN 00012) (Objetivo específico 2.2) .....	71
1.1	Vientos .....	71
1.2	Temperatura .....	72
1.3	Salinidad .....	74
1.4	Densidad .....	75
1.5	Oxígeno .....	76
1.6	Masas de agua .....	77
2.	Biomasa fitoplanctónica en la zona norte durante la primavera del año 2000 .....	79
2.1	Distribución de la biomasa fitoplanctónica superficial .....	79
2.2	Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica .....	81
2.3	Distribución de la biomasa fitoplanctónica en forma paralela a la costa .....	82
2.4	Asociación entre los gradientes térmicos y la biomasa fitoplanctónica .....	84
2.5	Asociaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y la temperatura y la salinidad .....	87



3.	Biología pesquera .....	88
3.1	Resultados de los lances de pesca .....	88
3.2	Determinación de la estructura de tamaños .....	89
3.3	Efectividad de pesca de la red de media agua .....	90
3.4	Determinación de la proporción sexual .....	92
3.5	Determinación de los estados de madurez .....	93
3.6	Determinación de los pesos medios .....	95
4.	Estimación del reclutamiento en peso y número de la anchoveta. Período 2000-2001 (Objetivo 2.1) .....	95
4.1	Estratificación de las estructuras de tallas de anchoveta .....	95
4.2	Calibración del sistema acústico .....	96
4.2.1	Calibración hidroacústica .....	96
4.2.2	Calibración <i>in situ</i> de la intensidad de blanco (TS) de la anchoveta respecto a su longitud .....	97
4.3	Estimación de la abundancia y biomasa de anchoveta .....	98
4.4	Precisión de los estimados de biomasa .....	100
4.5	Abundancia de anchoveta por edad .....	100
4.5.1	Elaboración de la clave edad-talla .....	100
4.5.2	Composición en número por grupo de edad .....	101
4.6	Distribución espacial de los recursos .....	101
4.7	Distribución horizontal de anchoveta y las condiciones bio-oceanográficas .....	103
4.7.1	En relación con la temperatura .....	103
4.7.2	En relación con la salinidad .....	104
4.7.3	En relación con el oxígeno .....	105
4.7.4	En relación con la clorofila-a .....	106
4.8	Distribución de la anchoveta en relación con la termoclina .....	106
4.9	Asociaciones entre la distribución de reclutas y adultos de anchoveta y las condiciones bio-oceanográficas .....	107



4.10	Distribución espacial de la anchoveta en los cruceros de primavera-verano (período 1996-2000) .....	108
4.11	Asociación entre la biomasa de anchoveta y las capturas .....	110
<b>VIII.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>113</b>
1.	Condiciones hidrográficas de la zona norte durante la primavera del año 2000 .....	113
2.	Biomasa fitoplanctónica .....	114
3.	Biología pesquera .....	116
4.	Modelos no lineales en el ajuste de la relación longitud-peso de la anchoveta .....	119
5.	Relación TS-L de anchoveta .....	122
6.	Estimaciones de biomasa y abundancia de anchoveta .....	123
7.	Precisión de los estimados de biomasa .....	126
8.	Modelo predictivo de las capturas en base a los estimados de biomasa .....	128
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>131</b>
<b>X.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>137</b>

**FIGURAS**

**TABLAS**



### III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

---

#### FIGURAS

- Figura 1. a) Track de navegación acústico; b) ubicación de los lances de pesca de media agua y c) posición geográfica de las estaciones oceanográficas. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 2. Ubicación de los lances de pesca de arrastre de media-agua. Con captura y Totales.
- Figura 3. a) intensidad y dirección del viento, b) turbulencia y c) índice de surgencia. Crucero RECLAN 0012
- Figura 4. Distribución superficial de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) anomalía de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 5. Distribución superficial de a) profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$ (m), b) anomalía de profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  (m), c) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) y d) oxígeno disuelto (mL/L). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 6. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 7. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn de la salinidad (psu). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 8. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn de la densidad ( $\sigma\text{-t}$ ). Crucero RECLAN 0012.



- Figura 9. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn del oxígeno disuelto (mL/L). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 10. Diagramas t-s de las estaciones agrupadas por distancia a la costa. Crucero RECLAN 0012.
- Figura 11. Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en transectas perpendiculares a la costa. Crucero RECLAN 0012.
- Figura 12. Distribución vertical de la salinidad (psu) en transectas perpendiculares a la costa. Crucero RECLAN 0012.
- Figura 13. Distribución vertical de la densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) en transectas perpendiculares a la costa. Crucero RECLAN 0012.
- Figura 14. Distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto (mL/L) en transectas perpendiculares a la costa. Crucero RECLAN 0012.
- Figura 15. Distribución superficial de a) clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), b) feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y c) clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ ). Crucero RECLAN, diciembre 2000.
- Figura 16. Distribución batimétrica de la clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia in vivo (UR), transectas 1 a la 13.. Crucero RECLAN, diciembre 2000.
- Figura 17. Distribución batimétrica de la clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia in vivo (UR), transectas 16 a la 28.. Crucero RECLAN, diciembre 2000.
- Figura 18. Distribución batimétrica de la clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia in vivo (UR), transectas 31 a la 43.. Crucero RECLAN, diciembre 2000.



- Figura 19. Distribución batimétrica de la clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia in vivo (UR), transectas 46 a la 58.. Crucero RECLAN, diciembre 2000.
- Figura 20. Distribución batimétrica de la clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia in vivo (UR), transectas 61 a la 71.. Crucero RECLAN, diciembre 2000.
- Figura 21. Distribución paralela a la costa, a 1, 5 y 10 mn, de la clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ). Crucero RECLAN, diciembre 2000.
- Figura 22. Distribución paralela a la costa, a 1, 5 y 10 mn, de los feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ). Crucero RECLAN, diciembre 2000.
- Figura 23. Distribución horizontal de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 1 a la 22. Crucero RECLAN , diciembre 2000.
- Figura 24. Distribución horizontal de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 28 a la 46. Crucero RECLAN , diciembre 2000.
- Figura 25. Distribución horizontal de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 49 a la 69. Crucero RECLAN , diciembre 2000.
- Figura 26. Distribución horizontal de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la fluorescencia *in vivo* (UR), transecta 71. Crucero RECLAN , diciembre 2000.
- Figura 27. Diagrama de las relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y el gradiente de temperatura ( $^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ ). Crucero RECLAN diciembre 2000.
- Figura 28. Diagramas del gradiente de temperatura ( $^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ ), clorofila a , integrada y superficial. Crucero RECLAN diciembre 2000.
- Figura 29. Diagrama de las relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica, el campo térmico y el salino. Crucero RECLAN diciembre 2000.



- Figura 30. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN 0012 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).
- Figura 31. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN 0012 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).
- Figura 32. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN 0012 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).
- Figura 33. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN 0012 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).
- Figura 34. Distribución de frecuencia de longitud (A: absoluta k y B: en porcentaje) de anchoveta ponderada por la captura provenientes de ejemplares capturados con red de media-agua en el Crucero RECLAN 0012 (fracción recluta  $\leq 12,0$  cm)..
- Figura 35. Proporción sexual de las anchovetas capturadas durante el Crucero RECLAN0012.
- Figura 36. Estados de madurez por sexo y zonas de pesca de anchoveta capturada en el Crucero RECLAN0012.
- Figura 37. Pesos promedio empíricos a la talla de anchoveta obtenidos con red de media-agua por zonas en el Crucero RECLAN0012.
- Figura 38. Resultados de los parámetros "a y b" de la relación longitud-peso de anchoveta, calculada en forma lineal por zona de pesca en el Crucero Reclan 0012.



- Figura 39. Estructura de tallas de anchoveta de los lances de pesca agrupadas por subzona.
- Figura 40. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 41. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 42. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 27, 28, 33 y 38). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 43. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 44. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lance). Crucero RECLAN 0012.
- Figura 45. Relación funcional de la intensidad de blanco (TS) y la intensidad de blanco por kilo con la talla (L) de anchoveta.
- Figura 46. Biomasa en peso (t) y abundancia en número (millones de ejemplares) de anchoveta por talla según el método de los estratos. Crucero RECLAN 0012.
- Figura 47. Distribución espacial de la biomasa de anchoveta y langostino. Crucero RECLAN 0012.
- Figura 48. Distribución espacial de la biomasa de jurel y total de especies. Crucero RECLAN 0012.



- Figura 49. Distribución batimétrica de (m), temperatura ( $^{\circ}$  C), salinidad (psu) y oxígeno disuelto (ml/l) para anchoveta. Crucero RECLAN 0012
- Figura 50. Distribución espacial de temperatura y salinidad en superficie y 11 m.
- Figura 51. Distribución espacial de oxígeno disuelto y clorofila-a en superficie y 11 m.
- Figura 52. Histogramas de las variables oceanográficas límites de la distribución de anchoveta, a superficie y 11 m.
- Figura 53. Señal latitudinal de la densidad acústica ( $S_a$ ) respecto a las variables oceanográficas ( $T^{\circ}$ ,  $S^{\circ}/_{\infty}$ ,  $O_2$  y Cloa) en la capa superficial.
- Figura 54. Señal latitudinal de la densidad acústica ( $S_a$ ) respecto a las variables oceanográficas ( $T^{\circ}$ ,  $S^{\circ}/_{\infty}$ ,  $O_2$  y Cloa) a 11 m.
- Figura 55. Distribución batimétrica de anchoveta respecto a la gradiente de temperatura.
- Figura 56. Distribución espacial de (a) reclutas y (b) adultos de anchoveta en la zona norte de Chile. Cruceros 9601, 9611, 9801, 9811, 0001 y 0012.
- Figura 57. Ubicación de los centros de gravedad de las distribuciones espaciales de (a) reclutas y (b) adultos de anchoveta en los cruceros 9601, 9611, 9801, 9811, 0001 y 0012.
- Figura 58. Relación funcional entre la biomasa de anchoveta en primavera-verano y las capturas de la temporada de pesca siguiente. Los datos (\*) corresponden a cruceros de verano realizados a principio de año en que se consideró la captura. Se descartaron de la relación funcional ajustada los datos 85/86, 86/87, 97/98 y 98/99. En el gráfico (A) se ajustó la relación  $C=841,29 \text{ Log}(\text{Bio})-854,211 (r^2 = 0,688, n=7)$ . En (B) se actualizó la relación con la prospección del verano del 2000



(RECLAN 0001), la ecuación ajustada fue  $C=773,72 \text{ Log}(\text{Bio})-725,85$  ( $r^2=0,667$ ,  $n=8$ ). año despues.

- Figura 59. Índice gonadasomático de anchoveta desde los años 1996 a 2000, por zona de pesca en forma mensual.
- Figura 60. Índice gonadosomático de anchoveta desde los años 1996 a 2000 para la zona norte del país
- Figura 61. Índice gonadosomático por zona de las hembras capturadas con red de media-agua en el Crucero Reclan 0012.
- Figura 62. Porcentaje de reclutas provenientes de las capturas de anchoveta por mes y año en la zona Arica-Antofagasta.
- Figura 63. Presencia de juveniles de anchoveta en las capturas mensuales de la zona norte por mes y año.
- Figura 64. Estimados de biomasa (A) y abundancia (B) de anchoveta total y reclutas por año. Se indica el porcentaje de reclutas y la línea de tendencia de promedio móvil.



## TABLAS

- Tabla 1. Categorías por densidad.
- Tabla 2. Biomasa fitoplanctónica discreta e integrada y el gradiente térmico por transecta.
- Tabla 3. Distribución porcentual del gradiente térmico por rango y transecta.
- Tabla 4. Resumen de operación por lance de pesca en el crucero RECLAN0012.
- Tabla 5. Resumen de ocurrencia de ejemplares reclutas y comparación de pesos y tallas promedio para los ejemplares de anchoveta capturados con red de media-agua.
- Tabla 6. Pesos promedios (g) de anchoveta obtenidos por zona de pesca en el crucero RECLAN0012 y comparación con cruceros anteriores.
- Tabla 7. Estimación de parámetros de la relación longitud-peso por zona de pesca y total de la zona de estudio. Crucero RECLAN0012.
- Tabla 8. Límites de latitudinales de las subzonas en que se agruparon las estructuras de tallas de anchoveta.
- Tabla 9. Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de anchoveta, agrupadas por zona.
- Tabla 10. Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de anchoveta, agrupadas por lance para cada zona.
- Tabla 11. Resultados de la calibración del sistema de eointegración. Crucero RECLAN 0012.



- Tabla 12. Resultados de las calibraciones electroacústicas históricas del sistema EK-500 del B/I Abate Molina para la frecuencia de 38 KHz, por longitudes de pulso (ms).
- Tabla 13. Valores de  $TS_{mo}$  seleccionados y ajustados con el método del sistema EK-500 del B/I Abate Molina para la frecuencia de 38 KHz, por longitudes de pulso (ms).
- Tabla 14. Análisis de varianza de la regresión  $TS=20,74\text{Log}(L)-74,291$ .
- Tabla 15. Número de cuadrículas ocupadas e Índices de Cobertura de anchoveta por categorías de densidad.
- Tabla 16. Estimados de biomasa (toneladas) de anchoveta por subzona y tallas, según el método de Hansen y Wolter. Crucero RECLAN 0012.
- Tabla 17. Estimados de biomasa (toneladas) de anchoveta por subzona y tallas, según el método Bootstrap. Crucero RECLAN 0012.
- Tabla 18. Estimados de biomasa (toneladas) de anchoveta por subzona y tallas, según el método las variables regionalizadas. Crucero RECLAN 0012.
- Tabla 19. Estimados de abundancia (millones de ejemplares) de anchoveta por subzona y tallas, según el método de Hansen y Wolter. Crucero RECLAN 0012.
- Tabla 20. Estimados de abundancia (millones de ejemplares) de anchoveta (t) por subzona y talla según el método Bootstrap.
- Tabla 21. Estimados de abundancia (millones de ejemplares) de anchoveta (t) por subzona y talla según el método de las variables regionalizadas.
- Tabla 22. Varianzas de la abundancia y biomasa de anchoveta por talla, según el método utilizado. Crucero RECLAN 0012.



- Tabla 23. Clave talla-edad en las capturas de anchoveta. Crucero RELAN 0012.
- Tabla 24. Composición en número por grupo de edad en la captura de anchoveta. Crucero RECLAN 0012.
- Tabla 25. Coeficientes de Cramer de las cartografías de anchoveta respecto de las variables ambientales, por áreas seleccionadas.
- Tabla 26. Area de distribución en  $\text{mn}^2$  de reclutas y adultos de anchoveta por crucero.
- Tabla 27. Varianzas de la abundancia y biomasa de anchoveta según el método Geoestadístico, por talla y zonas. Crucero RECLAN 0012.
- Tabla 28. Análisis de varianza de las regresiones  $C=773,708 \text{ Log}(\text{BIO})-725,85$  y  $C=841,305 \text{ Log}(\text{BIO}) - 854,208$



## IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO

---

### 1. Objetivo general

Evaluar y caracterizar el proceso de reclutamiento del recurso anchoveta en la I y II Regiones, durante el período 2000- 2001.

### 2. Objetivos específicos

- 2.1 Cuantificar, mediante métodos hidroacústicos, la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) del reclutamiento de anchoveta, durante el período de máxima intensidad del proceso 2000-2001, en la zona de estudio.
- 2.2 Determinar las áreas de reclutamiento principales y analizar espacio-temporalmente la distribución y abundancia de reclutas, caracterizando su asociación con las condiciones bio-oceanográficas predominantes.
- 2.3 Determinar la estructura de tallas y los pesos medios de las categorías de talla de la anchoveta en la zona de estudio, especialmente en los núcleos de abundancia del recurso, y estimar índices de densidad relativa juveniles/adultos.



## V. ANTECEDENTES

---

A partir de 1986, la anchoveta en la zona norte ha aumentado su importancia relativa en la pesquería pelágica llegando a constituirse en 1995 en la principal especie con más del 85% de participación en los desembarques.

La anchoveta es un recurso que presenta fuertes variaciones en su abundancia, estas variaciones se explican principalmente por cambios en el reclutamiento, debido a que es una especie de vida corta y el reclutamiento constituye el 51% de la biomasa del stock (Barría, 1995).

Al respecto, es importante destacar que el reclutamiento es un proceso complejo en animales con estadios de desarrollo planctónicos, ante lo cual, no se debe esperar que un sólo factor afecte los primeros estadios de desarrollo y domine el proceso completo de sobrevivencia desde huevo hasta el reclutamiento, puesto que la viabilidad de los individuos está asociado a factores poblacionales intrínsecos y extrínsecos. La explotación pesquera ha acentuado los cambios interanuales de abundancia debido a que merma el stock adulto, lo cual disminuye el efecto amortiguador de las variaciones del reclutamiento.

Actualmente, el stock de anchoveta se encuentra en sobre-explotación y hay evidencias de importantes descensos del reclutamiento (Barría, 1996 y 1997). Estos antecedentes se han confirmado durante 1996 por una reducción significativa de un 50 % de las capturas de anchoveta en la Zona norte de Chile y desde 1994 a 1998 a disminuido por un factor de seis el desembarque total anual del recurso.

El proceso de reclutamiento se inicia al momento mismo del desove y culmina cuando los peces alcanzan la talla juvenil que los incorpora a la pesquería, de allí su alta dependencia de factores como el éxito del desove y la viabilidad de



sobrevivencia de las larvas, dependiente a su vez de la disponibilidad de alimento y de las condiciones oceanográficas físicas, que pueden alterar la estabilidad de las masas de agua. El problema del reclutamiento y en particular la fortaleza de la clase anual es un tema que se ha estudiado en la anchoveta de la corriente de California (Blaxter y Hunter, 1980). En dicho stock se ha analizado la fecundidad de la anchoveta y en particular el número de tandas que se producen durante la época reproductiva (Hunter y Golberg, 1982), lo cual es un dato importante en la estimación de la producción anual de huevos.

En todas las especies de clupeidos se produce una alta mortalidad de huevos y larvas durante el primer año de vida (Blaxter y Hunter, 1980; Pitcher y Hart, 1982; Smith, 1985); la cual se atribuye a procesos biológicos tales como canibalismo (Hunter y Kimbell, 1980) y físicos (Alheit y Bernal, 1993; Bakun y Parrish, 1980; Duncombe *et al.*, 1992; Parrish y Mac Call, 1978; Roy *et al.*, 1992). La intensidad de la mortalidad natural determina la fuerza del reclutamiento. Al respecto existen actualmente varias teorías siendo la hipótesis de Lasker (1978) la más difundida y apropiada a la anchoveta, situación que define la producción biológica del stock (Lasker, 1985).

Las estimaciones de reclutamiento de anchoveta se han realizado mediante el ASP "Análisis Secuencial de Poblaciones" (Barría, 1989, 1990, 1995, 1996; GTE 1992, 1993, 1994). A partir de 1995 se han aplicado, en forma sistemática, métodos acústicos para evaluar la biomasa en el período en que la población está compuesta principalmente por peces que han alcanzado la talla adecuada para incorporarse a la pesquería, estimándose de este modo el nuevo contingente que compone la fracción susceptible de ser explotada, utilizándose como un índice para sintonizar los valores de la biomasa obtenidos con el ASP.

Biológicamente, la anchoveta presente en la costa del Pacífico Sur se caracteriza por su corta vida (alrededor de 5 años), con un importante potencial reproductivo con



desoves fraccionados durante todo el año centrados principalmente entre julio y septiembre, reclutándose a la pesquería aquellos ejemplares con longitud total entre 6 y 12 cm en las estaciones cálidas, entre noviembre y marzo, siendo calificados como prereclutas aquellos individuos con tallas menores a los 6 cm y como reclutados a aquellos con una longitud superior a los 12 cm (Fisher, 1958; Einarson y Rojas de Mendiola, 1963).

El reclutamiento de anchoveta presenta una estratificación temporal y geográfica en el sentido latitudinal, iniciándose en Arica durante noviembre, para finalizar hacia fines de febrero en Mejillones, situación que se ha confirmado con los cruceros acústicos realizados en las primaveras-verano de 1995 a 1999, con la sola excepción del resultado alcanzado en la primavera de 1998 en que la estratificación espacial del reclutamiento tuvo un sentido inverso al típicamente observado en otros periodos.

Los resultados de las prospecciones acústicas realizadas en la zona norte (Castillo *et al.*, 1993; Braun *et al.*, 1994) han permitido establecer que la anchoveta, en general, se distribuye principalmente en las cercanías de la costa, llegando ocasionalmente en los inviernos hasta las 60 mn. En los periodos estivales, la anchoveta incrementa su presencia y densidad en áreas costeras no superando las 30 mn, situación que se debe a la influencia de las intensas gradientes térmicas y salinas que se producen en zonas cercanas a la costa y que limitan por el oeste la distribución de esta especie (Castillo *et al.*, 1996), los juveniles pueden alcanzar hasta un máximo de 20 mn de la costa en sectores con una plataforma continental extensa (Córdova *et al.*, 1995), concentrándose principalmente en una franja costera que llega hasta las 3 mn de la costa presentándose un patrón migratorio de alta frecuencia en el sentido este-oeste entre el día y la noche, registrándose un movimiento de frecuencia diaria hacia el oeste en el crepúsculo, regresando a la costa al amanecer.



También se observaron cambios en los tipos de agregación diurna y nocturna de la anchoveta, prevaleciendo un mayor grado de contagio durante el día con agregaciones tipo cardumen de alta densidad, dispersándose durante la noche presentando agregaciones tipo estrato. Además, se ha determinado que la luz lunar influye sobre su distribución, induciendo un incremento en la profundidad de la agregaciones, haciéndolo accesible a los equipos acústicos, por cuanto se reducen los sesgos de zona muerta superficial y de orilla y las agregaciones nocturnas tipo estrato, permiten reducir la variabilidad de los estimados de biomasa.

Entre las ventajas de las estimaciones mediante el método acústico, además de la independencia de la actividad pesquera realizada por la flota comercial, se puede mencionar la posibilidad de obtener resultados simultáneos con las condiciones ambientales asociados a los recursos, factores que juegan un rol fundamental para explicar el grado de éxito del proceso de reclutamiento.

De igual modo, las investigaciones realizadas en los proyectos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera en la zona norte de Chile entre 1993 a 1999 han permitido determinar que la anchoveta se localiza preferentemente entre los 16 y 18 °C de temperatura en invierno y primavera, ampliándose el límite superior hasta los 19°C en otoño, mientras que en el verano se sitúa entre los 19 y 22°C, siendo los sectores de mayor gradiente térmica y halina los que definen la distribución espacial de la especie, tanto en el sentido horizontal - áreas fontogénicas (Castillo *et al.*, 1996), como en el sentido vertical - termoclina (Castillo *et al.*, 2000; Swartzman *et al.*, 1994). Los juveniles de anchoveta (*Engraulis ringens*) se ubican preferentemente entre la costa y el borde interno de los frentes costeros, asociados a altos rangos de clorofila *a* (Castillo *et al.*, 1997 y 1998) y existiendo al igual que en la anchoveta sudafricana, una relación entre la distribución espacial de los reclutas y los sectores de surgencia. En este mismo sentido se encuentran los resultados alcanzados en el proyecto FIP 99-11 ("Evaluación del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones, 1999") en que se ajustó separadamente una relación funcional



múltiple significativa entre las densidades de la anchoveta adulta con las variables Gradiente Térmica Superficial, TSM y gradiente de la clorofila integrada, lográndose un  $R^2=0,7839$  ( $F=14,753$ ,  $p<0,05$ ), siendo la variable Gradiente de la TSM la más significativa. Para los reclutas se obtuvo un modelo con un menor ajuste, con un  $R^2= 0,358$  ( $F=2,874$ ,  $p=0,068$ ) (Castillo *et al.*, *op. cit.*).

Otro ejemplo que sirve para tipificar los esfuerzos realizados para buscar explicaciones acerca de los factores que determinan el reclutamiento, lo constituyen los resultados alcanzados en los estudios de la productividad del sistema llevados a cabo en forma experimental en un sector de alta concentración de reclutas de anchoveta en enero 1998, mientras la zona era afectada por uno de los fenómenos El Niño más intensos del cual se tiene registro, puesto que se determinó la relación entre elevados índices de producción primaria (PP) ( $> 5gC m^2 d^{-1}$ ) y aguas costeras comprimidas por frente térmico superficial la que fue inversa con la distribución espacial de los juveniles de anchoveta (Castillo *et al.*, 1998).



## VI. METODOLOGÍA

---

### 1. Zona de estudio y plan de muestreo

El crucero se efectuó a bordo del B/I "Abate Molina" entre el 2 y el 23 de diciembre del año 2000.

La zona de estudio estuvo comprendida entre la menor distancia de la costa posible, determinada por las condiciones mínimas de seguridad en la navegación costera, llegando hasta el veril de los 25 m y alcanzando por el occidente hasta 10 mn. En el sentido latitudinal se cubrió entre Arica (18°22'S) y Taltal (25°25'S), límites que superan a la zona originalmente planificada que llegaba hasta el paralelo 23° 26'S. Esta ampliación de la zona de estudio fue adoptada durante el crucero, basado en información proveniente de pescadores y que indicaba la presencia de anchoveta juvenil hacia el sur de Antofagasta.

La prospección acústica se realizó durante las noches con luna, entre el cuarto creciente y la luna nueva, el muestreo oceanográfico se efectuó durante el día, mientras que los lances de reconocimiento se efectuaron preferentemente durante el día, en la madrugada o crepúsculo (**Fig. 2**).



## 2. Metodología por objetivo

**2.1 Objetivo 2.1** Cuantificar, mediante métodos hidroacústicos, la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) del reclutamiento de anchoveta, durante el período de máxima intensidad del proceso 1999-2000, en la zona de estudio.

### 2.1.1 Muestreo acústico

Se aplicó un diseño de muestreo sistemático considerando que la distribución de los recursos es de carácter contagiosa y aleatoria con respecto a la posición de las transectas (Shotton y Bazigos, 1984; Francis, 1984; Simmonds, 1984 y Simmonds *et al.*, 1991). Este tipo de muestreo es recomendado para obtener adecuada información sobre la distribución de los recursos (Mac Lennan y Simmonds, 1992) y se reduce la varianza del estimador cuando la información presenta una gradiente de densidad en el sentido de las transectas.

En base a los antecedentes disponibles de la distribución batimétrica de las especies pelágicas en la zona norte (Guzmán *et al.*, 1982; Rodríguez *et al.*, 1983; Lillo *et al.*, 1991 y Castillo *et al.*, 1993), el muestreo acústico se realizó en los períodos de oscuridad solar, con la fase lunar entre cuarto creciente y cuarto menguante. Dichos antecedentes indican que la anchoveta presenta un marcado comportamiento migratorio nictemeral ubicándose durante las horas de luz diurna asociado a la capa de mezcla, migrando hacia la superficie en la noche, comportamiento que se modifica notablemente por influencia de la luz lunar, en que los peces adoptan una distribución vertical adecuada para la detección de los equipos acústicos.

La evaluación acústica se realizó con el sistema de eointegración SIMRAD EK 500, utilizando la frecuencia de 38 KHz, con transductor de haz dividido, programándose



los 10 canales digitales cada 25 m y el canal analógico entre los 3 y 250 m, entregando información relativa a la densidad de peces detectada y referida a 1 mn<sup>2</sup>. El rango dinámico de 160 dB y el nivel mínimo de detección, puesto en -65 dB, aseguraron que se detectara un amplio espectro de señales provenientes de blancos de tamaño pequeño (plancton) hasta peces de gran tamaño, distribuidos en forma dispersa o en densos cardúmenes sin perder señal o saturarse.

La prospección acústica entre el límite norte de la zona de estudio y Antofagasta (23°26'S), se realizó por medio de 66 transectas nocturnas separadas cada 5 mn, entre Antofagasta y el paralelo 24°50'S se llevó a cabo mediante 5 transectas separadas por 10 mn y entre el paralelo 24°50'S a Taltal (25°25'S) se efectuó una prospección costera paralela a la costa. Esta ampliación de la zona de estudio hacia el sur del límite originalmente planificado y aprobado en la Propuesta Técnica del proyecto, obedeció a información de terreno recolectada con pescadores de la flota cerquera de Mejillones y de Caldera que operaban en la zona y que indicaba la presencia de importantes agregaciones de juveniles de anchoveta en áreas costeras en las cercanías de Paposo, de allí que se modificó el Plan de Actividades del crucero para adecuar los tiempos asignados y de este modo cubrir el sector indicado.

En la zona de estudio original del crucero, se realizó una exploración acústica diurna llegando ocasionalmente hasta las 15 mn de costa (**Fig. 1**), replicándose en el día las transectas nocturnas correspondientes a las estaciones de muestreo oceanográficas cada 15 mn.

La información acústica se registró de manera continua durante la navegación, discretizándose en intervalos de muestreo (ESDU) de 0,5 mn, controlados por la interfase del sistema de eointegración con el navegador satelital GPS.



## 2.1.2 Calibración del sistema acústico

### 2.1.2.1 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 estándar de cobre diseñado para la frecuencia de trabajo y de intensidad medida en laboratorio, ubicado en el centro del haz acústico, los que deben converger hacia el valor teórico del blanco de referencia (Foote *et al.*, 1987; Foote, 1981). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de  $\pm 0,5$  dB, siendo aceptable con  $\pm 1$  dB.

Las mediciones se efectuaron en Mejillones antes del inicio de la prospección. Al fin de mantener el buque en la posición más estable posible se fondeó con dos anclas por la proa y una por la popa (barbas de gato) en sentido general s-se, correspondiente a la dirección predominante del viento en la zona.

La esfera de calibración se ubicó mediante tres líneas de nailon monofilamento, utilizándose carretes de cañas de pescar para variar y controlar su posición en el haz acústico.

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

$$G_i = G_o + \frac{TS_m - TS_b}{2}$$



donde:

- $G_1$  = nueva ganancia del transductor
- $G_0$  = ganancia antigua
- $T_{sm}$  = intensidad de blanco medida (dB)
- $T_{sb}$  = intensidad de blanco teórico (dB)

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

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

siendo:

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

donde:

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

### 2.1.2.2 Medición del TS *in situ* de anchoveta

La recopilación de los datos para determinar el TS *in situ* de la anchoveta se realizó durante los lances de pesca y en sectores en los que se estableció previamente la existencia de la especie mediante los lances de pesca,



realizándose experimentos nocturnos a bajas velocidades o con el barco detenido.

Los datos fueron recolectados sondeo a sondeo con la frecuencia de 38 Khz en pulsos cortos y medio con una tasa de sondeo automáticamente ajustada a la escala del ecosonda, en este caso se utilizó una escala de 25 m, almacenándose en medios magnéticos. Con el fin de mejorar el filtraje de blancos resueltos del algoritmo de detección del EK-500 se redujo el ángulo del haz, utilizándose la talla promedio de los peces y la profundidad media como elementos de ajuste.

Las estructuras de tallas de los peces insonificados fueron obtenidas de las muestras realizadas en los lances de pesca realizados durante, antes o después del experimento.

El principio general en las mediciones de TS *in situ* es que las modas en los histogramas de TS se parean con las modas en las distribuciones de tallas de los peces muestreados en las pescas.

Considerando que las eco-amplitudes se distribuyen aleatoriamente según Rayleigh, entonces es posible considerar que el área dispersante de sonido del pez tiene una distribución exponencial pudiendo ajustarse a una función de probabilidades de densidades (PDF) (Foote, 1980; MacLennan and Simmonds, 1992) según:

$$PDF(\sigma) = (1/\bar{\sigma}) \exp(-\sigma/\bar{\sigma})$$

El TS corresponde a la ecuación:

$$TS = 10 \log \left( \frac{\sigma}{4\pi} \right)$$



donde:

- TS = intensidad de blanco (dB)  
 $\sigma$  = área dispersante (m<sup>2</sup>)

Se confeccionaron histogramas de frecuencia de los TS respecto a la frecuencia en número de blancos, de estos histogramas se determinaron los valores centrales de las distribuciones, a partir del área dispersante, derivada según la ecuación antes descrita.

Los TS fueron asociados a las respectivas tallas mediante el procedimiento propuesto por MacLennan y Menz (1996). Este procedimiento consiste en un proceso iterativo que busca una convergencia de los valores de TS y L a partir de las modas más importantes, utilizando la Función de Probabilidades de Densidades (PDF) (Medwin and Clay, 1998). De acuerdo a este método, se eligen dos o tres valores a cada lado de las modas de cada histograma cubriendo de este modo la naturaleza estocástica del TS, seleccionándose los valores que minimizan la suma de cuadrados que comparan las funciones PDF de las áreas de dispersión sónica de los peces calculados (MM<sub>i</sub>), con los observados (M<sub>i</sub>) usando los residuales normalizados en cada intervalo de TS, el procedimiento se aplica según:

$$\sigma_j = L_j^2 10^{(-h_w/10)}$$

$$S_{1i} = 10^{((TS_i - \Delta TS/2)/10)}; S_{2i} = 10^{((TS_i + \Delta TS/2)/10)}$$

$$X_{ii} = N_i [\exp(-S_{2i}/\sigma_i) - \exp(S_{1i}/\sigma_i)]$$

$$MM_i = \sum_j X_{ij}$$

$$S = \sum_i \left( \left( \frac{\sum_n MM_i}{\sum_n MM_n} \right) - \left( \frac{M_i}{\sum_n M_n} \right) \right)^2$$



siendo:

- $S_{1i}, S_{2i}$  = área dispersante promedio en el intervalo  $i$ , en el nivel anterior (1) y posterior (2) a la moda.
- $M_i$  = N° de blancos detectados en  $i$ -ésimo intervalo,  $i$  varía hasta  $n$ .
- $N_j$  = N° de peces en el  $j$ -ésimo intervalo, centrados en  $L_j$  ( $M_i, N_j$ ).
- $X_{ij}$  = Función PDF de los intervalos cercanos a la moda principal.
- $Mm_i$  = acumulado de la función PDF, para el  $i$ -ésimo hasta el  $n$  intervalo.
- $L_j$  = talla modal de los peces.
- $\sigma_j$  = sección dispersante a la moda  $j$ .

Los pares de datos ( $L$  y  $TS$ ) determinados de este modo, fueron ajustados a una regresión lineal simple mediante el método de los mínimos cuadrados. Siendo el  $TS$  la variable dependiente y la talla, la variable independiente.

Posteriormente se determinó un  $b_{20}$  en base al modelo general:

$$TS = b_{20} + 20 \text{ Log } L$$

donde:

- $TS$  = intensidad de blanco (dB)
- $L$  = longitud total (cm)

El  $TS$  se refirió a valores de  $TS_{kg}$  según:

$$TS_{kg} = TS - 10 \text{ Log } w$$



siendo:

$TS_{kg}$  = intensidad de blanco (dB/kg)  
 $w$  = peso del pez (kg).

Finalmente, el coeficiente de ecointegración ( $C_n$ ), expresado en número se calculó según:

$$\hat{C}_n = (4\pi 10^{-0.115} )^{-1}$$

El coeficiente de ecointegración en peso ( $C_b$ ) se estimó según:

$$\hat{C}_b = (4\pi 10^{-0.115} )^{-1}$$

### 2.1.3 Identificación de especies

La identificación de especies fue realizada mediante la aplicación de dos procedimientos:

#### 2.1.3.1 Método acústico (Guzmán *et al.*, 1983)

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

$$S_v = \frac{C I V^2}{L D}$$



donde:

- $S_v$  = coeficiente volumétrico de dispersión de la agregación ó cardumen.
- $C_1$  = constante de calibración electrónica del equipo. En el caso del EK 500 está incluida en la salida calibrada del econtegrador.
- $L$  = longitud de la agregación (m).
- $D$  = altura media de la señal remitida por la agregación (m).

### 2.1.3.2 Pescas de identificación

Con el objeto de validar la identificación efectuada mediante el método acústico y obtener muestras para caracterizar las estructuras de tallas y las características biológicas de los peces, se realizaron lances de pesca con una red de arrastre a media agua de 4 paneles de diseño ENGEL de 97 m de largo, sin copo, con 168 mallas de circunferencia en la boca, tamaño de malla estirada en las alas y cielo de 1800 mm, disminuyendo paulatinamente hasta 12 mm en el túnel y copo, con portalones tipo Suberkrub de 4,5 m<sup>2</sup> de área y 750 kg de peso seco (300 kg peso húmedo), amantillada con 60 flotadores de 8" de diámetro, en paquetes de 10 dentro de bolsas de malla que se instalan en la relinga y 4 flotadores tipo hidrofoil de 40 l cada uno, que se ubican dos en las puntas de las alas y dos en el centro de la boca, permitiéndose de este modo realizar pesca en superficie. El copo tiene aproximadamente 21 m con 122 mallas (4) de 24 mm de tamaño (210/39 nylon) y un calcetín interno de 11,6 mm. En el caso de lances con profundidad superior a los 10 m, se utilizó un net-sounder FURUNO para la verificación de la profundidad y comportamiento de la red.

De esta forma, en aquellos sectores en que las características de las agregaciones lo permitieron, se realizaron lances de pesca de identificación.

De las capturas obtenidas en el crucero se obtuvieron los aportes porcentuales de cada especie y la estructura de tallas y pesos a la talla de las especies dominantes



en las capturas, con especial énfasis en la anchoveta, aplicándose a las lecturas acústicas en las ESDU cercanas a los lugares en que se realizaron las pescas (Simmonds *et al.*, 1992). De igual modo esta información fué comparada con la identificación de las especies realizada mediante el método acústico. De esta forma se determinó la fracción de reclutas de anchoveta presente en cada lance, factor que se aplicó a las lecturas acústicas asignadas a la especie anchoveta.

#### 2.1.4 Procesamiento de la información acústica

El procesamiento de los datos fue realizado en gran parte a bordo mediante el software SIMBAD (Espejo y Castillo, 1997). Los datos a ingresar a la base de datos son las lecturas acústicas por cada ESDU, las profundidades máximas y mínimas de la agregación, la posición geográfica de cada ESDU, fecha, número y rumbo de la transecta. Además, se ingresó la información sobre temperatura y salinidades para cada estación oceanográfica.

Con tales datos se confeccionaron los mapas de distribución espacial de los recursos detectados, los estimados de biomasa de anchoveta total y de la fracción reclutas y sus respectivas varianzas.

Las áreas prospectadas fueron medidas mediante un planímetro digital.

#### 2.1.5 Estimación de la Abundancia (en número) y la biomasa (en peso)

La abundancia y biomasa de anchoveta se estimó según:

$$\hat{A}_k = a \hat{C}_{nk} \hat{R}_k$$

$$\hat{A}_T = \sum_k \hat{A}_k$$

$$\hat{B}_k = \hat{A}_k w_k$$



$$\hat{B}_T = \sum_k \hat{B}_k$$

donde :

- $\hat{A}_k$  = abundancia a la talla k (en número).
- a = área prospectada ( $\text{mn}^2$ ).
- $\hat{C}_{nk}$  = coeficiente de eointegración a la talla k ( $n/\text{mn}^2/S_a$ )
- $w_{kj}$  = peso promedio a la talla k, expresado en (t).
- $\hat{A}_T; \hat{B}_T$  = abundancia y biomasa total.
- $P_k$  = frecuencia de la talla k obtenida desde la estructura de tallas de los lances de pesca arupados por subzona.
- $\hat{R}_k$  = estimador de razón a la talla k.

Siendo:

$$\hat{R}_k = \hat{R} P_k$$

El estimador de razón ( $\hat{R}$ ) en cada subzona, se obtuvo mediante los métodos Hansen, Wolter, Bootstrap y Geoestadístico.

- **Hansen y Wolter**

El estimador de razón ( $\hat{R}$ ) de las lecturas acústicas del eointegrador ( $S_u$ ) por ESDU correspondiente al método de Hansen y Wolter se calcula según:

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



donde:

- n = número de transectas de la muestra
- xi = densidad de la transecta i-ésima.
- yi = número de ESDU. en la transecta i-ésima.

- **Bootstrap**

El estimador de  $\hat{R}$  según el método Bootstrap se calcula según:

$$\bar{\hat{R}} = \sum_{i=1}^G \frac{\hat{R}_i}{G}$$

siendo  $\hat{R}$  un estimador de razón obtenido de la i-ésima muestra de tamaño n seleccionado con reposición de la muestra original y donde G representa la cantidad total de iteraciones bootstrap.

- **Variables regionalizadas**

Otro estimador de biomasa utilizado, corresponde al propuesto por Petitgas (1991) el cual considera que la biomasa depende de la geometría del área de distribución del recurso y estima su densidad (Z), que es equivalente a la razón  $\hat{R}$ , solo en dicha área (V) mediante la expresión:

$$Z_v = \frac{1}{V} \int Z(x) dx$$

$Z_v$  es un estimador de la media ponderada de las muestras de las lecturas acústicas, sin embargo, en aquellos casos donde las muestras provienen de una grilla regular,



y donde cada una de ellas tiene igual área de influencia, el estimador de  $Z_v$  se calcula como la media aritmética de los datos de  $S_a$  por intervalo básico de muestreo.

La lectura acústica del ecointegrador por ESDU corresponde a la expresión:

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

donde :

- $S_v$  = coeficiente volumétrico de dispersión ( $m^2/m^2$ ).
- $R_o$  = profundidad de referencia del blanco (m).
- $r_2, r_1$  = límites superior e inferior de la ecointegración ó de los estratos programados (m).
- 1.852 = factor de transformación de m a mn.

### 2.1.6 Estimación de la varianza de la abundancia y biomasa

La varianza de la abundancia se determinó según:

$$\hat{V}(\hat{A}_k) = \alpha^2 [\hat{V}(\hat{C}_{nk})\hat{R}_k^2 + \hat{V}(\hat{R}_k)\hat{C}_{nk}^2 - \hat{V}(\hat{R}_k)\hat{V}(\hat{C}_{nk})]$$

$$\hat{V}(\hat{R}_k) = \hat{V}(P_k)\hat{R}_k^2 + \hat{V}(\hat{R}_k)P_k^2 - \hat{V}(\hat{R}_k)\hat{V}(\hat{R}_k)$$

mientras que la varianza de la biomasa se calcula según:

$$\hat{V}(\hat{B}_k) = \hat{V}(\hat{A}_k)w_k^2 + \hat{V}(w_k)\hat{A}_k^2 - \hat{V}(\hat{A}_k)\hat{V}(w_k)$$



La varianza del coeficiente de eointegración en número ( $\hat{C}_{nk}$ ) se determinó según:

$$\hat{V}(\hat{C}_{nk}) = (4\pi)^{-2} (10)^{-2(0.1TS+1)} \ln^2(10) \hat{V}(TS_k)$$

Donde:

$$\hat{V}(TS_k) = \hat{V}(\hat{\alpha}) + \log^2(L_k) \hat{V}(\hat{\beta}) + 2 \log L_k \text{cov}(\alpha, \beta)$$

siendo

$\alpha$  y  $\beta$  = coeficientes de la regresión TS-L.

$L_k$  = longitud a la talla k.

Para diseños sistemáticos como el propuesto en esta evaluación, donde se considera un único punto de arranque para la muestra, no es posible obtener un estimador de varianza que sea insesgado ni consistente. Sin embargo, hay un amplio conjunto de estimadores aproximados que pueden ser usados con resultados razonablemente buenos, particularmente cuando la población en estudio no presenta periodicidad en relación a la selección de la muestra sistemática. En este contexto, se obtienen al menos tres estimadores alternativos de varianza de la razón.

- **Conglomerado de tamaño desiguales (Hansen *et al.*, 1954)**

$$\hat{V}_1(\hat{R}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{ny} (s_x^2 + \hat{R}^2 s_y^2 - 2\hat{R} s_{xy})$$



donde, N es el número total de transectas en el área, y

$$s_{xy} = \sum_i^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}$$

$$s_x^2 = s_{xx} \quad ; \quad s_y^2 = s_{yy}$$

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad ; \quad \bar{y} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{n}$$

donde, el intervalo de confianza  $1 - \alpha$  para la abundancia  $\hat{A}$  o la biomasa  $\hat{B}$  está dado por la expresión:

$$(\hat{B} - t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_1(\hat{R})} \quad ; \quad \hat{B} + t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_1(\hat{R})})$$

- **Estratos agrupados ( Kirk M. Wolter, 1985).**

$$\hat{V}_2(\hat{R}) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{n} \frac{\hat{R}^2}{(n-1)} (s_x^2 + s_y^2 - 2 s_{xy})$$

donde:

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(x_i - x_{i+1})(y_i - y_{i+1})}{x \ y}$$

$$s_x^2 = s_{xx} \quad ; \quad s_y^2 = s_{yy}$$

donde, el intervalo de confianza  $(1 - \alpha)$  para la para la abundancia  $\hat{A}$  o la biomasa  $\hat{B}$  está dado por la expresión:

$$(\hat{B} - t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_2(\hat{R})} \quad ; \quad \hat{B} + t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{\hat{V}_2(\hat{R})})$$



- Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990).

$$\hat{V}_3(\hat{R}) = \frac{1}{(G-1)} = \sum_{i=1}^G (\hat{R}_i - \bar{\hat{R}})^2$$

donde:

$$\bar{\hat{R}} = \sum_{i=1}^G \frac{\hat{R}_i}{G}$$

siendo  $\hat{R}$  un estimador de razón obtenido de la  $i$ -ésima muestra de tamaño  $n$  seleccionado con reposición de la muestra original y donde  $G$  representa la cantidad total de iteraciones bootstrap.

El intervalo de confianza  $(1-\alpha)$  para la abundancia  $\hat{A}$  o la biomasa  $\hat{B}$  se encuentra dado por el método Percentil Corregido (BC).

$$(\hat{F}^{-1} \{ \phi(2 Z_0) \})$$

donde  $\hat{F}^{-1}$  es la función inversa de la distribución acumulada de  $\hat{F}(\hat{R})$ , definida por:

$$\hat{F}(\hat{R}) = \text{Prob}(\hat{R}_x \leq \hat{R})$$

y donde,

$$Z_0 = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$

siendo  $\phi^{-1}$  la función inversa de la distribución normal estándar y  $Z_0$  es el percentil superior de una normal estándar.



- **Método de las variables regionalizadas**

Un cuarto estimador de varianza utilizado corresponde al propuesto por Matheron (1971, *fide* Petitgas y Prampart, 1993) para datos geográficamente correlacionados mediante la ecuación:

$$\sigma^2_{E} = 2 \bar{\gamma}(S,V) - \bar{\gamma}(V,V) - \bar{\gamma}(S,S)$$

donde los términos de la ecuación se pueden representar mediante sus respectivos variogramas ( $\gamma(h)$ ) según:

$$\gamma(S,S) = \frac{1}{n^2} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \gamma(x_{\alpha} - x_{\beta})$$

$$\bar{\gamma}(S,V) = \frac{1}{n^2} \sum_{\alpha} \int \gamma(x_{\alpha} - y) dy$$

$$\bar{\gamma}(V,V) = \frac{1}{V^2} \int dx \int \gamma(x - y) dy$$

donde V es el área de distribución del recurso, (a,β) los índices de los intervalos básicos de muestreos y n el número de muestras en V.

La varianza  $\sigma_e$  es entonces la diferencia entre la integral doble de la función de estructura ( $\bar{\gamma}(S,V)$ ) y sus dos aproximaciones discretas sobre la grilla de muestreo ( $\bar{\gamma}(S,V)$  y  $\bar{\gamma}(S,S)$ ), de los cuales estos últimos no pueden ser calculados sin recurrir a un modelo de variograma.

La varianza  $\sigma_e$  depende de la estructura espacial a través de tres factores geométricos; de la geometría del campo para  $\bar{\gamma}(V,V)$ ; de la disposición entre los intervalos básicos de muestreo para  $\bar{\gamma}(S,S)$  y de la posición de la red de muestreo en el campo para  $\bar{\gamma}(S,V)$ .



### 2.1.7 Estimación del coeficiente de error (%) y Coeficiente de variación (CV)

Con el objeto de disponer de una medida de la precisión alcanzada en el estimado de biomasa, se utiliza el porcentaje de error y coeficiente de variación.

Porcentaje de error:

$$E(\%) = \frac{t(1 - \frac{\alpha}{2}) \sqrt{\hat{V}(\hat{B})}}{\hat{B}} 100$$

donde:

- $\hat{V}(\hat{B})$  = varianza de la abundancia ó biomasa
- $\hat{B}$  = Abundancia o biomasa
- T = test de Student
- $\alpha$  = nivel de significación.

Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{B})}}{\hat{B}}$$

### 2.1.8 Determinación de la estructura de edad en anchoveta

Para la determinación de la estructura de edad de anchoveta se utilizó el recuento de anillos de crecimiento que se manifiestan en los otolitos.

El proceso se agrupa en los siguientes pasos:



- **Lecturas de otolitos**

Corresponde al proceso de determinación de edad de las muestras de otolitos, mediante el análisis de las marcas anuales presentes en estas estructuras y la asignación del grupo de edad al cual pertenecen los ejemplares de acuerdo a la edad determinada, la época de captura y la fecha de cumpleaños arbitrario adoptada (anchoveta: 1º de enero).

Los otolitos leídos corresponden a una submuestra aleatoria obtenida del total de otolitos recibidos del crucero. El tamaño de la muestra a leer se estableció mediante un procedimiento estadístico que considera entre otras, las zonas de estudio, las clases de tallas y los grupos de edad presentes. Esto permite asegurar la representación que debe tener la submuestra analizada de la estructura de la población.

- **Elaboración de la clave edad-talla**

La clave edad-talla es la matriz que representa la distribución por grupo de edad y por clase de talla de los ejemplares en las muestras analizadas del período en estudio. La clave edad-talla es el elemento de mayor importancia ya que en ella está contenida la mayor información biológico-pesquera de la población en explotación, ya que indica cómo es el reclutamiento, la fuerza de los diferentes grupos de edad, etc.

La ecuación que representa la elaboración de la clave edad-talla es:

$$P_{L(X)} = \sum n_{L(X)c} / n_{Lc}$$



donde:

X : grupo de edad

L : longitud total del pez

$P_{L(X)}$  : probabilidad de edad X de los individuos con longitud L.

$n_{L(X)}$  : número de individuos de edad X con longitud L en la clave edad- talla.

$n_{Lc}$  : número total de individuos de longitud L en la clave edad-talla.

- **Composición de longitudes en la captura (COLOCAP)**

Corresponde a la distribución de longitudes de la captura total del período analizado y se llega mediante un procedimiento que convierte la captura en peso a captura en número empleando la distribución de tallas de los muestreos de longitud realizados y la determinación del peso de los ejemplares por estrato de longitud utilizando los coeficientes de la relación longitud-peso estimados para el período. En primer lugar se estima el peso promedio de los ejemplares en la muestra para obtener el número total de ejemplares en la captura, luego este número se distribuye en los estratos de longitud, de acuerdo a la proporción que presenta cada uno de ellos.

- **Composición en número por grupo de edad**

Denominada también como estructura de edad, corresponde a la expansión del COLOCAP mediante la clave edad-talla determinada. Así esta composición corresponde a la matriz que representa la distribución de los ejemplares que están presentes en la captura, por grupo de edad y por estrato de tamaño. Además, se logra otra información como la longitud y el peso promedio por grupo de edad y sus varianzas.

Las ecuaciones que representan al proceso de elaboración de la composición en número son las siguientes:



$$N_{L(X)} = P_{L(X)} * N_L$$

$$N_{(X)} = \sum P_{L(X)} * N_L$$

donde:

- X ; L y  $P_{L(X)}$  : igual que en la ecuación de claves edad-talla.
- $N_{L(X)}$  : número de individuos de una longitud L correspondiente a una determinada edad X
- $N_{(X)}$  : número de individuos a la edad X.
- $N_L$  : número de individuos a la longitud L.

### 2.1.9 Relación entre los estimados de biomasa y las capturas

Se correlaciona la captura de la anchoveta con la biomasa estimada en los periodos de primavera-verano mediante un análisis de regresión lineal. Para este fin se utilizó el procedimiento aplicado por Castillo *et al.* (1999) y actualizada por Castillo *et al.* (2000), el método consiste en correlacionar los desembarques del año con los estimados de biomasa de la primavera del año anterior. El supuesto subyacente es que el desembarque es consecuencia directa de la biomasa alcanzada en el período de reclutamiento. Siguiendo el mismo procedimiento, también se analizó el impacto de los estimados de reclutamiento en la captura.

La serie de datos considerada correspondió a los estimados de biomasa de primavera-verano realizadas en el periodo 1985 –1999 correspondiente a los cruceros denominados PELANOR (1985-1991) y RECLAN (1995-1999). Es importante mencionar que los estimados del reclutamiento provienen solamente de los datos obtenidos en los proyectos RECLAN. Los cruceros realizados a principios de año (verano) fueron tratados como provenientes de fines del año anterior (primavera).



La correlación se trató considerando la variable biomasa (BIO) como logaritmo, la que se relacionó con la captura mediante el método de los mínimos cuadrados. Para el ajuste del modelo, se descartaron aquellos datos que estuvieron fuera de la tendencia.

**2.2 Objetivo 2.2 Determinar las áreas de reclutamiento principales y analizar espacio-temporalmente la distribución y abundancia de reclutas, caracterizando su asociación con las condiciones bio-oceanográficas predominantes.**

### **2.2.1 Distribución espacial de los recursos**

La información proveniente del crucero de prospección, procesada según los procedimientos descritos anteriormente se presenta en mapas de distribución geográfica, utilizando una escala de densidad ( $t/mn^2$ ), determinada por la expresión (**Tabla 1**):

$$I = 75 (2^{n-1})$$

donde:

I = intervalo de densidad.

n = representa el nivel de la categoría, siendo  $0 < n \leq 4$ .

La distribución batimétrica de los recursos detectados se presenta en histogramas de frecuencia del número de cardúmenes registrados a la profundidad. La profundidad corresponde al promedio de los valores máximos y mínimos en que se detectó el cardumen.



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

## **2.2.2 Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento**

### **A. Estaciones y datos oceanográficos**

La información oceanográfica se recolectó mediante estaciones discretas dispuestas sobre el track acústico. Estas estaciones se realizaron cada 15 mn a 1, 5 y 10 mn de distancia de la costa durante las horas de luz diurna, completándose un total de 75 estaciones oceanográficas.

En cada estación se obtuvieron registros verticales de temperatura, salinidad y oxígeno, hasta una profundidad máxima de 300 m, con un perfilador continuo CTD (Neil Brown MK III), adosado a un sistema de muestreo tipo Roseta (General Oceanics) equipado con botellas Niskin de 5 l de capacidad. Se obtuvieron muestras para análisis discreto de oxígeno disuelto, salinidad y clorofila-a a las profundidades de 0, 5, 10, 25, 50, 75 y 100 m.

El cálculo de densidad, como sigma-t, se realizó con la ecuación internacional de estado de agua de mar (UNESCO, 1981b; Millero y Poisson, 1981).

La concentración de oxígeno disuelto se cuantificó con la modificación descrita por Carpenter (1965) para el método de Winkler.

Las muestras para análisis de clorofila-a se obtuvieron desde las profundidades estándar mencionadas anteriormente. Las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de acetato de celulosa (Millipore, HA,



0,45  $\mu\text{m}$ , 47 mm de diámetro), o fibra de vidrio (MFS, GF75, 25 mm de diámetro) con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL. Las muestras se almacenaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  en ambiente anhidro, utilizando como desecante  $\text{CaCl}_2$  para su posterior análisis.

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

La información georeferenciada de clorofila-a fue codificada y digitada por profundidad, confeccionándose mapas de distribución batimétrica para todas las transectas. Los resultados se expresan en  $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{L}$ .

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

## **B. Datos meteorológicos**

En cada una de las estaciones oceanográficas, se registraron los siguientes datos meteorológicos:



- Temperatura del aire (bulbo seco y húmedo)
- Presión atmosférica
- Intensidad y dirección del viento
- Tipo y cantidad de nubes
- Visibilidad
- Altura y dirección de las olas.

Se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).

Con los datos de viento medidos en cada estación oceanográfica se calcularon los índices de turbulencia y de surgencia (Bakun y Parrish, 1982). El primero corresponde al cubo de la velocidad del viento ( $W^3$ ) y el segundo se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$M_x = t_y / f$$

donde:

- $t_y$  = Coacción del viento sobre la superficie en la dirección norte sur
- $t_y = r_a C_d v |W|$
- $r_a$  = densidad del aire ( $1.25 \text{ Kg/m}^3$ )
- $C_d$  = coeficiente de arrastre
- $v$  = componente norte sur de la velocidad del viento
- $|W|$  = Magnitud de la velocidad del viento
- $f$  = Parámetro de Coriolis =  $2 w \text{ Sen } l$
- $w$  = Velocidad angular de la tierra
- $l$  = Latitud del lugar



### 2.2.3 Asociación entre las variables bio-oceanográficas y la anchoveta

Se analiza la distribución espacial de la anchoveta respecto a las variables bio-oceanográficas: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila-a en superficie y a 11 metros de profundidad, que es el promedio donde se presentó la anchoveta durante el crucero de prospección, utilizando métodos SIG.

La información de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu) superficial proviene del muestreo continuo horizontal realizado con el EPCS, mientras que la temperatura y salinidad a 11 metros; oxígeno (ml/l) y clorofila-a ( $\mu\text{g/l}$ ) en superficie y a 11 m de profundidad provienen de las estaciones oceanográficas.

De los datos superficiales de temperatura, salinidad (provenientes del EPCS) y clorofila-a, se estimaron los gradientes a escala 1 mn, asociados a ESDU con registro de anchoveta. Para este efecto se determinó la diferencia de las variables oceanográficas entre los dos puntos geográficos más cercanos a la ESDU. El gradiente se obtuvo mediante el cociente entre la diferencia de las variables y la distancia (en mn), entre ambos puntos.

Los límites de la gradiente térmica en el plano batimétrico se obtuvieron mediante el siguiente protocolo:

- Para cada estación se representó gráficamente los datos de temperatura / profundidad.
- Se determinó la zona con mayor gradiente térmica.
- Se obtuvieron los límites superior e inferior de la gradiente.
- se seleccionaron las estaciones que están dentro de las primeras millas de la costa (0 - 3 mn), las estaciones que están en la franja intermedia (3 – 6 mn) y la franja oceánica (> 6 mn).
- Se prepararon los datos de Profundidad – Latitud de las agregaciones, por zonas, para efectuar la representación gráfica en Surfer.



La información de cada variable fue interpolada a toda el área de prospección (4080 mn<sup>2</sup>), mediante la utilización de módulos del Software Surfer 6.0. Se utilizó el interpolador Inverso de la distancia para la densidad de anchoveta expresada en Sa y Kriging en el caso de los datos bio-oceanográficos.

Con el objeto de efectuar el análisis espacial, estas grillas fueron importadas por el software IDRISI para Windows 2.0 (Eastman, 1995), mediante los cuales se generaron los planos de distribución de abundancia de anchoveta y de variables bio-oceanográficas en superficie y a 11 m de profundidad. El vector de costa incorporado en cada mapa se obtuvo desde las Cartas Náuticas Electrónicas (CNE), del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), 1<sup>era</sup> Edición- enero del año 2000.

Para favorecer el estudio visual de las imágenes, se reclasificaron en clases de valores asociados a diferentes colores. Para ello se utilizaron los módulos: a) HISTOGRAM, para determinar la distribución de frecuencia de los valores de las variables, y b) RECLASS, para reclasificar los valores de las celdas de una imagen.

El análisis espacial se realizó considerando 9 subzonas, de acuerdo al procedimiento descrito en 2.3.6.8 el que a su vez consideró las estructuras de tallas obtenidas de los lances de pesca.

La asociación entre los mapas de distribución del recurso y las variables ambientales en superficie y a 11 metros de profundidad en el área total y en las subzonas, se realizó mediante el coeficiente V de Cramer (Larson y Mendenhall, 1983) donde el rango varía entre 0 (indica la no existencia de asociación) y 1 (indica la asociación perfecta).

Con el propósito de contrastar la hipótesis de que la distribución y abundancia de los recursos se encuentra asociada a ciertas estructuras superficiales, como por



ejemplo eventos de surgencia, se estimó la señal latitudinal de las variables bio-oceanográficas, la cual abarcó la zona comprendida entre Arica y Antofagasta, estableciéndose franjas costeras de 2 mn.

#### **2.2.4 Análisis histórico de la distribución espacial de anchoveta**

Se analizó, mediante SIG, la información de distribución espacio-temporal del recurso anchoveta obtenida en los cruceros 9601, 9611, 9801, 9811, 0001, 0012, con las cuales se generaron los mapas de distribución anual de reclutas y adultos.

Con el propósito de relacionar las diferentes imágenes, fue necesario que los mapas se encontraran en una idéntica escala espacial, de este modo las imágenes debían poseer una misma resolución y cobertura geográfica. Lo anterior implicó generar imágenes en rasters de similares características en número de filas y columnas, ésto se realizó a través del módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera se crearon imágenes en rasters de 150 columnas (sentido E-O) y 360 filas (sentido N-S).

A cada uno de los planos de distribución anual se calculó su centro de gravedad, además del área de cobertura por intervalo de clases de distribución de Sa.

#### **2.3 Objetivo 2.3 Determinar la estructura de tallas y los pesos medios de las categorías de talla de la anchoveta en la zona de estudio, especialmente en los núcleos de abundancia del recurso, y estimar índices de densidad relativa juveniles/adultos.**

Para cumplir este objetivo, se aplicó una estrategia de muestreo de las capturas provenientes de los lances de pesca a mediana realizados por el B/I "Abate Molina".



### **2.3.1 Muestreo de las capturas obtenidas con lances a mediagua**

#### **a. Captura total y composición por especies**

La captura total de los lances de pesca a mediagua fue determinada mediante su cubicación en cajas plásticas de 30 kg c/u aproximada, en las que se depositó la pesca, antes de tirarla al mar se contó el número de cajas y se seleccionaron al azar cuatro cajas para verificar su peso y obtener un promedio. La captura total resultó de la multiplicación entre el número de cajas y el peso promedio de cada una de ellas.

La composición específica del lance se determinó en base a las cuatro cajas seleccionadas para determinar el peso promedio por caja, posteriormente se separó por especie y luego se contó y pesó los ejemplares separados. La proporción de especies correspondió al aporte en peso y número de cada una de ellas a la muestra, valor que se extrapoló a la captura total.

#### **b. Muestreo de tallas y pesos**

La totalidad de los lances de pesca exitosos fueron muestreados a bordo aplicando un muestreo aleatorio simple, sobre un número aproximado  $n = 200$  ejemplares cuando ello fue posible, a los cuales se les midió la longitud total, peso total, peso eviscerado, sexo y estado de madurez. Este tamaño de muestra excede el número estándar que se utiliza en el muestreo de peces pelágicos.

Con el fin de obtener indicadores de la estructura de longitudes y pesos medios a la talla, se realizó el análisis de los datos a nivel de los lances por zona de pesca: Arica, Iquique y Antofagasta y se determinó las características de las estructuras de longitudes y pesos medios específicos.



Para estimar la proporción sexual de las anchovetas mayores a los 12,0 cm obtenidos en los lances se utilizó la expresión:

$$\hat{PS} = \frac{Y_i}{Y}$$

donde:

$Y_i$  = número de anchovetas hembras  
 $Y$  = número total de anchovetas machos y hembras.

Cabe señalar que a la mayor parte de los individuos reclutas sólo se les midió y pesó, pues resulta difícil determinar macroscópicamente su estado de madurez y sexo.

### c. Estados de Madurez sexual de anchoveta

Los estados de madurez sexual fueron clasificados según la escala macroscópica, realizado por Einarson *et al.* 1965 (fide Simpson y Gil, 1967). En esta clasificación se considera que los juveniles de anchoveta presentan las gónadas en un estado de inmadurez virginal a partir del cual se sigue una evolución progresiva que se mantiene hasta que alcanzan la primera madurez sexual. Las anchovetas adultas muestran ciclos periódicos con las gónadas en diferentes estados, durante el año, y son procesos reversibles que se repiten a través de la vida.

Según esta escala, se pueden distinguir seis estados de desarrollo gonadal en machos y hembras,.



## Hembras

### ESTADOS

- I. Los ovarios son tubulares. Muy delgados, de aspectos brillantes y la coloración es amarillenta pálida. No se observan óvulos. Se encuentran bien adheridos a la parte posterior de la cavidad visceral, inmediatamente detrás del intestino y sobre la vejiga natatoria. Corresponden a ejemplares de longitud entre 7,5 y 10,0 cm.
- II. Se presentan más delgados y anchos, tubulares y más voluminosos y turgentes. La coloración se acentúa más a un tono amarillo anaranjado. Aumenta el desarrollo arterial y se ve, a simple vista, como una red. En el interior se puede observar una masa formada por septos ováricos que nacen de la membrana y se dirigen hacia el lumen. Los tabiques se hallan bien adheridos entre sí y contienen ovocitos de distintos tamaños y fases de desarrollo.
- III. Aumenta de tamaño conservando una forma aproximadamente cilíndrica aunque son aplanados lateralmente y bastante túrgidos. Se incrementa el suministro arterial. Son de color naranja intenso. Se observan óvulos grandes, de formas ovalada y de color blanquecino opaco, separados en sus septos ováricos.
- IV. Han aumentado considerablemente de tamaño ya que ocupan gran parte de la cavidad visceral y son globosos. El diámetros sigue aumentando y se ensancha mucho más hacia delante, mientras que la extremidad posterior es más aguda, presentando en consecuencia un contorno piriforme alargado. El color es anaranjado mas intenso; los óvulos son translúcidos, desprendiéndose fácilmente de los folículos, o bien, se encuentran sueltos en la



cavidad interior del ovario. Con frecuencia es posible lograr que salgan al exterior ejerciendo una pequeña presión en la paredes de la gónada.

Es difícil encontrar ejemplares en este estado, ya que se considera que el tiempo que separa este estado del siguiente es muy breve.

- V. Han alcanzado su máximo desarrollo cubriendo en parte el intestino y están en pleno proceso de desove. La coloración varía del anaranjado intenso a un rojizo sanguinolento ocasionando por la rotura de los septos ováricos, luego de alcanzar los óvulos su maduración total.

Ocurre a veces que las gónadas pueden ser catalogadas en el estado V se les observa como parcialmente desovados y con óvulos en pleno desarrollo.

- VI. Corresponde al post-desove y los ovarios se tornan flácidos y aplanados, dando la apariencia de bolsas vacías. Su color es anaranjado violáceo. La longitud está visiblemente reducida. El interior de la pared ovárica presenta un aspecto hemorrágico y los septos ováricos contienen ovocitos y óvulos grandes y opacos en vías de deformación y reabsorción.

A esta fase de recuperación sigue el estado de reposo, después del cual se reiniciar un nuevo ciclo sexual, partiendo del estado II.

## Machos

### ESTADOS

- I. Los testículos son muy pequeños cristalinos e incoloros, de forma foliácea-viscelada, se encuentran bien adheridos a la parte posterior de la cavidad visceral; medidos *in situ* tienen de 1 a 3 mm de ancho y de 6 a 8 mm de largo. Corresponden a los ejemplares juveniles cuya longitud total es entre 7,5 a 10,0 cm.



- II. El desarrollo se incrementa, en ancho y largo. Posen un promedio de 5 mm de ancho y de 8 a 15 mm de largo. El color es blanco rosáceo y se pueden observar, a simple vista, las arterias en la parte anterior de la gónada. Corresponden a ejemplares cuya longitud total extrema es mayor a 10,0 cm.
- III. Han aumentado considerablemente en ancho y largo; la coloración se ha tornado un blanco lechoso y se observa muy tenuemente una coloración rosada. Las arterias cubren toda la superficie de la gónada. Se observan también sobre la superficie pequeñas zonas turgentes.
- IV. Ocupan ahora gran parte de la cavidad visceral, pues han avanzado tanto hacia adelante como hacia atrás. La coloración es completamente cremosa y a la menor presión que se haga sobre la gónada, es suficiente para la expulsión de esperma.
- V. Han alcanzado un máximo desarrollo e incluso se encuentran cubriendo parcialmente al intestino, la liberación de esperma es casi espontánea. Se puede observar en la parte caudal de la gónada una coloración rojo vinoso ocasionada por la hemorragia interna por ruptura de las arterias que la irrigan.

Los testículos se observan completamente flácidos similares a dos bolsas vacías y su coloración es rojo oscuro. Se han reducido tanto en largo como en ancho este es el estado de reversión testicular y reposo.

### **2.3.2 Estructura de tallas y pesos de la anchoveta**

En cada lance en que se capturó anchoveta, se realizó un muestreo aleatorio simple tendiente a obtener la composición de tallas por clase y su peso medio a la talla. Los datos se trataron como un diseño de muestreo bi-etápico, tomando como



unidades de muestreo primaria a los lances y las unidades secundarias a una submuestra de ejemplares del lance.

### 2.3.2.1 Composición de talla por estrato

La composición de tallas de anchoveta por estrato se obtuvo según la siguiente expresión:

$$p_{hk} = \frac{\sum_{l=1}^{l_h} X_{hl} p_{hkl}}{\sum_{l=1}^{l_h} X_{hl}}$$

donde:

$$p_{hkl} = \frac{n_{hkl}}{n_{hl}}$$

siendo:

- h : índice de estrato (1,.... L)
- k : índice de clase de talla ( 1,..... K)
- l : índice de lance ( 1, 2,..... )
- t : número de lances en la muestra
- T : número total de lances en la zona de estudio.
- n : muestra de ejemplares en el lance
- X : captura en número de ejemplares en el lance.
- Y : captura en peso de los ejemplares en el lance.

### 2.3.2.2 Estimador de la varianza de la composición de tallas ( $P_{hk}$ )

La varianza de la estructura de tallas por estrato se determinó mediante la siguiente expresión:



$$\hat{V}(P_{hk}) = \left(\frac{1}{t_h} - \frac{1}{T_h}\right) \frac{1}{t_h - 1} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{\bar{X}_h^2} (P_{hkl} - P_{hk})^2 +$$
$$+ \frac{1}{t_h} \frac{1}{T_h} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{\bar{X}_h^2} \left(\frac{1}{n_{hl}} - \frac{1}{N_{hl}}\right) S_{hl}^2$$

donde:

$$\bar{x}_h = \frac{1}{t_h} \sum_{l=1}^{t_h} X_{hl}$$

$$S_{hl}^2 = \frac{1}{n_{hl} - 1} \sum_{k=1}^{n_{hl}} P_{hkl} (1 - P_{hkl})$$

$$X_{hl} = \frac{Y_{hl}}{w_{hl}}$$

### 2.3.2.3 Pesos medios a la talla

Los pesos medios a la talla fueron determinados según la siguiente expresión:

$$\bar{w}_{hl} = \sum_{j=1}^{n_{hl}} \frac{w_{hlj}}{n_{hl}}$$

$$\bar{w}_{hk} = \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}}{\sum_{l=1}^{t_h} X_{hl}} \bar{w}_{hkl}$$



donde:

$$\bar{w}_{hkl} = \frac{1}{n_{hkl}} \sum_{j=1}^{n_{hkl}} w_{hklj}$$

### 2.3.2.4 Estimador para la Varianza de $\bar{w}_{hkl}$

La varianza del peso promedio fue determinada mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \hat{V}(\bar{w}_{hkl}) &= \left( \frac{1}{t_h} - \frac{1}{T_h} \right) \frac{1}{t_h - 1} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{x_h^2} (\bar{w}_{hkl} - \bar{w}_{hl})^2 \\ &+ \frac{1}{t_{hl} T_{hl}} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{x_h^2} \left( \frac{1}{n_{hl}} - \frac{1}{N_{hl}} \right) S_{hwl}^2 \end{aligned}$$

donde:

$$S_{hwl}^2 = \frac{1}{n_{hl} - 1} \sum_{j=1}^{n_{hl}} (w_{hjl} - \bar{w}_{hl})^2$$

### 2.3.2.5 Expansión de la composición por talla y su varianza a la zona de estudio

La composición de talla por estrato fue extrapolada a la zona de estudio mediante la expresión:

$$p_k = \sum_{h=1}^L \frac{X_h}{\sum_{h=1}^L X_h} p_{hk}$$



y la varianza de  $P_k$  fue determinada según:

$$\hat{V}(p_k) = \sum_{h=1}^L \left( \frac{X_h}{\sum_{h=1}^L X_h} \right)^2 \hat{V}(p_{hk})$$

donde  $X_h$  representa la captura total en número para el estrato  $h$ .

### 2.3.2.6 Expansión de la composición en peso a zona total

La composición en peso por estrato fue extrapolada a la zona de estudio mediante la expresión:

$$\bar{w}_k = \sum_{h=1}^L \frac{X_h}{\sum_{h=1}^L X_h} \bar{w}_{hk}$$

y la varianza de  $w_k$  fue:

$$\hat{V}(\bar{w}_k) = \sum_{h=1}^L \left( \frac{X_h}{\sum_{h=1}^L X_h} \right)^2 \hat{V}(\bar{w}_{hk})$$

### 2.3.2.7 Coeficientes de variación e intervalos de confianza

Los coeficientes de variación se calculan siguiendo el procedimiento siguiente:

$$CV(\hat{\theta}) = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})}}{\hat{\theta}}$$

donde  $\hat{\theta}$ , representa cualquiera de los estimadores de talla y peso propuestos en las etapas anteriores.



Los intervalos de confianza se obtienen mediante la expresión:

$$(\hat{\theta} - Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})}; \hat{\theta} + Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})})$$

donde  $Z_{1-\alpha/2}$ : representa el coeficiente asociado al nivel de confianza  $1-\alpha$  de un modelo de probabilidad normal estándar.

### 2.3.2.8 Estratificación de las estructura de tallas

Las estructuras de tallas y pesos medios específicos provenientes de los lances de pesca a mediana, se agruparon en estratos homogéneos los que se probaron mediante el método Dócima de Hipótesis Generalizada, el que compara mediante el  $\chi^2$ , (Conover, 1981) la homogeneidad en distribuciones de tallas.

### 2.3.2.9 Relación longitud-peso

La relación longitud-peso de la anchoveta se realizó a través del análisis de regresión lineal simple, el cual estima los parámetros por medio del ajuste vía mínimos cuadrados. También se efectuó el análisis con método no lineal. Para ajustar las curvas se empleó un modelo multiplicativo potencial, dado que el peso se relaciona con la longitud a través de una relación del tipo:

$$w = \beta_0 L^{\beta_1}$$

donde  $w$  es el peso de los ejemplares y  $L$  corresponde a la longitud.  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los parámetros del modelo, siendo el primero el intercepto o la constante, y el segundo la pendiente o coeficiente de regresión. Posteriormente, se ajustaron los modelos para cada zona de pesca y para la zona de estudio y se compararon con datos obtenidos en cruceros anteriores.



Para verificar si existían diferencias significativas entre zonas, se realizó un análisis estadístico tendiente a verificar específicamente la existencia de diferencias entre los coeficientes de regresión planteándose las siguientes hipótesis entre zonas de pesca y entre los cruceros de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} H_0 &= \beta_1 \text{ es igual a } \beta_2 \\ H_1 &= \beta_1 \text{ distinto a } \beta_2 \end{aligned}$$

utilizando los siguientes estadísticos:

$$t = \frac{b_1 - b_2}{S_{b_1 - b_2}}$$

donde:

$$S_{b_1 - b_2} = \sqrt{\frac{(S_{xy}^2)_p}{(\sum x^2)_1} + \frac{(S_{xy}^2)_p}{(\sum x^2)_2}}$$

y:

$$(S_{yx}^2)_p = \frac{RSS_1 + RSS_2}{RDF_1 + RDF_2}$$

donde  $RSS_1$  y  $RSS_2$  corresponden a la suma de cuadrados residuales de la regresión 1 y 2 respectivamente;  $RDF_1$  y  $RDF_2$  corresponden a los grados de libertad residuales de la regresión 1 y 2, respectivamente. La ecuación tiene una distribución t de Student con  $n_1 + n_2 - 4$  grados de libertad (Zar, 1974).

### 2.3.3 Índices de ocupación y abundancia relativa

Con el fin de establecer indicadores del grado de agregación relativo de los reclutas de anchoveta, se utilizan los índices de Densidad y de Ocupación (Castillo *et al.* 1986). El índice de ocupación indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie, dando una idea acerca del grado de agregación



presentado por la especie en el momento de la prospección. Su cálculo se realiza según:

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

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

donde:

- k = número de observaciones acústicas con presencia de recurso
- z = número total de observaciones acústicas en el crucero.
- Sa<sub>ij</sub> = lecturas acústicas en la i-ésima ESDU, según la norma internacional, de la j-ésima transecta
- C<sub>b</sub> = coeficiente de ecointegración.
- IC = índice de ocupación (%)
- ID = índice de densidad en t/mn<sup>2</sup>.



## VII. RESULTADOS

---

### 1. Condiciones meteorológicas e hidrográficas registradas en la zona norte durante diciembre del 2000 (crucero RECLAN 0012) (Objetivo específico 2.2).

#### 1.1 Vientos

Los vectores del viento medidos en las estaciones oceanográficas se muestran en la **Fig. 3a**. La intensidad promedio de los registros de viento fue de 3,5 m/s (7 nudos) con un máximo de 11,4 m/s (22 nudos) medido a 10 millas de la costa en la latitud 24°20'S (estación 72).

Del total de registros, el 17% corresponden a una condición de calma (sin viento), el 65% se encuentran bajo los 5 m/s (10 nudos), correspondiente a una situación de vientos de intensidad baja, lo que no produce mezcla turbulenta en la capa superior de la columna de agua (Simpson y Dickey, 1981) y el 18% restante corresponde a vientos de intensidad moderado (entre 5 y 10 m/s).

El 95% de los datos con intensidad distinta de cero registra una dirección desde el 2° y 3<sup>er</sup> cuadrante lo que es favorable a los procesos de surgencia. Esta dirección del viento es una característica típica de la zona de estudio puesto que se mantiene durante todo el año, registrándose mayores intensidades del viento durante el período de verano (Fuenzalida, 1990).

A pesar que los datos no son sinópticos, se observa una disminución de las intensidades de sur a norte, patrón que se ajusta al esquema general de vientos de la zona y que ha sido analizado a través de series de tiempo medidos en



Antofagasta, Iquique y Arica (Castillo *et al.*, 1999). Asimismo, de la figura de vectores de viento (**Fig. 3**) se observa que las direcciones de esta variable en las estaciones en cada transecta en general son muy similares, presentándose un leve gradiente longitudinal en la magnitud con los mayores valores en la estación de 10 mn.

El índice de turbulencia (**Fig. 3b**) presentó un promedio de  $128 \text{ m}^3/\text{s}^3$  y un máximo de  $1446 \text{ m}^3/\text{s}^3$  a 10 mn de la costa en la latitud  $24^\circ 20' \text{S}$  (estación 72). El índice de surgencia (**Fig. 3c**) presentó un valor promedio de  $512 \text{ m}^3/\text{s}$  y un máximo de  $3406 \text{ m}^3/\text{s}$  por cada 1000 m de costa. El valor máximo fue registrado en la estación 72 que corresponde también a la estación con mayor intensidad del viento.

Los sectores con las mayores intensidades de viento; índices de turbulencia y surgencia se registraron frente a las localidades de Iquique, Pta. Grande y al sur de Antofagasta (transectas 67 a 69).

En general las intensidades del viento fueron de moderadas a bajas y en términos relativos las mayores intensidades se registraron en el sector sur de la zona de estudio, específicamente durante el desarrollo de las transectas 67 ( $24^\circ 00' \text{S}$ ) y 69 ( $24^\circ 20' \text{S}$ ) el que tuvo una duración de sólo 1 a 2 días.

## 1.2 Temperatura

En el ámbito superficial la zona de trabajo presentó un rango de temperatura comprendido entre  $15^\circ$  y  $21,7^\circ \text{C}$  (**Fig. 4a**). El máximo se ubicó a 10 mn al sur de Antofagasta (estación 69) y el mínimo a 1 mn frente a Pta. Grande (estación 49).

Los gradientes térmicos superficiales variaron entre  $0,1$  y  $0,4 \text{ }^\circ \text{C}/\text{mn}$  en el sentido este-oeste. Asociados a los mayores gradientes térmicos se encuentran procesos de surgencia costera de intensidad débil a moderado, desarrollándose en gran



parte de la costa. Las mayores intensidades de la surgencia se observaron en tres sectores: 1) Arica a Pta. Argolla, 2) Iquique a Cta. Patillos y 3) Pta. Grande a Mejillones.

Entre Arica y Mejillones, las temperaturas superiores a 20°C se registraron en las cercanías del límite occidental de la zona de trabajo, sugiriendo la presencia de aguas más cálidas hacia el oeste. Entre punta Angamos y el paralelo 24°10'S la isoterma de 20°C se ubicó hasta la costa (**Fig. 3b**). Al sur del paralelo 24°10'S, se registraron aguas más frías, con temperaturas <19°C

Las anomalías térmicas de superficie (**Fig. 4b**) al norte de Antofagasta fueron principalmente negativas con un valor máximo de -3°C, el que estuvo asociado a los sectores de surgencia relativamente más intensos ya mencionados. El sector dominado por la isoterma de 20°C, al sur de punta Angamos, presentó una anomalía térmica superior a +3°C.

En general los valores de anomalía térmica encontrados en los sectores con surgencia débil están en un rango de  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Estos valores se consideran normales en el sector costero, dada la alta variabilidad de la surgencia, que origina ascensos de aguas más frías que alcanzan la superficie. En este sector una anomalía de -3°C indica sólo una surgencia más intensa. Sin embargo el valor +3°C, encontrado en el sector sur de la zona, es producto de una falta de surgencia en este sector y de una entrada de aguas cálidas desde el oeste.

La base de la termoclina (**Fig. 5a**), representada por la profundidad de la isoterma de 15°C, se ubicó entre Arica y Antofagasta y en el área de las primeras 5 millas a una profundidad de 5 a 20 m y de 15 a 25 m en el área de 5 a 10 mn, excepto en el sector de la Península de Mejillones, donde la termoclina se profundizó y alcanzó un nivel de 35 m en la estación a 10 mn. De Antofagasta al sur la base de la termoclina se ubicó a un nivel de profundidad promedio de 20 m en toda el área de trabajo.



Los valores de anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C (**Fig. 5b**) fueron principalmente negativos entre 0 y -10 m entre Arica y Mejillones y con un máximo de -20 m, los que se encuentran dentro de los rangos normales de profundidad para el sector de las primeras 10 mn. Los mayores anomalías negativas (-20 m) se encuentran en los sectores señalados como de surgencia relativamente más intensa. Lo indicado anteriormente no ocurre en el área al sur de Antofagasta donde una entrada de aguas más cálidas profundizó la termoclina y llevó las anomalías a un valor cercano a cero y a +10 m.

La zona de estudio presentó una fuerte estratificación térmica vertical la que aumenta desde la costa hacia el oeste con gradiente de 0,2°C/m a 1 mn hasta 0,6°C/m a 10 mn (**Fig. 6**). Los mayores vientos registrados en las estaciones de la transecta 69 y 71 (al sur de Antofagasta), provocaron algún grado de mezcla superficial, el que alcanzó 10 m de profundidad (**Fig. 11**).

### 1.3 Salinidad

El rango de salinidad superficial observado durante el período de muestreo fluctuó entre 34,5 y 34,8 psu (**Fig. 4c**). El valor máximo se encontró a 10 mn en la transecta 37 (21°25'S) (estación 39) y el valor mínimo en la estación 70 ubicada en 1 milla de la transecta 69 (24°20'S).

A lo largo de toda la franja de estudio se presentó un escaso gradiente superficial de esta variable. Desde Mejillones a la transecta 67 (24°00'S), producto de la entrada de agua más cálida y salina y de la ubicación de aguas de tipo Subantártica en el extremo sur de la zona, se registró un gradiente halino relativamente más desarrollado en comparación a lo encontrado en el área norte.

El rango total de anomalías de salinidad superficial es de +0,1 a -0,4 psu (**Fig. 4d**). Las anomalías son principalmente negativas cubriendo gran parte de la zona



de estudio. En los sectores de mayor surgencia, las anomalías se proyectan hacia el oeste, debido al transporte de aguas menos salinas que participan en el proceso, situación típica para estos eventos en la zona norte. Anomalías positivas se encontraron en las estaciones oceánicas de las transectas ubicadas al sur de la Península de Mejillones, producto de la entrada de agua cálida y salina mencionada anteriormente.

En la vertical, la salinidad presentó un núcleo salino con un valor superior a 34,8 psu característico de agua de tipo ecuatorial subsuperficial (Fig. 7 y 12). Este núcleo se localizó entre los 30 y 250 m en el extremo norte de la zona y se angosta hacia el sur, ubicándose entre los 90 y 250 m. Las menores salinidades se localizaron en las transectas del extremo sur de la zona con valores  $< 34,4$  psu, centrados en los 25 m de profundidad y asociados a un núcleo de agua Subantártica ubicado a nivel subsuperficial y que tiene valores de hasta 34,6 psu y que se detecta en las estaciones de 10 mn en prácticamente toda la zona de estudio, mientras que en las estaciones de 1 mn sólo se detecta hasta los  $23^{\circ}\text{S}$ . Esta agua de baja salinidad se ubica sobre el máximo subsuperficial, sin embargo los valores de salinidad aumentan en superficie y hacia la costa lo que indica que ésta se ha mezclado con agua Ecuatorial Subsoperficial, principalmente en los centros de surgencia más intensa.

#### 1.4 Densidad

La Fig. 5c muestra claramente los gradientes de densidad originados por la surgencia costera a lo largo de la zona y a la entrada de aguas cálidas y salinas frente a Antofagasta. Los valores de sigma-t están determinados principalmente y en forma inversa por la temperatura, por lo tanto tendió a aumentar hacia la costa y en los sectores de afloramientos de agua, los que se caracterizaron por la isopicna de  $25,4 \text{ kg/m}^3$ . Los menores valores de sigma-t están asociados al foco de alta temperatura al sur de punta Angamos con una isopicna de  $24,6 \text{ kg/m}^3$ .



En el sentido vertical (**Fig. 8 y 13**) y debido a los gradientes termohalinos relativamente intensos encontrados entre la superficie y los 25 metros, las isopícnas presentan una importante tasa de cambio. Bajo los 50 metros de profundidad no se encuentran gradientes de densidad.

El valor de  $\sigma_t$  26,4 indicador del centro del núcleo del Agua Ecuatorial Subsuperficial, estuvo ubicado en profundidades entre 90 y 120 m con una pendiente negativa hacia el sur, especialmente a 5 y 10 mn de la costa.

Entre Arica y la península de Mejillones, las isopícnas ascienden hacia la costa (transecta 1 a 58) y desde esta localidad al sur las isopícnas muestran mayor horizontalidad e incluso descienden hacia la costa (**Fig. 13**).

## 1.5 Oxígeno

El oxígeno disuelto a nivel superficial varió entre  $>3$  a 6 ml/l (**Fig. 5d**). Esta variable aumentó desde la costa hacia el sector oceánico y los mínimos se ubican en los sectores de surgencia más intensa. La mayor concentración de oxígeno se presentó en el área al sur de la Península de Mejillones, producida por la entrada de aguas cálidas desde el oeste y la presencia de agua Subantártica.

En la vertical (**Fig. 9 y 14**) las oxilíneas de las estaciones ubicadas a 1 mn muestran ascensos en los sectores de surgencia más intensa. En el sector Arica – Mejillones la isolínea de 1 ml/l se ubica entre los 20 y 40 m con profundizaciones en las transectas 22 ( $20^{\circ}05'S$ ) y 43 ( $21^{\circ}50'S$ ). Al sur del paralelo  $23^{\circ}20'S$  se presenta en términos generales una capa superficial más oxigenada, ya que la mínima concentración de oxígeno ( $< 1$  ml/l) se localiza a profundidades relativamente mayores (50 a 60 m).



La isolínea de 0,25 ml/l muestra fuertes oscilaciones con una profundización brusca entre las transectas 40 (21°40'S) a 49 (22°25'S), principalmente en las estaciones de 5 y 10 mn. Una posible explicación a esta situación, se debería a pulsos de la corriente Subsuperficial Chile-Perú, que transporta AEES hacia el sur, los que tienen frecuencias de semanas a días e incluso inversiones de dirección (Shaffer *et al.*, 1995).

La distribución superficial del oxígeno disuelto en el presente caso es 1 a 2 ml/l menores que los registrados en enero del 2000 (Castillo *et al.*, 2000) donde la capa superficial de los primeros 30 m estuvo más oxigenada. Los valores superficiales encontrados se explican por una mayor presencia de agua Subtropical mezclada con ASAA en superficie, las que tienen valores altos de oxígeno disuelto y menor presencia de AEES producto de surgencia.

En la columna de agua las isolíneas de concentración 1, 0,5 y 0,25 ml/l presentaron oscilaciones bruscas, situación inversa a la ocurrida en enero del año 2000. En términos comparativos se puede indicar que en el presente caso, la menor oxigenación se debió a una mayor intensidad de la surgencia.

## 1.6 Masas de agua

Los diagramas t-s de las estaciones separadas por distancia a la costa (**Fig. 10**) muestran la participación de tres masas de agua, presentes en la zona hasta una profundidad de 300 m. Estas son Agua Subantártica (ASAA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES) y Agua Subtropical (AST).

En los tres diagramas se observa una escasa participación de la AST, presentándose fuertemente mezclada con las otras dos masas de agua, lo que es común en la franja costera.



En términos relativos la presencia de la AST es mayor en las estaciones de 5 y 10 mn. La ASAA se presenta con una participación que decrece hacia el norte y hacia la costa y es más intensa a nivel subsuperficial. La separación en dos grupos de las estaciones ubicadas a 1 mn, mostrado en el diagrama t-s respectivo (**Fig. 10**), es el resultado de la falta de surgencia en el extremo sur de la zona, el que ya fue comentado, originando la presencia en superficie de aguas de distinto tipo a las encontradas en el norte. Hacia el norte la masa de agua que se ubicó preferentemente en la primera milla es de tipo AESS, mezclada levemente con AST.

En las estaciones de 5 y 10 mn se detecta el núcleo de la AESS, presenta una salinidad  $>34,8$  psu, temperatura de  $12^{\circ}\text{C}$  y oxígeno menor a  $1$  mL/L y centrado en los 150 a 200 m de profundidad. La presencia de agua AESS caracteriza la superficie desde Arica a Mejillones con un bajo contenido de oxígeno disuelto ( $< 4$  mL/L) (**Fig. 5c**) y bajo los 20 metros de profundidad la concentración de este gas cae a valores menores a  $1$  mL/L (**Fig. 9**) y origina, por lo tanto, una oxiclina intensa en los primeros 20 metros de profundidad y una capa subsuperficial bajo los 20 metros con un muy bajo valor de oxígeno disuelto.

El valor de salinidad cercano a  $34,7$  psu y temperatura  $< 18^{\circ}\text{C}$  encontrado entre la costa y las 5 mn del sector Arica - Mejillones, corresponde a una mezcla de agua de tipo AESS y AST. El tipo de agua que participa en estos procesos de surgencia es principalmente AESS. La anomalía de salinidad (**Fig. 4d**), con predominio de valores negativos en la franja de 5 a 10 mn de Arica a Antofagasta, corresponde al resultado de la mezcla de estas masas de agua. En procesos de surgencia más intensos el agua que participa principalmente corresponde a AESS, que tiene un mayor valor de salinidad, haciendo que las anomalías de esta variable sean de un valor positivo o muy cercano a cero.



La baja salinidad correspondiente a la masa de agua ASAA ( $< 34,6$  psu), que estuvo localizada en la superficie y pegada a la costa en las dos últimas transectas, se extiende como núcleo a nivel Subs superficial hasta los  $23^\circ$ ,  $21^\circ$  y  $19^\circ$  latitud sur a 1, 5 y 10 mn respectivamente (**Fig. 7**), centrada a una profundidad de 30 m en el extremo sur y de 15 metros en la latitud  $19^\circ$ S. Durante el muestreo realizado en enero del año 2000 se observó que este núcleo de mínima salinidad se localizó también en la zona, sin embargo con un valor mayor en 0,1 psu, posiblemente producto de una menor intensidad de la corriente de Humbolt (que transporta ASAA hacia el norte) durante el verano.

## **2. Biomasa fitoplanctónica en la zona norte durante la primavera del año 2000**

### **2.1 Distribución de la biomasa fitoplanctónica superficial**

Las concentraciones más altas de biomasa fitoplanctónica, medida como clorofila a (cloa), se localizaron entre Arica y caleta Patillos, con valores superiores a los  $2 \mu\text{g/L}$  en prácticamente toda la zona (**Fig. 15**), con algunos máximos de hasta  $7 \mu\text{g/L}$ . Los feopigmentos (feop) presentaron la misma distribución cualitativa que la cloa, solamente entre Arica e Iquique. En el resto del área los valores fueron todos inferiores a  $0,5 \mu\text{g/L}$ , esto indica que la población fitoplanctónica estuvo bajo un óptimo estado de crecimiento, con bajas concentraciones de pigmentos desactivados o degradados.

Desde caleta Patillos hacia el sur la cloa y feop superficiales fueron típicos de sistemas poco productivos con valores inferiores a  $0,5 \mu\text{g/L}$ , observándose un aumento de éstos solamente entre punta Grande y Mejillones y a no más de cinco mn de distancia de la costa.

La distribución espacial de la clorofila-a integrada (cloint) (**Fig. 15**) indica dos escenarios diferentes, en zonas con altas concentraciones de cloa superficial no se



observaron altos valores de cloint (i.e. 100 mg/m<sup>2</sup>), especialmente entre Pisagüa e Iquique; y, en zonas en las que se midieron valores superficiales típicos de sistemas oligotróficos fue posible observar valores de cloint típicos de sistemas entre meso y eutróficos, vale decir entre 50 a 75 mg/m<sup>2</sup>.

Los resultados presentados indican que las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica tuvieron dos comportamientos diferentes; en la zona norte ésta se situó solamente entre la superficie y no más allá de los 10 m, mientras que más al sur, la presencia de masas de agua oligotróficas provocó el hundimiento de la biomasa fitoplanctónica, formando núcleos subsuperficiales. Esta situación ratifica una vez más la importancia de medir la cloa en toda la columna para tener una adecuada caracterización del estatus trófico de la zona.

La distribución espacial de los productos de degradación o feop (**Fig. 15**) no presentaron un patrón espacial definido, con la sola excepción de las transectas realizadas en la zona de Arica en la que se presentaron los valores mas altos (i.e. > 0,5 µg/L), lo que podría indicar una zona de baja dinámica física, con una acumulación, degradación y/o utilización (pastoreo) significativa de la cloa.

La distribución de la cloa presentó el mismo patrón espacial descrito para años normales (Osses, 2000), con las mayores concentraciones de biomasa superficial e integrada entre Arica e Iquique. Al mismo tiempo los gradientes térmicos en la zona permitieron que los valores de cloa típicos de sistemas meso y eutróficos se agregaran en las cercanías de la zona costera.

Respecto del RECLAN 0001 (enero 2000), es posible observar la misma distribución cualitativa de la cloa, aunque en términos cuantitativos es significativamente menor, por ejemplo en Arica en diciembre de 2000 se midieron valores mayores de 5 µg/L solamente en un núcleo, mientras que en enero de 2000 se registraron valores mayores de 10 µg/L entre la costa y las 5 mn, llegando a 5 µg/L a 10 mn.



Durante enero del año 2000 toda la zona estuvo bajo la influencia de valores típicos de sistemas eutróficos, mientras que en diciembre del mismo año es posible indicar que estos pueden ser tanto meso como eutróficos, con una gran presencia de valores oligotróficos al sur de Antofagasta.

Es particularmente diferente la distribución y magnitud de los feop respecto de enero de 2000, mientras que en diciembre de 2000 (RECLAN 0012) se midieron valores altos de feop (i.e. > 0,5 hasta 2,5  $\mu\text{g/L}$ ) desde punta Arenas hacia el sur, indicando la existencia de una fuerte presión de pastoreo en la zona. Por el contrario durante diciembre no se observó nada característico para la zona ni siquiera una segregación espacial particular.

## 2.2 Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica

En el plano espacial vertical las mayores agregaciones de cloa y feop se distribuyeron entre la superficie y los 25 m (Figs. 16 a la 20). Esto es ratificado por los registros de la fluorescencia *in vivo* (fliv) expresado en unidades relativas o UR, este sensor, de alta capacidad de resolución de la distribución espacial de los pigmentos fotosintéticos, indica que bajo los 20 m de profundidad prácticamente toda la zona presentó concentraciones inferiores a 0,5  $\mu\text{g/L}$ .

En algunas transectas, por ejemplo 13 (Lat. 19° 25'S) (Fig. 16), 19 (Lat. 18° 55'S) (Fig. 17) y 25 (Lat. 20° 10'S) (Fig. 17) los valores indicados pueden llegar hasta los 50 ó 75 m, esta situación al no estar asociada a un aumento en la fliv a esa profundidad, indicaría la existencia de acumulaciones importantes de biomasa degradada o pigmentos diferentes a la cloa, los que inducen a errores en la cuantificación de la cloa, pero dadas las magnitudes involucradas, es decir iguales o inferiores a 0,5  $\mu\text{g/L}$  la importancia de éstos es relativa para la economía del ecosistema, aunque es innegable la importancia de éstos como una segunda vía de canalización de la producción primaria en ambientes hipóxicos.



En el plano longitudinal valores característicos de sistemas medianamente productivos o mesotróficos (*i.e* >1 µg/L) a eutróficos (*i.e* > 2 µg/L) para la cloa, los feop y la fliv se distribuyeron en forma homogénea entre la costa y las 5 mn, desde las transectas 1 (Lat. 18° 25'S) a la 55 (Lat. 22° 55'S), aunque en algunas ocasiones fue posible observar esta situación hasta las 10 m, como fue el caso de las transectas 4 (Lat. 18° 40'S) (Fig. 16), 7 (Lat. 18° 55'S) (Fig. 16), 28 (Lat. 20° 40'S) (Fig. 17), 34 (Lat. 21° 10'S) (Fig. 18) y 40 (Lat. 21° 40'S) (Fig. 18).

En algunas transectas los máximos se profundizaron formando núcleos subsuperficiales especialmente en la 31 (Lat. 21° 10'S) (Fig. 18), 34 (Lat. 21° 10'S) (Fig. 18), 37 (Lat. 21° 25'S) (Fig. 18), 40, 46 (Lat. 22° 10'S) (Fig. 19), 49 (Lat. 22° 55'S) (Fig. 19) y 52 (Lat. 22° 40'S) (Fig. 19), esta distribución espacial fue provocada por la presencia de cuñas de agua más cálidas que hundan los parches de biomasa, los que presentan una distribución superficial en la zona costera y se hundan hacia el área oceánica, tendiendo a formar un continuo en la concentración de la biomasa bajo los 5 ó 10 m de profundidad.

Al sur de la transecta 58 (Lat. 23° 10'S) (Fig. 19) y hasta la transecta 71 (Lat. 24° 40'S) (Fig. 20) los valores más altos, es decir menores de 1 µg/L, se situaron a una mn o desaparecieron del todo, de este modo ambas transecta estuvieron bajo el dominio de masas de agua oligotróficas (< 0,5 µg/L) en toda la columna. Esto provocó la casi desaparición de los feop y los registros de fliv descendieron en general a menos de 25 UR.

### 2.3 Distribución de la biomasa fitoplanctónica en forma paralela a la costa

La distribución de cloa y feop en forma paralela a la costa a las distancias de 1, 5 y 10 mn se presenta en las Fig. 21 y 22. La distribución de los pigmentos presentó las mayores acumulaciones de cloa en las estaciones realizadas a una mn con valores en el rango 2 a 5 µg/L, con una distribución cuasi homogénea de la



isolínea mayor de 2  $\mu\text{g/L}$ , entre la superficie y los 25 m, desde Arica hasta la latitud 23° 25'S, en esta última transecta este valor tendió a ser más somero, desapareciendo más hacia el sur. Este mismo comportamiento cualitativo puede ser observado a 5 mn, disminuyendo cuantitativamente al rango 0,5 a 2  $\mu\text{g/L}$  a las mismas profundidades, la isolínea de 1  $\mu\text{g/L}$  tuvo el mismo comportamiento que la de 2  $\mu\text{g/L}$ . Al sur de la transecta 58 (Lat. 23° 10'S) la columna de agua es absolutamente oligotrófica.

A 10 mn sólo es posible observar núcleos eutróficos entre las transectas 1 (Lat. 18° 25'S) a la 10 (Lat. 19° 10'S) y entre la transecta 28 (Lat. 20° 40'S) a la 49 (Lat. 22° 25'S). El resto de la zona está bajo el predominio de masas de agua oligotróficas.

La distribución batimétrica de los valores más altos de cloa llegó en promedio hasta los 25 m durante el 2001. Esta situación es opuesta a la observada durante el año 2000 en que las mayores agregaciones se localizaron hasta los 10 m, con algunos núcleos aislados localizados a 25 m, al mismo tiempo en este año los valores de cloa son mayores en cuatro veces a los de éste crucero, con máximos muy significativos (i.e. 30  $\mu\text{g/L}$ ).

Al comparar los dos últimos cruceros, se podría indicar que para diciembre del año 2000 (RECLAN 0012) la dinámica física de la columna es mucho mayor, permitiendo una mayor distribución de los pigmentos en el plano vertical pero con concentraciones más bajas de biomasa que durante enero de 2000 (RECLAN 0001). Durante diciembre las magnitudes fueron mayores hasta 4 veces, pero con una restricción significativa en la distribución vertical, la que no fue más allá de los 10 metros.

No obstante, entre las latitudes 21° 10'S y 22° 40'S y para los dos cruceros considerados, la cloa tendió a tener las mismas magnitudes y con el mismo



máximo de distribución vertical, lo que indicaría que ésta es una zona con un comportamiento interanual oceanográfico homogéneo.

Respecto de los feop, el rango de concentración estuvo entre 0,5 a 2  $\mu\text{g/L}$  y su distribución espacial en el plano vertical es muy parecida a la cloa, con las mayores acumulaciones de productos de degradación entre las transecta 1 a la 25. La misma situación, pero en menor concentración, se repitió a 5 y 10 mn y fue inferior a 0,5  $\mu\text{g/L}$ .

#### 2.4 Asociación entre los gradientes térmicos y la biomasa fitoplanctónica

Desde el punto de vista físico es importante caracterizar la relación funcional entre los gradientes térmicos y la producción biológica del área (*i.e.* cloa y cloint), para ésto se graficó la distribución espacial del gradiente, de la cloa y la cloint, por transecta y se cuantificó el gradiente a partir del cálculo de la pendiente del gráfico distancia de la costa (en mn) *versus* la temperatura, sin considerar aquellos valores en los que la temperatura se comportó de manera isotónica.

Los gráficos de temperatura y fliv por transecta (**Figs.** 23 a la 26) indican la existencia de una amplia forma e intensidad de los gradientes, algunos muy intensos como los de las transectas 1 (**Lat.** 18° 25'S), 43 (**Lat.** 21° 55'S) y 58 (**Lat.** 23° 10'S) y otros sin gradientes de importancia, especialmente las transectas 4 (**Lat.** 18° 40'S), 34 (**Lat.** 21° 10'S), 37 (**Lat.** 21° 25'S), 49 (**Lat.** 22° 25'S) y 52 (**Lat.** 22° 40'S).

Además, es posible observar acumulaciones de agua cálida en la zona costera que inducen la formación de frentes que al contrario de los habituales tienden a formar gradientes negativos, es decir, se enfrían en dirección costa-océano, este es el caso de las transectas 55 (**Lat.** 22° 55'S), 64 (**Lat.** 23° 40'S) y 69 (**Lat.** 24° 20'S), además con la sola excepción de la transecta 55 en la que la cloa a una mn fue de 3,43  $\mu\text{g/L}$ , estos frentes negativos no tienen efectos significativos sobre la acumulación de la cloa en la zona costera.



Desde el punto de vista del campo de la fliv solamente en las transectas 4 (**Lat.** 18° 40'S), 10 (**Lat.** 19° 10'S), 16 (**Lat.** 19°40'S), 19 (**Lat.** 18° 55'S), y 61 (**Lat.** 23° 25'S) es posible observar efectos positivos sobre la acumulación de la biomasa o al menos sobre poblaciones que están en óptimo estado fisiológico, mientras que en las restantes, vale decir las 19 de un total 24 transectas en total, no se observó ningún efecto detectable en el campo de la fliv. No obstante si se midió valores significativos de cloa en estas transectas, por lo que se vuelve a presentar la situación de que el campo de la fliv no siempre es un buen indicador de la biomasa fitoplanctónica, situación que ha sido descrita y discutida para los cruceros anteriores (Osses, 1999, 2000).

Los resultados de los cálculos del gradiente térmico al ser asociado con la biomasa fitoplanctónica indican que no existe tendencia en la asociación funcional entre los gradientes y la biomasa fitoplanctónica como cloa o clint (**Figs.** 27 y 28), no obstante serán utilizados para describir algunas situaciones puntuales que ayudarán a la caracterización de la zona.

Los gradientes térmicos por transectas (**Tablas** 2 y 3) estuvieron en el rango absoluto 0,058 a 0,57 °C/mn. Las variaciones de menor intensidad se midieron en las transectas 37 y 52 para valores inferiores a 0,1 °C/mn y en las transectas 34, 4 y 49 para valores en el rango < 0,2 °C/mn. En las transectas restantes los valores del gradiente fueron mayores de 0,2 hasta inferiores a 0,6 °C/mn, con las intensidades más altas, es decir mayores de 0,5 °C/mn, en las transectas 1, 43 y 58. Esta mayor intensificación en el gradiente no indujo aumentos considerables en la concentración de cloa superficial, con 2,78, 0,87 y 1,18 µg/L, respectivamente.

Las mayores agregaciones de cloa, es decir mayores de 7 µg/L, se midieron en las transectas 4, con un gradiente de 0,143 °C/mn, 10 con un gradiente de 0,486 °C/mn y 16 con un gradiente de 0,322 °C/mn.



Los gradientes negativos mencionados anteriormente se localizaron en la transecta 55, con  $-0,357$  °C/mn, 64 con  $-0,115$  °C/mn y 69, con  $-0,058$  °C/mn.

Al sur de Antofagasta (**Lat.**  $23^{\circ} 40'S$ ) no se observó gradientes significativos y la cloa estuvo caracterizada por valores inferiores a  $0,5$  µg/L, esta situación provocó que no se presentaran estructuras o distribuciones características de sistemas costeros.

Los resultados indican que no siempre existe una asociación entre la intensidad del gradiente costero versus la acumulación de la biomasa fitoplanctónica en la zona costera.

Esta situación puede ser entendida considerando varios factores, uno de ellos se relaciona con la estrecha zona de estudio, pudiendo ocurrir que el gradiente probablemente tiene una expresión más oceánica que la transecta, lo que podría ser la explicación para aquellos gradientes que se ubicaron en zonas con anomalías negativas muy intensas y que dominaron toda la transecta realizada, en cuyo caso es posible suponer que el afloramiento transportó agua en forma tan intensa que desplazó la posición del gradiente más allá de las 10 mn. No obstante la existencia de una relación exponencial significativa entre la cloa y la temperatura, significa que el campo térmico tiene un efecto significativo sobre la distribución de la biomasa fitoplanctónica.

Otra explicación que puede ayudar a entender la inexistencia de asociación entre la intensidad del gradiente costero y la acumulación de cloa, se relaciona con un desfase temporal en la acumulación de la cloa y el muestreo o a un muestreo temprano de los procesos de producción biológica *in situ*, registrándose bajos niveles de acumulación de la variable.



## 2.5 Asociaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y la temperatura y la salinidad.

En términos globales, al asociar la cloa con la temperatura se obtuvo un buen ajuste para datos ambientales (Fig. 29) y es posible indicar que a temperaturas en el rango 19 a ca. 22 °C, la cloa se caracterizó por valores típicos de sistemas oligotróficos (*i.e.* < 0,2 µg/L), para comenzar a aumentar en forma significativa a partir de valores inferiores a 18°C, llegando hasta los 7 µg/L a temperaturas cercanas o iguales a 15°C.

Respecto de los promedios históricos de temperatura, la zona oligotrófica se caracterizó por las mayores desviaciones o anomalías positivas y asociadas a estas anomalías negativas es posible observar las mayores acumulaciones de cloa, especialmente en aquellas en las que se calculó valores inferiores a -2 °C.

Las situaciones descritas anteriormente permiten indicar el alto grado de asociación funcional del campo térmico con la biomasa fitoplanctónica, siendo especialmente importante el efecto de las zonas más frías con las mayores acumulaciones de cloa y las más cálidas con zonas oligotróficas.

Respecto del campo halino, la biomasa fitoplanctónica no se asoció a un patrón determinado, debido principalmente a la baja variabilidad de esta variable en toda la zona, con valores en el rango 34,5 a 34,7 psu, lo anterior induce a una muy baja posibilidad de encontrar alguna relación funcional en la zona, situación que ya ha sido descrita para los años anteriores.



### 3. Biología Pesquera

#### 3.1 Resultados de los lances de pesca

Durante el presente crucero se realizaron un total de 65 lances de pesca con un esfuerzo total de 47,6 h y una duración promedio por lance de 43,9 minutos, obteniéndose en 32 de ellos (49,2 %) capturas de anchoveta. Los lances de pesca exitosos tuvieron una duración promedio de 45,3 minutos con un esfuerzo total de 23,4 hr ( **Tabla 4** ); la profundidad de la relinga superior varió entre los 1,7 m y 12 metros; la altura de la boca de la red estuvo en torno de los 14 m y la velocidad de arrastre fluctuó entre los 2,9 y 3,4 nudos.

En forma global la captura total alcanzó a 54,1 t, siendo la anchoveta la especie que se capturó en mayor abundancia con un total de 31,156 t (58 %), le sigue el recurso bacaladillo con 6,8 t (12,6 %) y langostino con 5,9 t (10,9 %) que presentaron una tendencia decreciente con respecto a la latitud, al contrario de lo que se observó para anchoveta, en donde el recurso fue aumentando en abundancia a medida que se avanzaba hacia el sur, la captura de anchoveta por lance presentó una alta variación, fluctuando entre los 0.3-14.000 kg/lance.

El muestreo biológico de cada lance, permitió determinar las especies presentes, estimar los niveles de captura y los aportes porcentuales de cada especie, con especial énfasis en anchoveta. Respecto de este recurso, se determinó la estructura de tallas a 8.745 ejemplares. De ellos, a 2.870 ejemplares se realizó muestreo biológico obteniéndose información de longitud total, peso total, peso eviscerado, sexo y estado de madurez. Posteriormente, se determinó la fracción de reclutas de anchoveta por lance de pesca, asociándolas a las lecturas obtenidas en la prospección acústica.



### 3.2 Determinación de la estructura de tamaños

En la zona de Arica se realizaron 13 lances de los cuales 6 fueron exitosos (46,1 %), entendiéndose como tal a aquellos lances en que se obtuvo capturas de anchoveta para muestreo, no importando su cantidad (**Tabla 4 y 5**). La distribución de longitudes por lance evidenció una mayor presencia de individuos adultos, reportándose sólo un total de 11,0 % de ejemplares reclutas concentrados en los lances 6 - 7 y 10 (a) (**Fig. 30 a 33**). En esta zona la longitud media para el total de individuos alcanzó a 15,6 cm. Presentándose una distribución multimodal, con ejemplares entre los 8,0 y 18,5 cm y grupos principales centrados en los 9,0 cm, 14,5 cm y 16,5 cm (**Fig. 34**); el peso promedio para el total de individuos fue de 20,1 g y para la fracción recluta fue de sólo 5,7 g (**Tabla 5**).

En la zona de Iquique se efectuaron 22 lances de pesca, donde 11 de ellos resultaron exitosos (50 %). El porcentaje de reclutas en número alcanzó a 29,3%. Los tamaños fluctuaron entre los 8,5 y 18,5 cm, con un promedio para el total de 11,9 cm y una estructura multimodal con un grupo principal centrado en 13 cm y modas secundarias en 10,0; 11,0 y 17,0 cm (**Fig. 34**). El peso promedio del total de ejemplares fue de 19,6 g y el de los reclutas de 8,7 g (**Tabla 5**).

En la zona de Antofagasta se realizaron 26 lances de pesca de los cuales 16 resultaron exitosos (61,5 %) (**Tabla 4**). El porcentaje de reclutas fue de un 16,6 %. Las tallas variaron entre 9,0 y 19,0 cm, con una media de 14,5 cm. Se observa una distribución de tallas multimodal, destacándose el grupo de reclutas con una moda principal a los 11,5 cm y una secundaria en los 10 cm. El grupo de adultos presentó una moda principal a los 17,0 cm y tres modas secundarias en las tallas 12,5 – 13,5 y 14,0 cm (**Fig. 34**); el peso promedio para el total de ejemplares fue de 22,8 g y para los reclutas 9,8 g

Para la zona pesquera de Caldera recorrida hasta la latitud 25° 11'S (cerca de Taltal), se realizaron un total de 4 lances, en donde 3 de ellos presentaron



anchoveta en sus capturas (75 %). El porcentaje de reclutas en número (61,3 %) es el mayor encontrado, en comparación a las 3 zonas anteriores. La distribución de tallas muestra una amplitud entre 6,5 y 19,0 cm, con una longitud promedio de 14,3 cm. Destacando en esta distribución tres modas para los reclutas, la principal a los 9,0 cm, y secundarias a los 8,0 y 10,0 cm. Los adultos presentan una distribución similar con una moda principal a los 17,0 cm y dos secundarias en los 12,5 y 13,5 cm (**Fig. 34**). El peso promedio para el total de ejemplares muestreados de esta zona llega a los 17,7 g siendo para los reclutas 6,2 gramos.

En términos generales, para toda la zona, los tamaños de las anchovetas fluctuaron entre 6,5 y 19,0 cm (**Fig. 30 a 33**). El porcentaje de reclutas fue de 47,7 % en número. La distribución de frecuencia de longitud fue polimodal, con un grupo principal de reclutas situado entre los 6,5 y 12,0 cm con moda principal a los 10,5 y dos secundarias a los 10,0 y 8,0 cm. La longitud promedio para los reclutas fue de 10,3 cm y para el total de los ejemplares 13,6 cm (**Tabla 5**). El peso promedio de los reclutas fue de 7,7 g y del total de ejemplares de 18,7 g.

### **3.3 Efectividad de pesca de la red de media agua**

El arte de pesca empleado para la pesca de identificación y para la obtención de muestras biológicas, es una red de arrastre a mediagua de cuatro paneles de diseño Engel, que está diseñada específicamente para operar en el B/I "Abate Molina" para la captura de peces de pequeño tamaño, especialmente anchoveta y sus reclutas.

A fin de comparar la eficiencia de pesca de la red empleada, con un tamaño de malla en el copo de 12 mm, se analiza la estructura de tamaños en los cruceros RECLAN 9811 (noviembre de 1998); RECLAN 0001 (enero del 2001) y en el presente caso (RECLAN 0012) y se contrasta con las obtenidas por la flota cerquera que operó en noviembre y diciembre del 2000, periodo contemporáneo al crucero RECLAN 0012 y en enero del 2001 (**Fig. 34 a**). La comparación se realiza mediante los rangos de



captura y la frecuencia acumulada, que se puede considerar como la ojiva de selectividad, determinándose la talla de retención ( $L_{50\%}$ ) y el rango de selección que se calcula como la diferencia entre el  $L_{25\%}$  y  $L_{75\%}$ .

En el presente crucero la red de media agua capturó ejemplares de anchoveta entre 6,5 a 19 cm de longitud, en noviembre de 1998 (RECLAN 9811) este rango varió entre 6 y 17 cm y en RECLAN 0001 fluctuó entre 10 y 19 cm. Las tallas al 50% ( $L_{50\%}$ ) para los cruceros RECLAN 9811, RECLAN 0001 y RECLA 0012 han sido 9,0; 15,9 y 13,5 cm respectivamente. Los Rangos de Selección han sido 2,6 cm en RECLAN 9811; 1,2 cm en RECLAN 0001 y 5,6 cm en RECLAN 0012. Al considerar las capturas de la flota cerquera que operó en noviembre-diciembre del 2000 y enero del 2001, se observa que en los tres meses los rangos inferiores de las tallas de las capturas fueron 9; 8,5 y 9,5 cm, respectivamente, mientras que el rango superior en todos los casos fue de 19 cm. En todos los casos el  $L_{50\%}$  fue superior que el obtenido en RECLAN 0001, reduciéndose desde 17 cm en noviembre a 15,8 cm en diciembre y 15,4 cm en enero. Los Rangos de Selección variaron entre 1,1 cm (noviembre); 3,2 cm en diciembre y 2,6 cm en enero.

Estos resultados indican que las dos artes de pesca comparadas tienen una baja selectividad, con Rangos de Selección variables y amplios límites en los extremos de las tallas capturadas, por lo que se deduce que las tallas de sus capturas reflejan la estructura del stock disponible, en este mismo sentido destaca el hecho que la red de arrastre a media agua tiene una menor selectividad que la red de cerco, con un  $L_{50\%}$  menor, así como los rangos inferiores de las tallas. Es interesante destacar el caso de los cruceros RECLAN 9811 y 0012 en que se aprecian grupos modales importantes en peces juveniles y que en el primer caso son dominantes.



La red de media agua también ha capturado peces linterna con tallas en 4 cm y en evaluaciones de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur se han registrado ejemplares de 4,5 cm de talla.

Otro elemento a ser considerado en el análisis de la efectividad del arte empleado para el muestreo de la estructura de tallas del stock en el periodo del reclutamiento, se relaciona con la distancia a la costa y la profundidad del fondo del mar en el que se realiza la pesca. Al respecto, la maniobrabilidad del aparejo permite realizar pesca en profundidades superiores a 35 m lo que se mejora al realizar generalmente las pescas luego del crepúsculo ó aurora, lo que permite acceder a los recursos en sectores alejados a sus refugios costeros diurnos.

Dado lo anterior se puede señalar que el arte de pesca empleado en la pesca de identificación es eficiente del punto de vista del muestreo.

### **3.4 Determinación de la proporción sexual**

En la zona de Arica el porcentaje de ejemplares indeterminados alcanzó un 11,8 %. Los ejemplares maduros registraron una proporción sexual de 37,6 % de hembras y 62,4% de machos. Las hembras presentaron mayoritariamente rangos de longitudes de 12,0 a 13,5 cm y 17,0 a 18,5 cm. Los machos se registraron entre los rangos 13,5 a 15,0 cm y 16,0 a 17,0 cm (**Fig. 35**)

En la zona de Iquique, el porcentaje de ejemplares indeterminados fue de 18,3 %, la proporción sexual de los ejemplares maduros registró 54,2 % de hembras y 45,8% de machos, con un predominio de las hembras en las tallas bajo 14,0 cm; mientras que los machos dominaron en tallas mayores a los 14 cm (**Fig. 35**).

En la zona de Antofagasta, el porcentaje de ejemplares inmaduros alcanzó un 10 %, la proporción sexual para los ejemplares maduros alcanzó un 53,5 %, de hembras



las que se manifestaron entre los rangos de talla 11,0 - 12,5 cm, 15,0 - 16,5 cm y sobre los 17 cm (**Fig. 35**), mientras que los machos alcanzaron al 46,5% que se presentaron fundamentalmente entre los 12,5 a 15 centímetros.

La zona de Caldera registró un 51 % de ejemplares indeterminados. La proporción sexual de los ejemplares maduros registró un 50,3 %, correspondiente a las hembras, que se distribuyeron en las tallas bajo los 14,0 cm y sobre los 17,0 cm (**Fig. 35**) y un 49,7% para machos que estuvieron entre 14 y 17 cm.

En términos generales, los ejemplares indeterminados alcanzaron un 17,7 %; la proporción sexual de los ejemplares maduros fue de un 51,2 %, correspondiente a las hembras, las que presentaron su mayor ocurrencia sobre tallas de 17 cm, con un leve predominio entre los rangos 12,0 a 13,0 cm y 15,0 a 15,5 y un 48,8% de machos los que dominaron en rangos de talla entre 15,5 a 17 y 13 a 15 centímetros.

### **3.5 Determinación de los estados de madurez**

En la zona de Arica, el 43,1 % de las hembras adultas se encontró en estado 5 (desove) y el 42,6 % en estado 2; en tanto que en los machos el 30,1 % y el 35,1 % se encontraron en estado 2 y 5, respectivamente. Para machos y hembras, en conjunto, se determinó el 33,6 % en estado 5 (desove) y el 31,9 % en 2 (**Fig. 36**).

En la zona de Iquique, el 95,5 % de las hembras se encontraron en estado 2 y el 2,6% en estado 5. En machos, se observa una tendencia similar con el 82,8% en estado 2; el 10,2% en estado 4 y un 5,3 % en estado 5. En conjunto, predominó el estado 2 (73,3 %), con una baja ocurrencia de los estados 3 y 4 (4,3 % y 3,2 % respectivamente) (**Fig. 36**).



En la zona de Antofagasta, las hembras presentaron una mayor amplitud de estados de madurez donde se encontró estados 2 (25,2%), 4 (35,5 %) y 5 (35,5%); en los machos se observó un comportamiento similar, con el 31,2% en estado 2; 42,8% en estado 4 y al 25,6% en estado 3. En conjunto, predominaron los estados 4 (35%) y 5 (27,8%) (**Fig. 36**).

La zona de Caldera presenta ejemplares que se encuentran entre los estados 2, 4 y 5. En hembras se observa la mayor ocurrencia de ejemplares en el estado 4 con un 47,3%, seguido del estado 2 que alcanza el 39,2%. En los machos se mantiene lo observado para las hembras pero aumentando los ejemplares que se encuentran en estado 5, con un 21,9%, al igual que el estado 2, siendo el estado 4 el de mayor incidencia con un 56,2% (**Fig. 36**). En forma global los ejemplares de esta zona se encuentran en su mayoría en estado 4 (25,3 %), seguido de un 15% en estado 2.

En la totalidad del área de estudio el 56,7% de las hembras se encontraban en estado 2 y el 21,4% en estado 5 (desove); los machos en cambio presentaron sus máximos en los estados 2 y 4 con 48,9% y 30,2%, respectivamente. En conjunto, el 43,5% de los ejemplares se encontraron en estado 2 y el 17 % en estado 5 (desove) (**Fig. 36**). Es importante señalar que existe una correspondencia en los estados de madurez en que se encuentran machos y hembras, ya que para cada zona estudiada tanto el máximo porcentaje de madurez como el mínimo fueron los mismos para ambos sexos. Existe también un comportamiento similar entre zonas, exceptuando Iquique, en donde los estados que ocurren más frecuentemente son los 2-4-5 y los menos frecuentes 3 y 6. Se aprecia en el sentido latitudinal, exceptuando la zona de Iquique, una tendencia decreciente de ejemplares en estado 5, con un aumento del estado 4 y un estancamiento del estado 2.



### 3.6 Determinación de los pesos medios

La evolución de los pesos medios empíricos por longitud y zonas de pesca se entrega en la **Tabla 6** y **Fig. 37**, dicha estimación se realizó a través de los parámetros de regresión calculados para cada zona de pesca; asimismo en la **Tabla 7** se muestran los estadísticos de dichos parámetros.

Al respecto, se puede constatar un alto grado de ajuste, para la relación longitud-peso con un  $R^2 > 0,96$  en todas las zonas de pesca, sólo Iquique presentó un ajuste relativamente menor con  $R^2 = 0,93$ . Las pendientes de regresión por zonas de pesca presentaron diferencias notables en las tasas de crecimiento relativas entre zonas (**Tabla 7**). La zona de Iquique exhibe la menor pendiente ( $b = 2,8415$ ) debido a la mayor incidencia de los individuos menores a 14,5 cm, mientras que la mayor pendiente se registró en la zona de Arica ( $b = 3,3521$ ), provocado fundamentalmente por el mayor aporte en peso de los ejemplares de tallas superiores a 14,5 cm.

En general y exceptuando la zona de Iquique, se aprecia una tendencia creciente en relación al parámetro "a" hacia el sur y decreciente con respecto del parámetro "b". Los resultados obtenidos en la zona de Iquique pueden haberse debido a que tuvo un rango más restringido de tallas y al aporte relativamente mayor de los ejemplares de menor talla (**Fig. 38**).

## 4. Estimación del reclutamiento en peso y número de la anchoveta. Periodo 2000-2001. (Objetivo específico 2.1)

### 4.1 Estratificación de las estructuras de tallas de anchoveta

Las estructuras de tallas de anchoveta determinadas en los lances de pesca se agruparon en 9 estratos que a simple vista presentaron homogeneidad, los límites latitudinales de las subzonas se entregan en la **Tabla 8**, definiéndose estructuras



de tallas representativas de la subzona (**Fig. 39**). Este procedimiento fue aplicado para la estimación de la biomasa y abundancia por cada subzona.

La significancia de la agrupación se realizó mediante el método Dócima de Homogeneidad Generalizada (DHG), que testea mediante el chi-cuadrado las distintas estructuras de tallas. En este caso, las comparaciones de las estructuras de tallas se hicieron entre las subzonas respecto al total y de cada lance de pesca respecto a la definida para la subzona.

Mediante el método DHG se confirma la existencia de estratos en las estructuras de tallas, resultando diferencias significativas en las estructuras de tallas de anchoveta entre las subzonas definidas (**Tabla 9 y 10**), puesto que en todas el chi-calculado fue mayor que el chi-crítico, por lo que en todos los casos se rechaza la hipótesis de igualdad.

La comparación de las estructuras de tallas de los lances agrupados dentro de cada zona (**Tabla 10**), indica homogeneidad significativa al 0,05 %. Sólo los lances 10 de la zona 3; 19 de la zona 4; 41 y 42 de la zona 5 no se corresponden a la estructura de la zona respectiva, pero son incorporados a la subzona total dada la cercanía con los otros lances.

Se debe destacar que las zonas 6, 7 y 9 están representadas por un solo lance (59, 58 y 64, respectivamente).

## **4.2 Calibración del sistema acústico**

### **4.2.1 Calibración hidroacústica**

La calibración hidroacústica del ecosonda científico Simrad EK-500 se realizó en Mejillones antes del crucero. Para la calibración se utilizó una esfera de cobre de 60 mm de diámetro diseñadas para la frecuencia de 38 Khz.



Los resultados de la calibración en la frecuencia de 38 khz, frecuencia de trabajo en la prospección (**Tabla 11**), indican un adecuado funcionamiento del sistema acústico con variaciones inferiores a  $\pm 0.4$  dB respecto a los resultados históricos (**Tabla 12**).

#### **4.2.2 Calibración *in situ* de la intensidad de blanco (TS) de la anchoveta respecto a su longitud.**

En los lances de pesca se recolectó información de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta en la frecuencia de 38 khz, utilizándose los pulsos medio (1,0 ms) y corto (0,3 ms). Los intervalos de clase considerados en los histogramas de los TS y las tallas de anchoveta fueron 0,5 dB y 0,5 cm, respectivamente.

Del total de lances en que se recolectó la información del TS, se seleccionaron 16 y 10 experimentos con el buque detenido o navegando a baja velocidad (1 a 1,5 nudos), el criterio de selección fue que las capturas estuviesen compuestas en forma mayoritaria por anchoveta y que los TS recolectados se presentaran en rangos esperados para la especie, teniendo presente las ecuaciones TS/L disponibles, también se rechazaron aquellos TS que evidentemente provinieran de ecos múltiples, finalmente se consideraron 61 pares de datos, dado que en algunos casos la distribución de tallas fue multimodal.

Los TS modales seleccionados según el método del PDF, variaron entre  $-55,0$  y  $-47,5$  dB, mientras que las longitudes totales de anchoveta, pareadas con dichos TS y consideradas en los experimentos fluctuaron entre 9 y 17,5 cm.

En las **Fig. 40 a 44** se presentan los histogramas de los TS y de las respectivas tallas de las anchovetas utilizadas en el ajuste final de la ecuación de regresión.



Con los datos de TS obtenidos con el pulso medio (1,0 ms) y filtrados según el método del PDF, pareados con las respectivas tallas de anchoveta, se ajustó la ecuación de regresión mediante el método de los mínimos cuadrados (**Fig. 45**). En la **Tabla 13**, se presentan los  $TS_{mo}$  ajustados con el método del PDF y utilizados en el ajuste de regresión. El análisis de varianza, indica que los datos se ajustaron a la regresión con un 95% de confianza (**Tabla 14**).

La ecuación obtenida mediante este procedimiento fue:

$$\begin{aligned} TS &= 20,74 \text{ Log } ( L ) - 74,291 \\ R^2 &= 0,908 \\ N &= 61 \end{aligned}$$

La ecuación estandarizada al modelo general fue:

$$TS = 20 \text{ Log } ( L ) - 73,44$$

#### 4.3 Estimación de la abundancia y biomasa de anchoveta

El estimado de biomasa de anchoveta se realizó en base a los siguientes factores:

- $TS = 20 \text{ LOG } ( L ) - 73,44$ .
- $PESO = 0,0058 L^{3,0959}$

La biomasa de anchoveta presentó una clara estratificación espacial concentrándose alrededor del 44 % del total al sur de Antofagasta (subáreas 8 y 9), con una densidad promedio de 1.914,5 t/mn<sup>2</sup>, en la subzona 9.



La biomasa de anchoveta en toda la zona de estudio (Arica a Taltal), varió entre 521.571 y 653.136 t, según el método utilizado, obteniéndose el menor estimado con las variables regionalizadas y el mayor con Bootstrap (**Tablas 15 a 17**), con una densidad promedio de 157 t/mn<sup>2</sup>. Las tallas modales de la biomasa estuvieron entre 11,5 y 13,5 cm (**Fig. 39 y 46**).

Entre Arica y Antofagasta (se excluyen las subáreas 8 y 9) la biomasa varió entre 356.773 y 359.148 t. En este sector, el 28% de la biomasa de anchoveta se presentó en la subzona 5 (21° 22,5´S a 23° 12,5´S) la que representó un 15,8% del total (Arica-Taltal).

La biomasa de ejemplares de talla igual o menor a 12 cm, considerados como reclutas, para toda la zona, fluctuó entre 179.216 y 194.614 t representando entre el 28 y 30% de la biomasa total, según el procedimiento utilizado. La mayor concentración de esta fracción de la biomasa, se registró en la subzona 8 (23° 55,0´S a 25° 05,0´S) con un valor que varió entre 163.463 y 148.243 t valor que representó sobre el 82% de la biomasa total de reclutas, con tallas modales en 9 y 11,5 cm (**Fig. 39 y 46**). En la zona Arica- Antofagasta los reclutas variaron entre 30.973 y 31.152 t concentrándose en la subzona 4, con un 63,3% y una biomasa levemente superior a 15.503 t, valor que representó alrededor del 8% del total de reclutas y del 50% de la zona.

El Índice de cobertura de la anchoveta, que indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie fue de 24% y el índice de densidad (ID) alcanzó a 4.177,3 t/mn<sup>2</sup>. Los mayores IC se registraron en las subzonas 4 y 9, con 59,3 y 61,2% e ID de 2.216,1 y 13.606,4 t/mn<sup>2</sup>, respectivamente. El valor más alto de los ID correspondió a la subzona 8 (24.132 t/mn<sup>2</sup>) que con el menor IC (9,0 %) de las subzonas consideradas, situación que indica claramente el alto grado de agregación que presentó el recurso en la subzona (**Tabla 15**).



La abundancia total varió entre 42.484 y 44.996 millones de ejemplares, según el método de estimación utilizado (**Tablas 18 a 20**). La mayor concentración de la abundancia de anchoveta se presentó en la subzona 8 ( $23^{\circ} 55,0'S$  a  $25^{\circ} 05,0'S$ ) con más del 57% del total y el 88,3% de los juveniles.

Entre Arica y Antofagasta se presentó el 21% del estimado total de la abundancia variando entre 3.328,4 y 3.347,4 millones de ejemplares, concentrándose en la subzona 3 ( $18^{\circ} 52,5'S$  a  $21^{\circ} 22,5'S$ ) el 33,7% (5.346,4 a 5.379,9 millones de ejemplares) de la zona y el 12% del total. Los reclutas fluctuaron entre 24.877,4 y 27.108,6 millones de ejemplares, representando entre un 58,6 y un 60,2 % del total.

#### **4.4 Precisión de los estimados de biomasa**

Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la biomasa total de anchoveta variaron entre 0,046 y 0,086 según el método de estimación utilizado (**Tabla 21**), registrándose la mayor precisión con el método de las variables regionalizadas (geoestadístico) siendo muy similares para los otros métodos, variando entre 0,08 y 0,086, expresándose en errores del 7,6 y 14,1%, respectivamente.

La fracción reclutas registró CV levemente superiores a los señalados para el total, variando entre 0,041 y 0,093, siendo los menores CV los alcanzados con el método de las variables regionalizadas (0,041).

#### **4.5 Abundancia de anchoveta por edad**

##### **4.5.1 Elaboración de la clave edad-talla**

Para la elaboración de la clave edad-talla se analizó un total de 171 pares de otolitos de tallas comprendidas entre los 6,5 y 19,0 cm de longitud total. En esta



matriz, los grupos de edad se distribuyeron entre los grupos de edad **0** y **IV**, pero de éstos los grupos **0** y **I**, que corresponden a la clases anuales 2000 y 1999 respectivamente, están representados en el orden del 69% de la muestra analizada (**Tabla 22**).

#### **4.5.2 Composición en número por grupo de edad**

La clave edad-talla lograda se expandió a la estructura de tallas de la biomasa estimada en el crucero, observándose que la población en estudio se distribuyó entre los grupos **0** y **IV**, sin embargo el grupo de mayor relevancia en número de ejemplares fue el **0** con el 65%, el cual en términos de peso representó el 37%, mientras que el grupo de edad **I**, que en número llegó sólo al 26%, en peso alcanzó también al 37%, lo que se debe a la gran diferencia en peso entre los ejemplares de cada grupo (pesos promedio de 7 y 17g, respectivamente) (**Tabla 23**).

#### **4.6 Distribución espacial de los recursos**

Las especies que se identificaron en los lances de pesca y que se detectaron en la prospección acústica fueron la anchoveta (*Engraulis ringens*), mote o bacaladillo (*Nomanichthys crockeri*), jurel (*Trachurus murphyi*), sardina española (*Sardinops sagax*), langostino (*Pleuroncodes sp*), caballa (*Scomber japonicus*), calamares, eufaúsidos, medusas, y agujilla (*Scomberox saurus*) (**Fig. 47 y 48**).

La anchoveta se distribuyó prácticamente en toda la zona de estudio presentando una distribución entre la costa y las 8 mn (**Fig. 47**) con las mayores concentraciones en las primeras 3 millas de la costa. El sector al sur de Antofagasta, concentró el 58,1% de las lecturas acústicas totales. Los sectores posibles de destacar por sus niveles de alta densidad (sobre 300 t/mn<sup>2</sup>) se detectaron entre Arica y punta Argolla (18°50'S); a la cuadra de Pisagua (19°35'S); entre punta Barranco (20°40'S) y punta Lobos (21°00'S); entre punta Guanillo del Norte



(21°15'S) a punta Chileno (21°30'S); punta Arenas (21°40'S) a Mejillones (23°00'S), cercanías de Antofagasta y norte de Paposo (24°50'S) hasta las cercanías de Taltal (25°25'S).

La mayor concentración de reclutas se registró entre Paposo y punta Grande (25°08'S), representando el 32,4% de las lecturas acústicas totales del crucero.

El mapa de distribución de la anchoveta está basado en 4.080 celdas, en las que en 3.021 se detectó la presencia del recurso. En los mapas se observa que en general el recurso presentó un comportamiento gregario y con un índice de ocupación ( $IO = n^\circ \text{ de celdas positivas} / n^\circ \text{ de celdas totales}$ ) de 74%.

El índice de cobertura (IC) total (cociente entre las cuadrículas con presencia de recurso y las cuadrículas totales) es de 0,257, los IC por categorías de densidad variaron entre 0,173 para la menor (Presencia) y 0,024 para la alta (Tabla 24).

En cuanto a la distribución latitudinal se detectó una diferencia significativa entre las densidades de los reclutas de anchoveta entre zonas ( $F_{\text{zona}} = 141$ ,  $p > 0,05$ ) la prueba post-hoc LSD permite señalar que la densidad de zona 8 (23°55'S – 25°05'S) difiere de las que se encuentra en zonas 1 a 7 ( $p < 0,5$ ), un resultado análogo se presenta en el caso de la zona 9 (25°05'S – 25°25'S) en relación con la densidad que se presentan en las densidades de la zonas 1 a 7 ( $p < 0,5$ ); mientras que entre los reclutas de las zonas 8 y 9 las diferencias son significativas sólo a  $p < 0,10$ . Las densidades de los reclutas entre las zonas 1 a 7 no presentan una diferencia significativa con  $p > 0,05$ .

En el caso de los adultos, la zona 9 (25°05'S – 25°25'S) presenta una densidad de anchoveta que difiere a la de las zonas 2 a 7 ( $p < 0,5$ ) y la de la zona 1 difiere a la densidad de las zonas 3, 4, 5 y 7, con  $p < 0,5$ , mientras que a la de las zonas 2 y 6 con  $p < 0,10$ .



El jurel se detectó en el límite oeste de la prospección y particularmente a la cuadra del río Loa (**Fig. 48**). El langostino se detectó en los sectores costeros al norte de Iquique, aumentando su frecuencia al norte de Pisagua (**Fig. 47**).

En el sentido batimétrico, la anchoveta se distribuyó desde la superficie hasta los 20 m de profundidad (**Fig. 49**), con valores porcentuales similares entre los intervalos de 0 a 10 y 11 a 20 m, mientras que el jurel registró una mayor presencia de las agregaciones entre los 10 a 20 m de profundidad.

La distribución batimétrica de la anchoveta estuvo asociada a temperaturas entre 13 a 20 °C, con el mayor número de agregaciones entre 14 a 17 °C; salinidades entre 34,4 a 34,8 psu, agrupado principalmente entre 34,5 a 34,7 psu y oxígeno disuelto desde 1 a 11 mm/l. (**Fig. 49**).

En jurel la temperatura fluctuó entre los 13 a 19 °C siendo los 15 a 16 °C lo más frecuente. La salinidad y oxígeno oscilaron desde los 34,4 a 34,7 psu y 2 a 9 ml/l, respectivamente.

#### **4.7 Distribución horizontal de anchoveta y las condiciones bio-oceanográficas.**

Las distribuciones espaciales de las variables ambientales de temperatura, salinidad, oxígeno y densidad se presentan en las **Fig. 50** y **51**.

##### **4.7.1 En relación con la temperatura**

###### **A. Superficial**

La imagen de la temperatura superficial del mar (TSM) muestra que en el área la TSM varió desde 13 °C a 22 °C (**Fig. 50**). La anchoveta se distribuyó entre los 15°C y 21°C de TSM, con una moda entre los 17° y 18°C (**Fig. 52**). Las TSM



modales en los que se distribuyó la anchoveta tendieron a aumentar hacia el sur de punta Angamos, es así como desde la zona 1 a 6 la anchoveta se presenta en modas de 14° y 15°C mientras que en la zona 7 y 8 fue de 17°C y en la zona 9 en TSM de 16°C.

La señal latitudinal de la TSM presenta un gradiente latitudinal positivo hacia el sur (**Fig. 53**), las temperaturas promedio son más bajas en el norte del área de estudio debido a la mayor presencia de aguas surgentes.

#### **B. A 11 m de profundidad**

La temperatura del mar a 11 m ( $TM_{11m}$ ), profundidad de distribución de la anchoveta, varió entre 12 °C a 21°C. La anchoveta se localizó entre 13 y 21 C, con una moda en 14°C, observándose correspondencia espacial entre las isotermas mayores con las TSM (**Fig. 52**).

La señal latitudinal de la  $TM_{11m}$  por zona se presenta entre los 14°y 19°C desde la zona 1 a la 6, destacándose que ésta se incrementa en dos grados en el área 7 producto de un foco de aguas cálidas (**Fig. 54**).

### **4.7.2 En relación con la salinidad**

#### **A. Superficial**

La imagen de la salinidad superficial del mar (SSM) muestra que en el área la variable registró valores desde 34,4 psu hasta 34,9 psu (**Fig. 50**), lo que es similar a lo expuesto en el crucero de enero del año 2000 (Castillo *et al.*, año 2000). En relación a la distribución de anchoveta y la SSM se observa que ésta se presenta entre 34,4 psu hasta 34,8 psu (**Fig. 52**) con una tendencia a disminuir hacia el sur, este rango es ligeramente más amplio al que se presentaba en enero del 2000,



donde la anchoveta se presentó sólo hasta los 34,7 psu. Desde la zona 1 a la 5 la anchoveta se encontraba solamente en 34,7 psu, mientras que en la zona 6 el recurso se distribuía en 34,6 psu y más al sur en 34,5 psu.

En la **Fig. 53** se observa que la señal superficial de SSM presentó un fuerte gradiente latitudinal negativo hacia el sur que se acentúa desde el paralelo 22°30'S.

#### **B. A 11 m de profundidad**

En la imagen se observa que la salinidad del mar a 11 m ( $SM_{11m}$ ) muestra valores ligeramente más bajos que la capa superficial, con un rango entre 34,4 y 34,8 psu, esto difiere a los encontrados en el crucero anterior. El perfil latitudinal presenta un comportamiento análogo al superficial (**Fig. 54**), observándose un gradiente latitudinal negativo hacia el sur, pero con una suave pendiente. El recurso se encontró asociado a sectores de gradiente negativo de salinidad (**Fig 54**).

### **4.7.3 En relación con el oxígeno**

#### **A. Superficial**

La imagen de oxígeno superficial del mar (OSM) varió entre el mínimo y los 6 ml/l con predominancia de las oxiclinas entre 2 a 3 ml/L (**Fig. 51**), lo que difiere de lo encontrado en el crucero de enero del año 2000 (RECLAN 0001) en que se registraron oxiclinas hasta 8 ml/l. La anchoveta se presenta en un estrecho rango con valores entre 1 y 4 ml/L (**Fig. 52**). Este resultado difiere al del crucero RECLAN 0001 donde la anchoveta se encontraba en un rango entre 4,5 y 6 ml/l.

En la **Fig. 53** se observa que el perfil latitudinal de OSM superficial es bastante homogéneo, a excepción de un importante máximo entre los paralelos 22° y 23° S (subzona 5).



## B. A 11 m de profundidad

En la Fig. 51 se observa que el oxígeno del mar a 11 m ( $OM_{11m}$ ) muestra valores que no difieren sustantivamente de la capa superficial; asimismo, se observa que la anchoveta se distribuyó preferentemente en valores inferiores a 2 ml/l (Fig. 52).

En cuanto al gradiente latitudinal, éste presenta un patrón de comportamiento análogo a la capa superficial (Fig. 54), destacándose que las mayores densidades acústicas se presentaron asociadas al valor menor de la serie.

### 4.7.4 En relación con la clorofila-a

La imagen de la clorofila-a superficial muestra que en el área presentó registros desde 0,1  $\mu\text{g/l}$  hasta valores superiores a los 5  $\mu\text{g/l}$  (Fig. 51). A 11 m de profundidad los niveles de cloa fueron similares a los superficiales, a excepción de la zona entre 21°S y 22°20'S donde fueron más altos que los superficiales (Fig. 51). La anchoveta se presentó en un rango entre 0,1  $\mu\text{g/l}$  y valores superiores 4,5  $\mu\text{g/l}$  (Fig. 52).

En las Fig. 51 y 53 se observa que la cloa promedio alcanzó su máximo en las cercanías de los 19° 30'S de similar manera que en RECLAN 0001, la cloa presenta una tendencia a disminuir en la medida que se avanza hacia el sur, con la excepción puntual de los máximos registrados en los 22°42'S y 23°18'S.

## 4.8 Distribución de la anchoveta en relación con la termoclina

En la Fig. 55 se presenta la posición, en el sentido latitudinal, de los límites batimétricos inicial y final de la termoclina, discretizada en tres franjas longitudinales: 1) costero entre la costa y 3 mn, 2) intermedio entre las 3 y 6 mn y 3) oceánico, superior a 6 mn.



En los sectores costero e intermedio el límite superior del inicio de la termoclina se presentó alrededor de los 5 y 10 m, mientras tanto el límite inferior se ubicaba en promedio a los 10 m. En el sector oceánico, el inicio de la termoclina se presentaba entre los 5 y los 11 m de profundidad, con la excepción de la zona 3 en que se observó una notable profundización de la termoclina iniciándose a 15 m y la parte inferior alcanza los 21 m (**Fig. 55**).

Con este análisis se confirma el carácter altamente costero de la distribución de anchoveta, registrándose el 76% de los ecotrazos entre la costa y las 3 mn, el 16% entre las 3 y 6 mn y sólo un 5% en posiciones más oceánicas. Respecto a la columna de agua en el sector costero los ecotrazos presentan una profundidad mayor que en el más oceánico alcanzando los 30 m al sur de la latitud 25°S. El análisis entre la posición batimétrica del recurso y la termoclina permite señalar que en el sector costero, el 3,7% de los ecotrazos se presentan dentro de los límites superiores e inferiores de la termoclina, un 1,1% bajo la termoclina y el 95,2% traspasan la termoclina. En el sector intermedio el 97% de los ecotrazos traspasa el gradiente inferior de la termoclina y en el sector oceánico esta participación fue de 33%.

Estos resultados difieren a los encontrados en enero del año 2000 (RECLAN 0001), donde el 69% de los ecotrazos se encontró entre los límites superiores e inferiores de la termoclina.

#### **4.9 Asociaciones entre la distribución de reclutas y adultos de anchoveta y las condiciones bio-oceanográficas**

La distribución horizontal superficial y a 11 m de las variables ambientales TSM, salinidad y oxígeno se asociaron con la anchoveta de modo moderadas a sustancial ( $I_{cr}: 0,3 \geq 0,69$ ) (**Tabla 25**).



Las variables ambientales y la densidad de anchoveta se relacionaron mediante un modelo lineal, ajustado con el método de regresión múltiple, según :

$$Sa = 81.274 + 284,9 TSM + 8.673,3 SAL + 217,4 CLOA$$

$R^2 = 0,30$  ( $F = 10,53$ ,  $p < 0,05$ ), TSM ( $t = 3,94$ ,  $p < 0,05$ ), Salinidad ( $t = 6,474$ ,  $p < 0,05$ ) y la gradiente de la clorofila integrada ( $t = 3,54$ ,  $p < 0,05$ ).

Siendo:

Sa : densidad acústica de anchoveta ( $m^2/mn^2$ )

TSM : temperatura superficial del mar

SAL : salinidad

CLOA : clorofila

Los sectores que concentraron principalmente a los reclutas presentaron gradientes térmicas relativamente bajas, menores a  $0,35^\circ C/mn$  con isotermas entre  $18,5$  y  $19,1^\circ C$ ; alta gradiente salina, mayores a  $0,24$  psu/ $mn$ , con isohalneas entre  $34,5$  y  $34,7$  psu.

#### **4.10 Distribución espacial de la anchoveta en los cruceros de primavera-verano (período 1996 – 2000)**

En el período 1996 a 2000 se han efectuado 6 cruceros para cuantificar hidroacústicamente la anchoveta en el pico del reclutamiento. En la **Fig. 56** se presentan las cartografías de la distribuciones de adultos y juveniles de anchoveta clasificado por categoría de densidad. En la **Tabla 26** se observa que en los cruceros RECLAN 9601 (enero de 1996) y 0012 (diciembre de 2000) la anchoveta ocupó las mayores superficies alcanzando a  $4.500$  y  $4.448$   $mn^2$ . Mientras que en



el crucero RECLAN 0001, efectuado en enero del 2000, la anchoveta presentó el área de distribución más reducida del período alcanzando sólo 2.218 mn<sup>2</sup>.

Lo breve de la serie de datos dificulta un estudio multitemporal, sin embargo se aprecia que la superficie ocupada por la anchoveta recluta entre el verano de 1996 (RECLAN 9601) y la primavera de 1998 (RECLAN 9811), agrupando a los cruceros RECLAN 9601, 9611, 9801 y 9811 fue mayor que (Tabla 26) a la que se encontró en enero y diciembre del año 2000 (cruceros RECLAN 0001 y 0012). Aparentemente la tendencia es que en más del 50% del área donde se encuentra la anchoveta comparten los espacios los reclutas y los adultos. Una excepción a lo anterior, la presenta el crucero RECLAN 0001, realizado en enero de 2000, donde en el 87% del área se presentaron sólo ejemplares adultos. Cabe hacer notar, que en ese crucero la anchoveta se encontraba más agregada ocupando una menor superficie (Tabla 26) y una mayor participación de ESDU de alta densidad (Fig. 56).

Para intentar detectar un patrón de comportamiento de los reclutas de anchoveta y los adultos se estimaron los centros de gravedad de la distribución espacial por cada grupo y por crucero (Fig. 57). Se puede observar que en los años 1996, 1997 y 2000 los reclutas se ubican más al norte que los adultos. El patrón de comportamiento antes señalado no se presenta en los años 1998 y 1999, donde el área se ve afectada por la finalización del evento de El Niño y el inicio del fenómeno de La Niña, en la temporada donde se efectuó el crucero se presentaron condiciones oceanográficas frías, tanto los adultos como los reclutas de anchoveta reaccionaron a dichas condiciones ambientales localizándose más al norte del área de estudio. En cuanto a la posición longitudinal se observa que los adultos no presentan un patrón diferenciado interanual, sin embargo los reclutas cuando se sitúan más al norte (cruceros 9611, 0001 y 0012) presentaron una distribución más costera.



Los análisis anteriores son insuficientes para detectar la existencia de algún patrón diferenciado entre los cruceros realizados en los meses de diciembre y enero, destacándose más bien que el crucero debe adecuarse a la temporada de distribución del recurso y del pico del reclutamiento, que se puede desplazar temporalmente, dependiendo del comportamiento reproductivo y de la presencia de condiciones favorables para la sobrevivencia de los juveniles .

#### **4.11 Asociación entre la biomasa de anchoveta y las capturas**

Los resultados del análisis indican la existencia de una relación funcional entre la biomasa de anchoveta estimada en la primavera-verano, considerada a principios de la temporada de pesca y la captura total del año siguiente, en este caso se incluyó la captura de la flota artesanal (Fig. 58).

Los pares de datos 85/86, 86/87, 97/98 y 98/99 fueron descartados del ajuste por encontrarse evidentemente fuera de la tendencia, situación que en el primer caso se explica por la subestimación de la biomasa en la primavera de 1985, que no se reflejó en las altas capturas registradas en 1986, que constituyen los más altos niveles de la serie. En el caso de los pares 86/87 y 97/98, la influencia de El Niño provocó importantes caídas en las capturas, no obstante los altos niveles de biomasa que se registraron en el verano de 1998 (RECLAN 9801), que para efectos del presente análisis se consideró como primavera de 1997, debido a una modificación en la distribución espacial del recurso, que se localizó en sectores inaccesibles a las artes de pesca. En el caso del par 98/99, se aprecia el efecto de las bajas capturas durante el primer semestre de 1999, provocadas por remanentes de El Niño 1997-98 y que tendieron a normalizarse durante el segundo semestre.

La ecuación ajustada, considerando hasta el estimado de biomasa del RECLAN 0001 (temporada 1999) respecto a la captura del año 2000, fue la siguiente:



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

$$\begin{aligned}C &= 773,715 \text{ Log}(\text{Bio}) - 725,85 \\R^2 &= 0,667 \\N &= 8\end{aligned}$$

Esta ecuación corresponde a una actualización de la alcanzada por Castillo *et al.* (2000), que consideró hasta el estimado de biomasa de la temporada de 1998 :

$$\begin{aligned}C &= 841,29 \text{ LOG (BIO)} - 854,21 \\N &= 7 \\R^2 &= 0,69\end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}C &= \text{Captura 1 año más} \\BIO &= \text{Biomasa de anchoveta de primavera – verano.}\end{aligned}$$

En base a las ecuaciones ajustadas y considerando la biomasa estimada en la primavera de 1998, cruceo RECLAN 9811 (310.108 t), la captura pronosticada para 1999 fue entre 1.241,89, con el modelo de Castillo *et al.* 2000 y 1.201,87 miles de toneladas con el modelo ajustado en el presente proyecto, valores sobreestimados entre 28,8 y 31,1% respecto al valor real que alcanzó a 855.136 toneladas. Para el año 2000 y en base a una biomasa de 306.655 t, los modelos de Castillo *et al.* (2000) y ajustado en el presente proyecto pronosticaron capturas de 1.198,103 t y 1.237,78 t, respectivamente, valores que sobrestimaron en 9,6 y 12,5% la captura real que alcanzó a 1.083.056 t, sin incluir los desembarques de la flota artesanal.

Los pronósticos para el año 2001, realizados en base a la biomasa estimada en el presente proyecto (RECLAN 0012) en la zona Arica-Antofagasta (356.773 t) son entre 1,2 y 1,3 millones de toneladas dependiendo del modelo aplicado. Este valor



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

se puede ajustar a la baja teniendo presente que los modelos han tendido a sobrestimar las capturas reales, de este modo se puede esperar una captura cercana a 0,9 millones de toneladas para el año 2001.



## VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

### 1. Condiciones hidrográficas de la zona norte durante la primavera del año 2000

La presencia de eventos oceanográficos locales determinaron que las condiciones hidrográficas en sectores muy puntuales se presenten en forma anómala, tanto positivas como negativas y en ningún caso se pueden extrapolar a una mayor área. En este sentido se debe tener presente que los datos provienen de una franja muy estrecha y que es necesario validar con información de mayor cobertura espacial.

La intensificación de las surgencias costeras y la fuerte presencia de AESS es uno de los eventos oceanográficos locales registrado en los sectores Arica a Pta. Argolla; Iquique a Cta. Patillos y Pta. Grande a Mejillones y que determinaron anomalías negativas superiores a 0,2 psu en salinidad; 3°C en temperatura y bajo contenido de oxígeno. Mientras que las anomalías positivas de temperatura y salinidad fueron provocadas por la entrada de agua AST hacia la costa en las cercanías de Antofagasta situación favorecida por una ausencia de surgencia desde la Península de Mejillones al sur, lo que también permitió la localización de agua ASAA en la capa superficial al sur de Antofagasta.

Los valores de anomalía de temperatura y salinidad superficial así como los de profundidad de la isoterma de 15°C se presentaron dentro de rangos que pueden ser considerados normales para la franja costera de las primeras 10 millas. Al incorporar la información térmica superficial obtenida en el crucero MOBIO 0012, realizado en forma simultánea al crucero RECLAN 0012 y que abarcó hasta las 100 mn de la costa se puede confirmar la normalidad de las condiciones oceanográficas de la zona norte de Chile. No obstante lo anterior, se observó un levantamiento de la termoclina frente a Arica desde las 40 mn hacia el sector



oceánico, situación que podría indicar la presencia en esa zona de una capa de AST levemente más delgada a lo habitual.

La normalización en la zona de estudio, luego de la presencia más bien débil de La Niña 1998-2000, se comenzó a observar desde el mes de mayo del año 2000 (Braun *et al.*, 2000) con una disminución de las anomalías de temperatura hasta quedar valores menores a 1°C en la actualidad.

La Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) a través de su Boletín de Alerta Climático de los meses de octubre y noviembre (BAC 121 y 122) indicó para el mes de diciembre una intensificación del enfriamiento del mar en el Pacífico Ecuatorial, tanto a nivel superficial como Subsuperficial, con valores de anomalía negativa en esa zona inferiores a 1°C (BAC 123). Alteraciones oceanográficas de esa magnitud en la zona ecuatorial y que responden a procesos más bien locales no alcanzan a afectar la zona norte de Chile.

## 2. Biomasa fitoplanctónica

La zona estuvo bajo un régimen de alta producción biológica, aunque sin llegar a los valores informados para el crucero de reclutamiento realizado en enero del año 2000, en el cual los valores mayores de 10 µg/L se encontraron en prácticamente toda la zona costera, con máximos de hasta 30 µg/L (Osses, *op. cit.*). Durante diciembre de 2000 las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica (i.e. > 7µg/L) se localizaron en las cercanías de la zona costera, asociadas a los bordes internos de los frentes costeros, aunque la intensidad de éstos no pudo ser correlacionada directamente con los niveles de cloa.

La respuesta fisiológica del fitoplancton, como fluorescencia in vivo (fliv), indica que en términos generales las poblaciones estaban en óptimo estado fisiológico sólo en algunas transectas, por ejemplo las número 10, 16 y 19. En otras zonas,



la fliv no fue un buen indicador de la concentración de biomasa fitoplanctónica, por ejemplo transectas 1, 7, 31, 34 y 46, no obstante, lo anterior indica que la disponibilidad de alimento fue adecuada, aunque las magnitudes de cloa fueran menores a las de enero.

Al mismo tiempo la fluorescencia indicó, con una gran resolución espacial, la profundidad máxima de distribución de los máximos de cloa, esta información permite además deducir que si la cloa se distribuyó en forma más profunda durante diciembre que en enero de 2000, es señal que los patrones de circulación en la zona fueron más intensos. Al mismo tiempo el forzamiento eólico indujo una mayor dispersión de la biomasa fitoplanctónica tanto en el plano horizontal como vertical.

La intensificación en las anomalías negativas de temperatura, junto a un mayor forzamiento eólico, habrían inducido una mayor profundización y acumulación de la biomasa fitoplanctónica en la zona costera, generando grandes áreas de características entre meso y eutróficas especialmente entre Arica a las cercanías del río Loa ( $21^{\circ}25'S$ ). Estas zonas con concentraciones casi constantes de biomasa, aunque sea en menores magnitudes que las indicadas para enero del año 2000, son óptimas para el crecimiento de los primeros estadios larvales de desarrollo de la anchoveta.

El desplazamiento hacia el oeste de las isoterms, habría provocado que los gradientes térmicos se localizaran más allá de la zona monitoreada, esta situación no permite indicar si esta vez la biomasa fitoplanctónica fue afectada positivamente por los gradientes costeros, entonces la visión anterior del efecto de éstos sobre las agregaciones de cloa no estaría tan claro, pero solamente debido a un problema de detección de los gradientes.



Desde un punto de vista oceanográfico es posible indicar que la presencia de gradientes costeros en la zona está asociada al afloramiento de masas de agua tipo AESS, las que fertilizan y estabilizan una parcela de agua de tal manera de permitir la acumulación de biomasa fitoplanctónica en la zona y la deja disponible como alimento.

Al sur de Antofagasta, donde la presencia de masas de agua tipo AST, más cálidas y salinas predominan, provocó que los valores de cloa fueran típicos de sistemas oligotróficos, tanto en la superficie como en la columna y al mismo tiempo es posible observar el efecto mínimo que tienen las masas de agua provenientes del sistema antártico, sobre aumentos de importancia de la producción biológica del área. En general, en la zona norte de Chile las masas de agua tipo AESS son las que fertilizan la zona eufótica y son las responsables del gatillamiento de los eventos de crecimiento exponencial del fitoplancton y, en parte, de la estabilización de parcelas de agua, lo que posibilita la formación de zonas de alta estabilidad dinámica y agregación de alimento.

### 3. Biología pesquera

En el presente crucero se ha constatado que los reclutas presentaron una estratificación latitudinal con importantes concentraciones entre punta Coloso ( $23^{\circ} 05'S$ ) y punta Guanillo ( $25^{\circ} 05'S$ ) y desde punta Argolla ( $18^{\circ} 52'S$ ) a caleta Buena ( $19^{\circ} 52'S$ ) y de modo menos frecuente al sur de Arica y río Loa. Esta situación así como la tendencia a que las tallas y pesos de los reclutas disminuyeron junto con el aumento de la latitud, se contraponen con lo registrado en enero del año 2000 en que la tendencia fue inversa y está de acuerdo con la hipótesis que indica que el proceso de reclutamiento comienza a gestarse en el norte y a medida que avanza el verano se intensifica en el sur (Barría, 1990). En relación a los adultos no se aprecia una tendencia en cuanto a la distribución de tallas en el sentido latitudinal. Lo notable es



el aumento consistente en el volumen de las capturas de anchoveta a medida que se avanza hacia el sur.

En el presente caso y a diferencia del RECLAN 0001 (enero 2000), fue notable la presencia de individuos de tallas inferiores a 8 cm, pero si se compara con cruceros anteriores (RECLAN9811-9801-9601), se advierte una ausencia en los peces bajo la talla de 6,0 cm.

Por otra parte, resalta el hecho que los pesos promedio de anchoveta en el presente crucero no aumentaron y más bien tendieron a disminuir respecto a enero del año 2000 (RECLAN 0001) lo que rompió con la tendencia observada en el periodo 1995 a 2000 (enero) en que hubo un aumento sistemático de los pesos promedio por talla con la excepción del verano de 1998 (RECLAN 9801) en que se produjo una importante caída de de los pesos promedio de anchoveta, producto de la alteración ambiental El Niño (**Tabla 6**). Un argumento plausible para explicar esta situación se relaciona con la menor oferta de pigmentos verdes, asociados con alimento, registrado en el presente caso respecto a otros periodos.

El desove de anchoveta en la zona norte, medido por el Índice Gonadosomático (IGS), presenta en forma típica dos máximos en el año, el principal entre julio a agosto y uno secundario entre enero y marzo. La excepción a lo anterior se registró en 1997 puesto que este patrón se modificó, influenciado por la alteración ambiental El Niño, tendiendo a desaparecer el máximo de verano, lo que se mantuvo durante todo el primer semestre con un incremento explosivo a partir de septiembre alcanzando máximos históricos en el IGS de 12 en octubre (**Fig. 59, 60 y 61**). En el 2000, este patrón se mantuvo con un relativo adelantamiento del máximo invernal hacia julio.

Lo anterior se refleja adecuadamente en los pulsos de reclutamiento en las capturas, independiente de su volumen, produciendo un incremento de los peces juveniles



hacia fines de año y principio del siguiente. Es así como el máximo I.G.S de 1996 ocurrido en el invierno (**Fig. 59, 60 y 61**), generó un pulso de reclutas entre diciembre de 1996 y enero de 1997 (**Fig. 62 y 63**). En 1997 se evidenció un pequeño pulso de reclutas, el que continuó en los primeros meses de 1998, provenientes de un desove desfasado durante septiembre y octubre. En 1998, el desove de marzo generó un pulso inusual de reclutamiento en agosto, especialmente en la zona de Antofagasta, mientras que en Iquique y Arica se mantuvo la estacionalidad típica de primavera-verano la que se reflejó en el verano de 1999. Sin embargo el máximo de primavera de ese año fue poco representado en las capturas, observándose pulsos inusuales en julio en la zona de Iquique y un adelantamiento hacia octubre en Antofagasta. Es posible que esta tendencia esté motivada por un comportamiento selectivo de la flota, para evitar la captura en sectores de concentración de reclutas.

El relativo adelantamiento para julio del máximo de desove en el año 2000 (**Fig. 60 y 61**) puede haber provocado que el reclutamiento se presentara a partir de octubre, con un aumento considerable de los reclutas en el último trimestre, sugiriendo una recuperación de la población de anchoveta (**Fig. 62 y 63**), especialmente en Arica e Iquique. Para este año también es notable la presencia de un pulso de reclutamiento en Iquique en junio, del mismo modo que en 1999 y 1996, el que seguramente es provocado por el máximo de desove del verano.

Durante el presente Crucero, las anchovetas adultas se encontraban en estados 2 (descanso reproductivo) y 5 (desove), a diferencia del crucero RECLAN9801 y 0001 en que el 90 % de las hembras se encontraron en estado 2 lo que indica que habrían finalizado su época reproductiva (**Fig. 60**).

Se aprecia una relación entre las tallas de los ejemplares muestreados con los estados de madurez. En todas las zonas de estudio se observa un comportamiento similar en la aparición de los diferentes estados de madurez. El estado 2 se gatilla siempre entre el rango 12-13,5 cm con una ocurrencia por sobre el 80 %, hasta que



decae cercano a los 14,5 cm, en donde el estado 5 comienza a aumentar alcanzando su máximo entre las tallas 15 y 15,5 cm. El estado 4 se gatilla sobre los 14,5 cm y exceptuando la zona de Arica, se mantiene mayoritariamente en ascenso hacia tallas mayores. Se observa además a tallas mayores de 16 cm un comportamiento inverso entre los estados 4 y 5, en donde a medida que el primero aumenta el segundo disminuye. Esto implica que el mayor porcentaje de ejemplares ha desovado y los que finalizan el proceso reproductivo son las anchovetas de mayor tamaño.

La proporción sexual de las anchovetas presentó un marcado predominio de las hembras bajo longitudes de 13,5 cm, donde no se encontró ningún macho, y sobre los 17 cm, exceptuando la zona de Iquique único lugar donde se encontraron ejemplares machos sobre los 17 cm. Es importante destacar que las hembras predominaron por sobre los machos, lo que se explica porque en período reproductivo aumenta la vulnerabilidad de las mismas al arte de pesca.

Las diferencias de los pesos medios por zona de pesca sugieren tasas de crecimiento relativo distintos entre las distintas zonas consideradas provocadas seguramente por la existencia de distintas ofertas de alimento en estos hábitats, hecho que efectivamente se confirma con la mayor disponibilidad de pigmentos verdes entre Arica y río Loa, esta oferta de alimento relativamente mayor puede ayudar a explicar las diferencias en crecimiento somático latitudinal en el crucero.

#### **4. Modelos no lineales en el ajuste de la relación Longitud-peso de la anchoveta**

En general, en biología pesquera desde largo tiempo se ha aceptado que el crecimiento en peso de los peces es explicado adecuadamente por una relación potencial:



$$W = a \cdot L^b$$

Donde:

- W = Peso total (g)
- L = Longitud total (cm)
- a y b = Parámetros de la relación alométrica.

La determinación de los parámetros de esta relación longitud-peso, tradicionalmente se ha realizado mediante la linealización del modelo, aplicando una transformación logarítmica neperiana y ajustándose mediante el método de los mínimos cuadrados. Este procedimiento realiza una aproximación analítica de los parámetros y en algunos casos sus desviaciones estándar resultan irreales (Gayaniños y Pauly, 1997).

De allí que algunos autores recomiendan utilizar en forma alternativa otros procedimientos, como el método no lineal. Este procedimiento consiste en minimizar los residuales en un espacio paramétrico mediante una rutina iterativa.

Teniendo presente estas consideraciones y la necesidad de aplicar los procedimientos más adecuados en la estimación de los parámetros biológicos, en el presente trabajo se analizan en forma comparativa los ajustes al modelo de relación longitud-peso, mediante la transformación logarítmica, denominado método lineal y por intermedio del proceso iterativo que asegura la búsqueda de parámetros a y b, que minimizan la suma de cuadrados residuales, lo que se denomina método no-lineal.

La comparación de la bondad de los dos ajustes debe tener presente las diferencias en la estructura de los modelos, puesto que en el caso de la transformación logarítmica, el error se aplica en forma multiplicativa, mientras que en el caso del modelo no-lineal, este error se aplica de modo aditivo., Según:



Ajuste Lineal:

$$W_i = b_1 L_i^{a_1} \varepsilon_i$$

Ajuste no-lineal:

$$W_i = b_2 L_i^{a_2} + \varepsilon_i$$

Los tests que prueban la bondad de ajuste de los modelos aplicados requieren que el tamaño de la muestra asegure que se reduzca la variabilidad de ellos, en este caso se dispone de una muestra suficientemente grande para que la variabilidad de los pesos de la anchoveta no sea sesgada. El problema que se presenta para comparar la bondad de los ajustes con los modelos lineales y no-lineales, lo constituye la estructura de la varianza, puesto que en el método no-lineal la varianza es sesgada.

Los criterios entonces para determinar el modelo que tenga el mejor ajuste a los datos son que por una parte se cumpla que la esperanza del error residual sea igual a cero y que la varianza permanezca constante con los cambios en la variable dependiente (PESO) o independiente (L) (Skillman y Yong, 1994) y finalmente comparar la proporción de la variación en torno a la media por medio del coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

De acuerdo a este criterio el mejor ajuste en la relación longitud-peso se alcanzó con el método no-lineal ( $R^2 = 0,9656$ ) respecto a  $R^2 = 0,9186$  alcanzado con el método lineal, situación que no se había presentado en el crucero RECLAN 0001, en los que el ajuste lineal presentaba un  $R^2$  mayor.

Finalmente, al comparar los parámetros de ambos ajustes (**Tabla 7**), se aprecian leves diferencias en los estimados de peso para cada longitud, resultando con menores pesos el método no lineal bajo tallas de 11,5 cm, y pesos mayores sobre la misma talla. Las diferencias de peso no sobrepasan los 0,04 g bajo longitudes 11,5 cm, sobre esa talla las diferencias llegan a los 0,92 g (**Tabla 6**).



Aún cuando el ajuste con el método no-lineal, fue evaluado levemente mejor que el alcanzado con el método lineal, se ha optado por mantener y utilizar los parámetros de este último, dada su consistencia histórica y las sutiles diferencias entre ambos ajustes. En todo caso es importante señalar la necesidad de mantener la estimación de la relación longitud-peso con el método linealizado a efectos de comparar con la base de datos histórica de la especie

## 5. Relación TS-L de anchoveta

La relación TS/L ajustada en el presente caso varía entre  $-0,02$  y  $0,47$  dB respecto a las ecuaciones ajustadas en los experimentos realizados hasta la fecha, siendo levemente inferior a RECLAN 9601 ( $-0,02$  db) y RECLAN 0001 ( $-0,08$  dB) y mayor a las ajustadas en RECLAN 9801 ( $0,11$  dB) , RECLAN 9611 ( $0,299$  dB) y RECLAN 9811 ( $0,47$  dB).

Un factor que podría explicar las diferencias entre las relaciones ajustadas, aún cuando estas pueden ser consideradas dentro de rangos aceptables, son las variaciones en el rango de tallas de las anchovetas que se consideraron en los distintos experimentos y la agrupación de ellas. Es así como las anchovetas consideradas en el ajuste de la relación funcional del presente caso, variaron entre  $9$  y  $17,5$  cm, con una mayor frecuencia en el rango  $14,5$  y  $17$  cm y con una menor presencia en las tallas entre  $9$  y  $13$  cm. Situación similar a la observada en RECLAN 9601 y 0001, mientras que las tallas de la anchoveta medidas en el experimento RECLAN 9811 variaron entre  $6,5$  y  $16,5$  cm, siendo comparable al rango medido en RECLAN 9611, que fluctuó entre  $7$  y  $17,5$  cm (Castillo *et al.*, 1997) y en RECLAN 9801 (Castillo y Espejo, 1998) varió entre  $10$  y  $16,5$  cm, en cuyos casos las tallas menores tuvieron un mayor peso.

El factor de condición de los peces constituye otro elemento que debe ser considerado para explicar las diferencias entre las ecuaciones ajustadas, puesto que podría influir en las respuestas sónicas de los peces en los distintos cruceros.



El leve menor peso registrado en el presente caso (PESO = 0,0058 L<sup>3,0959</sup>) respecto al RECLAN 0001 que (PESO = 0,00760616 L<sup>3,004921436</sup>) que a su vez presentaron pesos levemente inferiores a los registrados en RECLAN 9811 (PESO = 0,00684828 L<sup>3,05293858</sup>), hecho que se incrementó al comparar con los obtenidos en RECLAN 9611 (PESO = 0,007625 L<sup>2,975728</sup>) y siendo aún mayores las diferencias con RECLAN 9801 (PESO = 0,00664 L<sup>3,02828</sup>) que debido al evento El Niño 1997-98 presentó los menores pesos de la serie considerada.

Al comparar la ecuación estandarizada ajustada en el presente experimento con los resultados disponibles de otros autores, se observa que es alrededor de 1,54 dB menor respecto a la ecuación para fisóstomos o clupeidos  $TS = 20 \text{ LOG } L - 71,9$  ajustada por Foote (1986).

Barange (1994) informa para la anchoveta del Cabo (*Engraulis capensis*) un TS de -57,84 y -57,73 dB para peces de tallas 7,5 y 7,34 cm, respectivamente, valores que son alrededor de 1,6 a 1,7 dB inferiores a los obtenidos con la ecuación determinada en el presente trabajo para las mismas tallas. Barange *et al.* (1996) informa para la misma especie un  $b_{20} = -76,1$  valor que es alrededor de 2,7 dB menor al alcanzado en el presente estudio.

El análisis de las ecuaciones TS-L ajustadas para la anchoveta en Chile, incluida la alcanzada en el presente estudio, indica que los resultados se ubican en un valor intermedio entre las ecuaciones obtenidas para el arenque en el mar del norte y la anchoveta del Cabo en sudáfrica, con algunas diferencias que se explican debido a las distintas características biológicas entre las especies.

## 6. Estimaciones de biomasa y abundancia de anchoveta

Debido a que la serie de datos disponible corresponde a la zona Arica-Antofagasta, los resultados del presente crucero se contrastan en dos grandes zonas entre Arica a Antofagasta y Antofagasta a Taltal.



La biomasa de anchoveta obtenida en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta con el método Hansen-Wolter representó un incremento del 16,3 y 15,0% respecto a los alcanzados en la misma zona en RECLAN 0001 (enero del 2000) (306.655 t) y RECLAN 9811 (noviembre de 1998) (310.108 t) y registró una reducción cercana al 44,9 % y 24,5 % respecto al verano de 1998 (RECLAN 9801) (647.760 t) y a la primavera de 1996 (RECLAN 9611) (472.822 t), respectivamente. En relación al verano de 1996 (RECLAN 9601), en que se registraron 102.010 t, el presente estimado representa un incremento cercano al 250 %.

Al considerar la totalidad de la zona (Arica-Taltal), las diferencias se acentúan, constituyéndose en uno de los estimados mayores de la serie, comparable con el registrado en RECLAN 9801 (enero de 1998) (**Fig. 64**) que correspondía al estimado mayor de la serie. De este modo, la biomasa entre Arica a Taltal representó un incremento del 106,9 % respecto a los estimados en enero del 2000 (RECLAN 0001); 104,6% en relación a la primavera de 1998 (RECLAN 9811) y del 64,4 % en comparación a la primavera de 1996 (RECLAN 9611).

La fracción de reclutas de anchoveta (en peso) en la serie disponible, en áreas comparativas (Arica-Antofagasta) ha variado entre 22,6 y 65,5%, con importantes fallas en el verano de 1996. En efecto, esta fracción fue un 53,4% para el verano de 1995 (RECLAN 9501); 7,6% para el verano de 1996 (RECLAN 9601); 25,56% en la primavera de 1996 (RECLAN 9611); 22,6% en el verano de 1998 (RECLAN 9801); 65,5% en la primavera de 1998 (RECLAN 9811) y 34,98% en el verano de 2000 (RECLAN 0001), constituyendo el presente resultado una nueva falla en el aporte de los juveniles al total, comparándose con el valor alcanzado en la primavera de 1996, con sólo un 8,7% (**Fig. 64**). Sin embargo al considerar la importante fracción de los juveniles que fueron detectados al sur de Antofagasta, la proporción se modifica alcanzando al 28,2%.



En este caso y al igual que en el verano del año 2000, las mayores diferencias de los resultados actuales con los casos anteriores, lo constituye la importante agregación espacial de los juveniles que para el verano del año 2000 (RECLAN 0001) se presentó en el límite norte de la zona de estudio y en el presente caso fue hacia el extremo sur y que justificó plenamente la ampliación de la zona de estudio, puesto que el sector sur representó un 77,8% de la biomasa total de anchoveta de la zona norte y el 478,6% de los juveniles estimados para Arica-Antofagasta.

Los estimados de abundancia de anchoveta en la zona Arica-Antofagasta, para el periodo 1995-2000, han fluctuado entre 2.160 y 44.065 millones de ejemplares obteniéndose el valor mayor en enero de 1998 (RECLAN 9801), correspondiente a la temporada 1997 y el menor en enero de 1996 (RECLAN 9601), asociado a la temporada 1995. El estimado alcanzado en el presente caso (15.900 millones de ejemplares) corresponde a un incremento del 34,7% y del 633% respecto al verano del 2000 (RECLAN 0001) (11.800 millones de ejemplares) y verano de 1996 (RECLAN 9601) (2.160 millones de ejemplares); una reducción del 52,8; 63,9 y 47,7% respecto a verano de 1998 (RECLAN 9801) (33.707 millones de ejemplares), verano de 1996 (RECLAN 9601) (44.065 millones de ejemplares) y primavera de 1996 (RECLAN 9611) (30.384 millones de ejemplares).

Al incorporar en el análisis la zona al sur de Antofagasta, se modifica el aporte del presente crucero respecto a los anteriores, observándose que correspondió a uno de los valores más altos de la serie, representando un incremento entre 1863% respecto al verano de 1996 (RECLAN 9601) y 26,0% respecto a diciembre de 1998 (RECLAN 9812), siendo comparable al informado para el verano de 1998 (RECLAN 9801) (**Fig. 64**).

Los aportes de los reclutas a la abundancia han sido variables en la serie disponible, fluctuando entre un 30 % en el verano de 1996 (RECLAN 9601) a un



87% en diciembre de 1998 (RECLAN 9812). En el presente caso, el aporte de los juveniles entre Arica y Antofagasta es el menor de la serie, alcanzando solamente a 21%, valor que se modifica al 59% al incluir los resultados alcanzados en el sector Antofagasta-Taltal.

## 7. Precisión de los estimados de biomasa

En el presente trabajo, la variabilidad del estimado de abundancia y biomasa, incluye además de la correspondiente al muestreo acústico, aquella proveniente del coeficiente de ecointegración, peso promedio y estructura de tallas. Es así como en la cadena de varianzas se produce una compensación que resultan en un CV inferior a los que regularmente se alcanzaban en ocasiones anteriores y que superaban el 0,25 , cuando el coeficiente de ecointegración se consideraba como una constante y afectaba al estimado como un factor al cuadrado.

El mayor aporte a la variabilidad total proviene del muestreo acústico, el que a su vez es reflejo del patrón de distribución de los recursos. De allí entonces que en general el método de las variables regionalizadas, entrega indicadores de la variabilidad menor que en los otros métodos, puesto que incorpora el factor espacial de la distribución de los recursos. Los métodos de los Estratos Agrupados y Bootstrap entregan mejores indicadores en distribuciones de mayor variabilidad, mientras que los indicadores de la precisión (Coeficientes de error y de Variación) obtenidos con el método de los Conglomerados son menores cuando presentan una menor variabilidad dentro de las transectas. Esto se debe a que el método de Conglomerados (Hansen *et al.*, 1954) es el único de los propuestos que considera la variabilidad dentro de las transectas, mientras que en los otros casos se considera a la transecta como un solo dato, midiendo solamente la variabilidad que se registra entre ellas y que es atribuible a la distancia entre las transectas.



En el presente caso se alcanzaron Coeficientes de Variación de la biomasa entre 0,046 y 0,086 , dependiendo del método aplicado, con errores entre 7,6 y 14,1%, alcanzándose la mayor precisión con el método de las variables regionalizadas. Los CV calculados para la abundancia variaron entre 0,126 y 0,157, siendo también el más bajo el obtenido con el método de las variables regionalizadas.

La información proporcionada por pescadores obtenida durante el crucero y que indicaba la presencia de anchoveta juvenil hacia el sur del límite de la zona de prospección, obligaron a adecuar el plan de muestreo acústico para incluir la zona al sur de Antofagasta. El plan de muestreo aplicado consistió en transectas perpendiculares a la costa separadas por 10 mn y luego por una prospección costera, adaptando el muestreo a la distribución espacial de la anchoveta.

La modificación en el plan de muestreo afecta la estructura de la variabilidad, motivo por el cual el análisis debe ser realizado considerando la situación para la zona Arica-Antofagasta separada de la zona al sur de Antofagasta.

Dado lo anterior, el método de las variables regionalizadas se presenta como el más eficiente para calcular las varianzas, considerando la información de cada ESDU como independientes, evitando así tratar la información como proveniente de transectas.

De este modo, en la **Tabla 27** se presenta la variabilidad por subzona calculada con el método de las variables regionalizadas, destacándose el CV para la abundancia de 0,129 para la zona Arica-Antofagasta en contraste al bajo CV (0,0381) obtenido entre Antofagasta y Taltal, valores que se compensan al hacer el cálculo para toda la zona. Del mismo modo, el CV correspondiente a la biomasa fue mayor para la zona Arica –Antofagasta (0,207 ) respecto al 0,1289 obtenido entre Antofagasta y Taltal. Estos resultados son comparables a los históricamente alcanzados en cruceros anteriores, para la zona Arica-Antofagasta. Es así como



en el 9801 se obtuvo un CV entre 0,17 y 0,21 ó en el RECLAN 9611 en que se alcanzó un CV de 0,25 y Error de 41,9%, registrándose las mayores precisiones con el método geoestadístico.

Castillo *et al.* (2000) ha intentado determinar el efecto de la separación de las transectas sobre la variabilidad, comparando el CV correspondiente a agrupadas a diferentes distancias. De este modo, se aprecia que al aumentar la distancia entre las transectas el CV aumenta de forma potencial, no lográndose en ninguno de los casos considerados la asíntota, la pendiente mayor en el CV se presentó al cambiar desde 5 a 10 mn, variando alrededor de 10 puntos, este cambio se moderó al cambiar desde 10 a 20 mn, reduciéndose después de las 20 mn. Las ecuaciones de regresión ajustadas a los datos indican que el crucero de la primavera de 1996 (9611) es comparable a los obtenidos en el RECLAN 0001 pero con una leve reducción en el intercepto. Los otros cruces RECLAN 9801, 9601 y 9811 presentaron interceptos menores y pendientes mayores que el alcanzado en RECLAN 0001. La mayor variabilidad de los CV al aumentar la distancia entre transectas, refleja una distribución más contagiosa del recurso, especialmente en el caso ocurrido en RECLAN 9811.

Los estimados de biomasa no presentaron cambios importantes al variar la distancia entre transectas, presentándose un importante aumento en la variabilidad de los datos al considerar las transectas pares o impares, sugiriendo algún grado de periodicidad en la distribución y reflejando el alto grado de agregación de la anchoveta.

## **8. Modelo predictivo de las capturas en base a los estimados de biomasa**

La serie de prospecciones acústicas estacionales realizadas en la zona norte mediante las cuales se registró la reaparición de la anchoveta en 1985, han permitido ajustar un modelo predictivo de las capturas en base a los estimados de



la biomasa de primavera. El modelo entre la biomasa y la captura es del tipo logarítmico y explica significativamente a los datos utilizados al 95% de confianza, para los dos ajustes realizados. Del análisis de varianza aplicado a los dos ajustes, (Tabla 28) se deduce que la ecuación  $C=773,708 \text{ Log}(\text{BIO})-725,85$  presenta un ajuste levemente superior que la ecuación  $C=841,305 \text{ Log}(\text{BIO})-854,208$ .

Lo anterior, indica la íntima relación entre las capturas y la biomasa de la especie en el periodo de reclutamiento y al importante efecto de alteraciones ambientales en las variables analizadas, como es el caso de las capturas de 1987 y 1998 ó en las biomاسas como lo ocurrido en los años 1985 y 1998, datos que fueron soslayados de los ajustes realizados. De este modelo también se puede deducir que la biomasa de primavera en la zona norte puede dar cuenta adecuadamente de las capturas nacionales de anchoveta, apreciándose que los posibles aportes migratorios son inferiores a los esperados.

El modelo logarítmico se explica dado que la captura ha sido controlada mediante el mecanismo de periodos de veda durante el reclutamiento y el desove, por lo que aumentos en la biomasa no se explican linealmente en las capturas. La variabilidad en los estimados son provocados por un efecto combinado entre las alteraciones ambientales; una posible extemporaneidad en las evaluaciones acústicas y un aporte migratorio que permita obtener capturas diferentes a las presentadas en las tendencias.

Es importante mencionar que en el presente caso la serie de datos correspondiente a la fracción reclutas ha sido insuficiente para obtener un modelo predictivo de las capturas no visualizándose tendencias claras entre ambas.

El modelo predictivo con mejor ajuste ( $C=773,708 \text{ Log}(\text{BIO})-725,85$ ) presenta sobrestimaciones en la captura para el 2000 cercana al 14%, lo que se puede



deber a que en el modelo se utilizaron las capturas de la flota semi-industrial y en la comparación final sólo se consideran los registros de la flota industrial, por lo que al incluir la fracción restante, la diferencia entre ambos valores deberá ser menor.

En forma similar a lo explicado anteriormente, la captura predicha para 1999, con el modelo  $C=841,305 \text{ Log (BIO)} - 854,208$  fue sobrestimada en un 34%, lo que se puede explicar básicamente por dos razones: la exclusión de la captura semi-industrial en la comparación y; un movimiento migratorio desde el norte mayor al registrado en el 2000, por lo que las capturas reales fueron mayores a los predichos en el modelo.

También es importante tener presente que las capturas en los peces pelágicos pequeños como la anchoveta, son altamente influidas por los grados de densidad que pueden registrar los cardúmenes ó agregaciones de peces, lo que muchas veces no se refleja adecuadamente en las biomásas, por lo que es recomendable que en el modelo predictivo se incluyan indicadores de la densidad ó algún otro que represente la concentración de los recursos.



## IX. CONCLUSIONES

---

Los resultados analizados permiten concluir lo siguiente:

1. Las condiciones oceanográficas registradas durante la primavera del año 2000 (diciembre) en la zona norte de Chile fueron normales, caracterizadas por:
  - La intensidad del viento fue generalmente bajo, presentandose el 82% de las mediciones con valores entre 0 y 5 m/s. Las direcciones corresponden en un 95% de los datos con intensidad distinta de cero al 2° y 3<sup>er</sup> cuadrante, favoreciendo la surgencia, que se registró en forma permanente desde Arica a la Península de Mejillones con algunos focos de mayor intensidad.
  - Las condiciones superficiales de temperatura presentaron un rango entre 15° y 21,7°C; salinidad desde 34,5 a 34,8 psu y oxígeno disuelto entre >3 a 6 ml/l.
  - Las anomalías de temperatura y salinidad superficial así como la profundidad de la isoterma de 15°C indicadora de la base de la termoclina local, se presentaron dentro de rangos normales para la franja costera de las primeras 10 millas.
  - En la columna de agua se encontró una fuerte estratificación producto del brusco descenso de la temperatura con la profundidad variando entre 0,2°C/m a 1 mn hasta 0,6°C/m a 10 mn.
  
2. Durante diciembre del año 2000 las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica (i.e. >7µg/L) se localizaron en las cercanías de la zona costera, asociadas a los bordes internos de los frentes costeros, aunque la intensidad de éstos no pudo ser correlacionada directamente con los niveles de cloa.



3. La distribución de frecuencias de longitud de anchoveta fue polimodal, con un grupo principal de reclutas situado entre los 6,5 a 12,0 cm con moda a los 10,5 cm y un grupo adulto que abarca desde los 15 a los 19 cm, con moda en los 17,5 cm. En el presente período de estudio registraron segregaciones espaciales de la anchoveta por tamaños, con presencia de reclutas y adultos en diferentes proporciones en las zonas. Se aprecian diferencias significativas en las distribuciones de frecuencia de longitud por zona de pesca con una mayor presencia de ejemplares reclutas en la zona de Caldera y el menor aporte en Arica (11,0 %). Por zona de pesca se concluye que:
- La zona de Arica presentó una distribución de tamaño polimodal, con ejemplares entre los 8,0 y 18,5 cm y grupos principales centrados en los 9,0 cm, 14,5 cm y 16,5 cm; el peso promedio para el total de individuos fue de 20,1 gr y para la fracción recluta que alcanzó al 11 % del total, fue de sólo 5,7 gramos.
  - En la zona de Iquique los tamaños fluctuaron entre los 8,5 y 18,5 cm, aportando un 29,3 % de reclutas, los que alcanzaron una talla promedio de 10,8 cm y 8,7 g de peso promedio. El total de ejemplares registró una talla media de 11,9 cm con 19,6 gr en peso promedio.
  - En la zona de Antofagasta el porcentaje de reclutas fue de un 16,6 %, las tallas variaron entre 9,0 y 19,0 cm, con una media de 14,5 cm, el grupo de reclutas tuvo una moda principal a los 11,5 cm y una secundaria en los 10 cm. El grupo de adultos presentó una moda principal a los 17,0 cm y tres modas secundarias en las tallas 12,5 – 13,5 y 14,0 cm; el peso promedio para el total de ejemplares fue de 22,8 g y para los reclutas 9,8 gramos.
  - La zona de Caldera registró presentó el mayor aporte de reclutas con un 61,3%, con una distribución polimodal en las tallas, las que fluctuaron entre los 6,5 a 19 cm. con una longitud promedio de 14,3 cm, destacando en esta distribución tres modas para los reclutas, la principal a los 9,0 cm, y secundarias a los 8,0 y 10,0 cm. Los adultos presentan una distribución



similar con una moda principal a los 17,0 cm y dos secundarias en los 12,5 y 13,5 cm. El peso promedio para el total de ejemplares de esta zona llega a los 17,7 gr y para los reclutas 6,2 gramos.

4. La proporción sexual estuvo dominada levemente por las hembras con un 51,2%, las que presentaron su mayor ocurrencia sobre tallas de 17 cm, con un leve predominio entre los rangos 12,0 a 13,0 cm y 15,0 a 15,5 y un 48,8% de machos los que dominaron en rangos de talla entre 15,5 a 17 y 13 a 15 centímetros.
5. En la totalidad del área de estudio el proceso reproductivo estaba finalizado con un predominio del estado 2, con un 43,5 % para los ejemplares adultos.
6. La biomasa de anchoveta entre Arica y Taltal varió entre 521.571 y 653.136 t, según el método utilizado, obteniéndose el menor estimado con el método de las variables regionalizadas y el mayor con el método Bootstrap, registrándose una clara estratificación espacial concentrándose alrededor del 44 % de la biomasa al sur de Antofagasta. Entre Arica y Antofagasta se estimó una biomasa entre 356.773 y 359.148 toneladas.
7. La biomasa de ejemplares de talla igual o menor a 12 cm, considerados como reclutas, en la zona Arica-Taltal fluctuó entre 179.216 y 194.614 t representando entre el 28 y 30% de la biomasa total, según el procedimiento utilizado. En la zona Arica- Antofagasta los reclutas variaron entre 30.973 y 31.152 t , constituyendo uno de los valores más bajos de la serie disponible. La mayor concentración de reclutas se registró al sur de Antofagasta con un valor que varió entre 163.463 y 148.243 t representando sobre el 82% de la biomasa total. En esta subzona, las tallas modales se presentaron en 9 y 11,5 centímetros.



8. La abundancia de anchoveta para la zona Arica-Talta varió entre 42.484 y 44.996 millones de ejemplares, según el método de estimación utilizado. Entre Arica y Antofagasta este estimado varió entre 3.328,4 y 3.347,4 millones de ejemplares. La mayor concentración de la abundancia de anchoveta se presentó al sur de Antofagasta con más del 57% del total.
9. La abundancia de reclutas en la zona Arica-Taltal fluctuó entre 24.877,4 y 27.108,6 millones de ejemplares, representando entre un 58,6 y un 60,2 % del total. Entre Arica y Antofagasta la abundancia de los reclutas varió entre 3.328,4 y 3.347,4 millones de ejemplares, representado alrededor del 21% de la abundancia de la zona. La mayor concentración de reclutas se registró al sur de Antofagasta, con un 88,3% del total estimado.
10. La estructura de edad se caracterizó por ser prácticamente "monoetaria" para el período del crucero, el grupo de edad dominante correspondió al 0 (clase anual 2000) con el 65% del número de ejemplares. Sin embargo, en términos de peso, el grupo de edad 0 aportó un volumen equivalente al del grupo I, pero con un mayor número de ejemplares correspondiente al 154% de este último grupo de edad.
11. La distribución de los reclutas y adultos de anchoveta se asocia con la temperatura superficial, salinidad y gradiente de clorofila.
12. La anchoveta tuvo una distribución preferentemente costera ubicándose el 76% de los registros entre la costa y las 3 mn, el 16 % entre las 3 y 6 mn y sólo un 5 % en posiciones más oceánicas. En el plano vertical se distribuyó desde la superficie hasta los 20 m de profundidad desde el límite norte hasta la latitud 23° 30'S y hasta los 30 m hacia el sur. Sobre el 95% de los ecotrazos traspasaron la base de la termoclina y el 3,7% se encontraron en la zona de mayor gradiente vertical de la temperatura.



13. El análisis multitemporal de las áreas de distribución de la anchoveta adulta y los reclutas de los cruceros realizados entre 1996 y el año 2000 muestra que éstos comparten el 50% del área. Una excepción se presentó en enero del año 2000 donde el 87% del área se reportaron ejemplares adultos. En los años "normales" y cálidos los ejemplares adultos y los reclutas presentan una leve diferenciación espacial, estos últimos tienden a ocupar áreas más al norte.



## X. BIBLIOGRAFÍA

---

- Aglen A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. *FAO Fish. Rep.* 300, 293-298.
- Alheit, J. y P. Bernal. 1993 . Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Current ecosystem. **En:** Large marine Ecosystems. Stress mitigation and sustainability. K. Sherman, L. M. Alexander y B.D. Gold (Eds.). AAAS Press. Washington USA. pp 53-68.
- BAC 121 al 123. Boletín de Alerta Climático. Octubre a diciembre 2000. Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- Bakun, A and R.H. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current systems. *CaCOFI Rep.* 23: 99-112.
- Bakun, A. and R. Parrish. 1980. Environmental input to fishery populations models for eastern boundary current regions. *IOC Wokshops Reports* 28:67-104.
- Barange, M. Hampton, I. Pillar, S.C. and Soule, M.A. 1994 Determination of composition and vertical structure of fish communities using *in situ* measurements of acoustic target strenght *Canadian Jourual of Fisheries and Aquatic Sciencies*, 51:99-109.
- Barange, M., I. Hamton and M. Soule. 1996. Empirical determination of *in situ* target strenglets of three loosely aggregated pelagic fish species. *ICES journal of Marine Science*, 53:225-232, 1996.
- Barber, T. And L. Smith. 1981. Coastal Upwelling Ecosystem. In *Analysis of Marine Ecosystem*. De. A.R. Longhurst. Academic Press 31-67.



- Barría, P. 1991. Evaluación del stock de anchoveta 1990. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 19 pp.
- Barría, P. 1995. Investigación Evaluación del stock de anchoveta 1994, I y II región. Informe de Avance. Convenio Instituto de Fomento Pesquero - Subsecretaría de Pesca. Valparaíso, Chile. 14 pp. 14 Anexos.
- Barría, P. 1996. Investigación Evaluación del stock de anchoveta 1995, I y II región. Informe Final. Convenio Instituto de Fomento Pesquero - Subsecretaría de Pesca. Valparaíso, Chile. 29 pp. 22 Anexos.
- Barría, P. 1997. Investigación Evaluación del stock de anchoveta 1996, en la I y II región. Informe de Avance. Convenio Instituto de Fomento Pesquero - Subsecretaría de Pesca. Valparaíso, Chile. 25 pp. 15 Anexos.
- Barría, P. y R. Serra. 1991. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales. Zona Norte. Evaluación de Stock. SGI-IFOP 92/1. 51 p.
- Bergh, M.O. and D.S. Butterworth 1987. Toward rational harvesting of the south african anchovy considering survey imprecision and recruitment variability. The Benguela and Comparable Ecosystem Payne, A.I.L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (Eds). S. Afr. J. mar. Sci. 5: 937 - 951.
- Beverton, R.J.H. and S.J. Holt 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Invest. Lond Ser. 2(199), 533 pp.
- Blanco, J. L. y H. Reyes. 1992. Condiciones Oceanográficas durante Diciembre de 1992. En: Monitoreo Mensual de la Distribución y Abundancia de Recursos Pelágicos y de las Condiciones Bio-Oceanográficas, Zona Norte. Diciembre 1992. Informe a Empresas Pesqueras. Inst. Fom. Pesq. Stgo., Chile.
- Blanco, J. L.; H. Reyes y A. Vega. 1992. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile durante Noviembre - Diciembre de 1991. En: Evaluación directa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica zona norte



Noviembre - Diciembre 1991. Programa de Investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona norte. IFOP.

Blaxter, J.H.S. y J.R. Hunter. 1982. The biology of the clupeoid fishes. *Advances in marine Biology*. 20:1-223.

Braun M. 1995. Evaluación hidroacústica de los stocks sardina española, anchoveta y jurel en la Zona Norte, I a IV regiones.

Braun M., J. Castillo; J.L. Blanco; S. Lillo y H. Reyes. 1994. Monitoreo hidroacústico y oceanográfico de los recursos pelágicos de la I y II Regiones. Cuarto informe de avance. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 104 pp + 72 anexos.

Braun, M., H. Reyes; J. Osses. J. Castillo, 2000 y V. Catasti. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2000. Tercer Informe de avance FIP N°2000-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).

Braun, M., J. Blanco, J. Castillo y H. Miles. 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Tercer informe parcial de avance FIP 96-07. Instituto de Fomento Pesquero.

Carpenter, J. H. 1965. The chasepeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. and Oceangr.*, 10: 141-143.

Carvajal, B. 1994. Transporte y turbulencia y su incidencia en el reclutamiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile (20°S). Tesis para optar al título de Biólogo Pesquero. Universidad Arturo Prat. Departamento de Ciencias del Mar. Iquique, Chile 56 p.



- Castillo, J., M. Espejo, S. Lillo y J. Cordova. 1997. Evaluación y distribución espacial del reclutamiento de anchoveta. En: Estimación del reclutamiento de anchoveta en las regiones I y II. Informe Final de proyecto FIP 96-02. Inst., Fom., Pesq., (Valparaíso-Chile). 126 p + anexos.
- Castillo J., Córdoba J, Espejo M., Barbieri M, Catasti V., Osses J., Reyes H. y P. Barría. 2000. Evaluación del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones, 1999. Informe Final FIP N° 99 –11. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- Castillo J., Espejo M., Barbieri M, Catasti V., Blanco, J. L., Osses J., y P. Barría. 1999. Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones, 1998. Informe Final FIP N° 98 –07. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- Castillo, J., M. A. Barbieri, J. Cordova, S. Lillo y U. Parker. 1996. Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV. Informe final Proyecto FIP 95-03. Inst. Fom., Pesq., Valparaíso, Chile. 165 p+anexos.
- Castillo, J., M. Braun, J. Blanco. 1993. Cuantificación Estacional de la biomasa de los recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, zona norte. Informe Final de Proyecto. Inst. Fom. Pesq. (Valparaíso-Chile). 58 p + anexos.
- Castillo, J.. 1998. Evaluación Acústica. En: Evaluación del stock desovante de anchoveta I y II Región. Informe Final proyecto FIP 97-01. Inst., Fom., Pesq., (Valparaíso-Chile), 125 p + anexos.
- Cordova, J., J. Castillo, A. Paillaman y S. Lillo. 1995. Evaluación Hidroacústica y distribución del recurso. En: Estimación del reclutamiento de anchoveta de la zona norte (I y II Regiones ). Informe Final de Proyecto FIP 035-94-01. 122 p+71 figs.



- Cruickshank, R.A., 1990. Anchovy distribution off Namibia deduced from acoustic survey with an interpretation of migration by adults and recruits. S. Afr.J. mar. Sci. 9 : 53 - 67.
- Cruickshank, R.A., I. Hampton and M.J. Armstrong. 1990. The origin and movements of juvenile anchovy in the orange river region as deduced from acoustic surveys. S. Afr.J. mar. Sci. 9: 101 - 114.
- Cury, F. and C. Roy. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46:670-80.
- Dengol, P., H. Lasen and K.J. Staeth. 1985. *In situ* determination of target strength of Herring and sprat at 38 khz and 120 khz. Dana. 5:45-54.
- 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.
- Espejo, M. y J. Castillo. 1997. SIMBAD un nuevo enfoque de procesamiento de datos acústicos. En Resúmenes XVII. Congreso de Ciencias del Mar. pp 186-187.
- Fischer, W. 1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta" (*Engraulis ringens*) Jenyns. Rev. Biol. 8 (1,2 y 3):111-124.
- Foote, K. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. J. Acoust. Soc. Am. 82 (3) September. 981-987.
- Foote, K., A. Aglen, and O. Nakken. 1986 Measurements of fish target strength with a split beam echo sounder. J. Acoust. Soc. Am. 80 (2), August 1986. 612-621.
- Foote, K., H. Knudsen, G. Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical



- guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.
- Forbes, T. 1985. Progress in dual - beam target strength measurement on barrig and blue withing, coun. meet Int. Coun Explor. Sea 1985/B:41, copenhagen, Denmark.
- Freon, P. y E. Yañez. 1995. Influencia del medio ambiente en evaluación de stock: Una aproximación con modelos globales de producción. Invest. Mar., Valparaíso 23:25-47.
- Fuenzalida, R. 1990. 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.
- GTE, 1992. Informe técnico de evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur del Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP - IMARPE, sobre las pesquerías de pequeños pelágicos. Primer Taller, Lima, 2 - 16 marzo de 1992.
- GTE, 1993. Informe técnico de evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur del Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP - IMARPE, sobre las pesquerías de pequeños pelágicos. Segundo Taller, Valparaíso, 18 - 25 octubre de 1993.
- GTE, 1994. Informe técnico de evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur del Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP - IMARPE, sobre las pesquerías de pequeños pelágicos. Tercer Taller, Callao, 9 - 20 mayo de 1994.
- Gunther, E. R. 1936. A report on oceanographical investigations in Peru Coastal Current. Discovery Rep., 13: 107-276.
- Guzmán, O., J. Castillo; S. Lillo; P. Pineda; L. Rodríguez e I. Giakoni. 1983. Estudio de recursos pelágicos. Programa Monitoreo de los Recursos Pelágicos I. Prospección zona Arica-Coquimbo (18°30' - 30°00'S).



Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-82) Inst. Fom. Pesq.,  
Santiago, Chile.

- Halldorsson, O. and P. Reyneisson. 1983. Target Strength measurements of herring and capelin *in situ* at Iceland. In: O. Narkken and S.C. Venema (De), Symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21-24 June 1982. FAO fish. Rep., (300): 78-84.
- Hampton, I. 1987. Acoustic study on the abundance and distribution of anchovy spawners and recruits in south african waters. The Benguela and Comparable Ecosystem Payne, A.I.L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (Eds). S. Afr. J. mar Sci. 5: 901 - 917.
- Hansen, R., W. Madow y W. Huwitz. 1953. Sample survey methods and theory. Volume I and II. Methods and applications: John Wiley and Sons, INC.
- Hilborn, R. and Walters, c. J. 1992. A quantitative fisheries stock assessment an management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York, 570 pp
- Hilborn, R., E.K. Pikitch, M. K. McAllister 1994. A Bayesian estimation and decision analysis for a age-structured model using biomass survey data. Fisheries research 19: 17-30.
- Hunter, J.R. and C.A. Kimbell 1980. Egg cannibalism in the northern anchovy *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin U.S. 78:811-816.
- Huyer A., R.L. Smith & T. Paluszkiwicz (1987). Coascal upwelling off Peru during normal and el Niño Times, 1981-1984. Journal of Geophysical Research 92: 14297-14307
- Jacobson L. y N.C.H. Lo y J.T. Barnes. 1994. A biomass-based assessment model for northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin 92:711-724.
- K. M. Wolter. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 page, 1985.



- Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relationship between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fish. Bull. U.S. 73:453-462.
- Lasker, R. 1978. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California current: identifications of factors contributing to recruitment failure. Rapp. P-V Reún Cons. Inst. Explor. Mer 173:212-230.
- Lasker, R. 1985. What limits clupeoid production? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl 1):31-38.
- Lluch-Belda, D., D. Lluch-Cota, S. Hernandez, C. Salinas y R. Schwartzlose. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California current system. 1991. CalCOFI Rep. 32:105-11.
- Mac Lennan, D. and J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Published by Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK. 325 p.
- Maclerman, D.N, and A. Menz. 1996. Interpretation of *in situ* target-strength data. ICES. Journal of Marine Science, 53:233-236. 1996.
- Medwin H., and C. S. Clay. 1998. Fundamentals of Acoustical Oceanography. Academic Press, 712 p.
- Mendelson, R. 1989. Reanalysis of Recruitment Estimates of the Peru Anchoveta in Relationship to other population Parameters and the Surrounding Environment. ICLARM Conf. Proc. 18:364-85.
- Mendo, J., L. Pizarro and S. Castillo. 1987. Monthly turbulence and Ekman transport indexes 1953 to 1985, based on local wind record from Trujillo and Callao, Peru. P. 75 – 88. In: D. Pauly and I. Tsukayama (Eds.). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem. Three decades of change. ICLARM Studies and Review 15. 351 p. Instituto del Mar del Perú. (IMARPE).



- Methot, R. 1990. Synthesis Model: An Adaptable Framework for Analysis of Diverse Stock Assessment Data. International North Pac. Fish. Comm. Bull N° 50: 259-277.
- Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.
- NODC. 1991. Users Guide. National Oceanographic Data Center . N° 14. NOAA.
- Osses, J. 1997. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. pp 68- 77. Informe Final Proyecto FIP 97-02 Fondo de Investigación Pesquera.
- Osses, J. 1998. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. pp 57- 62. Informe Final Proyecto FIP 98-08. Fondo de Investigación Pesquera,
- Osses, J. 1998. Distribución de la biomasa fitoplanctónica. **En:** Evaluación del reclutamiento de la anchoveta en la zona norte. Proyecto FIP 97.
- Osses, J. 1999. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. pp 57- 62. Informe Final Proyecto FIP 98-08. Fondo de Investigación Pesquera,
- Osses, J. 1999b. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo acústico estacional de las condiciones bio-oceanográficas en las regiones I y II (Etapa I). Proyecto FIP 98-08.
- Osses, J. 2000. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. pp 70- 76. Informe Final Proyecto FIP 99-11. Fondo de Investigación Pesquera.
- Peterman, R.M., M.J. Bradford, N.C.Lo and R.D. Methot. 1988. Contribution of early life stages to interannual variability in recruitment of northern anchovy (*Engraulis mordax*). Can. J. Fish. Aquat. Sci.45:8-16.



- Petitgas, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessments: a review and on acoustic application. ICES J. mar. Sci., 50: 285-298.
- Pitcher, T. y P.J.B. Hart. 1982. Fisheries Ecology. The Avi. Publishing Company. I.N.C. Westport; Connecticut. 414 p.
- Robotham, H and J. Castillo. 1990. The bootstrap method: an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. Rapp. P.-v. Reún. Cons. int. Explor. Mer, 189: 421 - 424.
- Rojas de Mendiola B. (1980). Summary of the studies about food and feeding habits of the anchovy (*Engraulis ringens* J.). IOC workshop Report N°28: 221-231.
- Roy, C., P. Cury and S. Kifani. 1992. Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. The Benguela and Comparable Ecosystem Payne, A.I.L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (Eds). S. Afr. J. mar. Sci. 12: 135 - 146.
- Ryther, J.H., D.W. Menzel, E.M. Hulburt, C.J. Lorenzen & N. Corwin. (1971). Production and utilization of organic matter in Perú coastal current. Investigación Pesquera. 35: 43-59.
- Shaffer G., S. Salinas, O. Pizarro, A. Vega y S. Hormazabal. 1995. Currents in the deep ocean off Chile (30°S). Deep-Sea Res. Vol 42(4), pp 425-436.
- Sharp, G. 1980. report of the Workshop on effects of enviromental variation on survival of larval pelagic fishes. In: IOC Workshop report N° 28:15-59.
- Shelton, P., L. Hutchings. 1990. Ocean Stability and Anchovy Spawning in Southern Benguela Current Region. Fishry Bulletin, U. S. 88:323-38.
- Shotton R. y Bazigos G.P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic survey. Rapp.P.V. Reun. Cns. Int. Explor. Mer. 184: 34 -57.



- Shotton, R. 1979. Acoustic survey design. In: Meeting on Hydroacoustical methods for the estimation of marine fish population. Cambridge, MA, USA. 25- 29 June 1979.
- 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 de la Corriente de Humbolt. Latitude 18°S -33°S (Operación Oceanográfica "MARCHILE X ERFEN I). Cienc. y Tec. del Mar. CONA. 5:5-50.
- Simmonds E. John, N. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1991. Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. ICES C.M. 1991, 113 p. (Figures).
- Simpson , J.J. And T.D. Dickey. 1981. The relationship between downward irradiance and upper ocean structure. J. Phys. Oceanogr 11:309
- Skillman, R. A., & m. Y. Y. Yong. 1974. Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. In R.S. Shomura and F. Williams (editor). Proceeding of the international Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and contributed papers, p. 126-137. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675.
- Smith, P.E. 1985. Year- class strength and survival of 0-group clupeoids. Can J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl 1): 69-82.
- Smith, P.E. y S. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Documentos Técnicos de Pesca N° 175.



- Strickland, J.D.H y T.R. Parsons. 1968. A practical handbook for seawater analysis. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 167:311 pp.
- 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 c. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- Walters, C. J. 1981. Optimum escapements in the face of alternative recruitment hypothesis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 678- 689.
- Zar, Jerrold H. (1974). Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clifs, N. J.

**FIGURAS**

**FIGURAS**

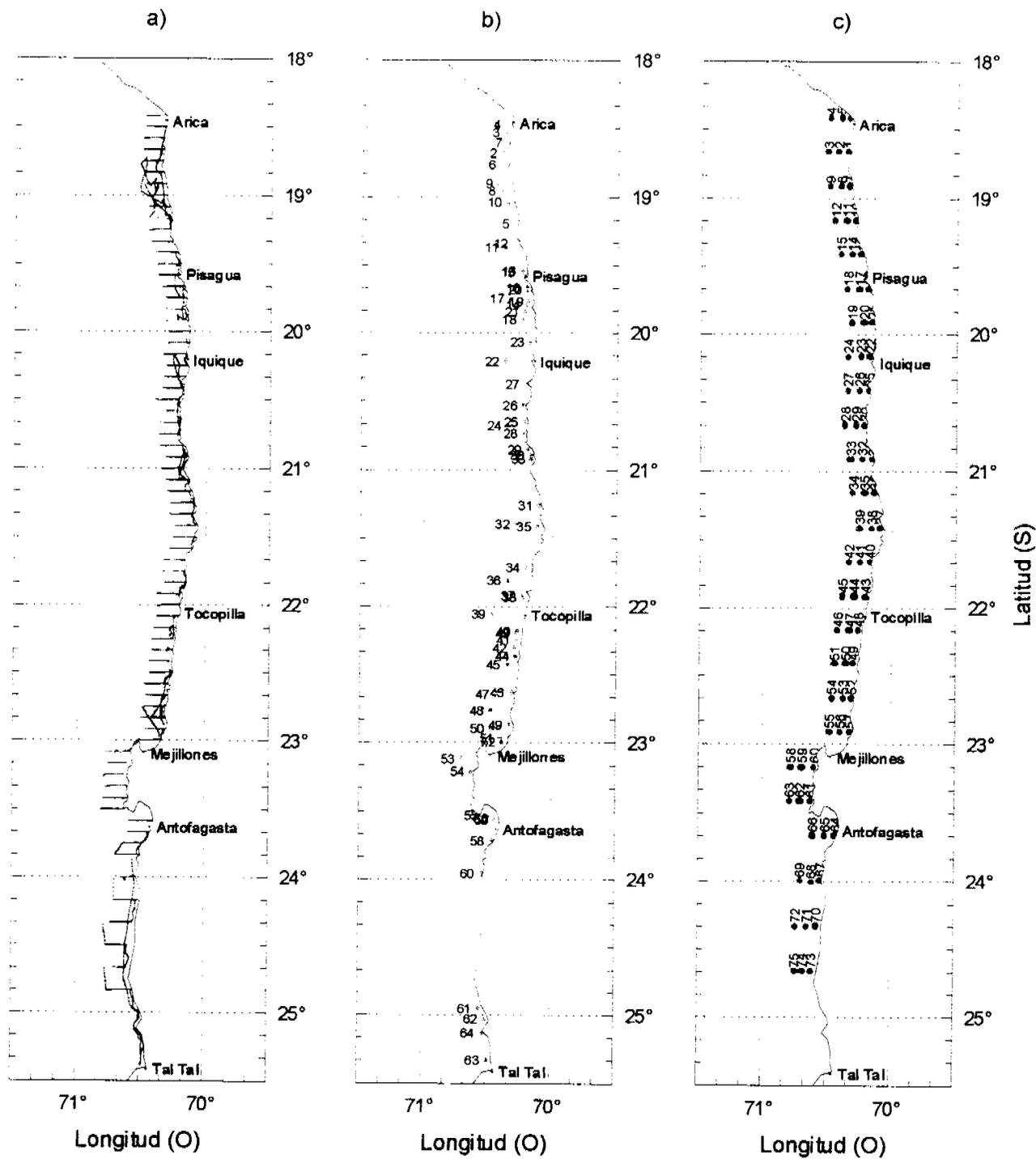


Figura 1. a) Track de navegación acústico; b) ubicación de lances de pesca de media agua y c) posición geográfica de las estaciones oceanográficas. Crucero RECLAN 0012.

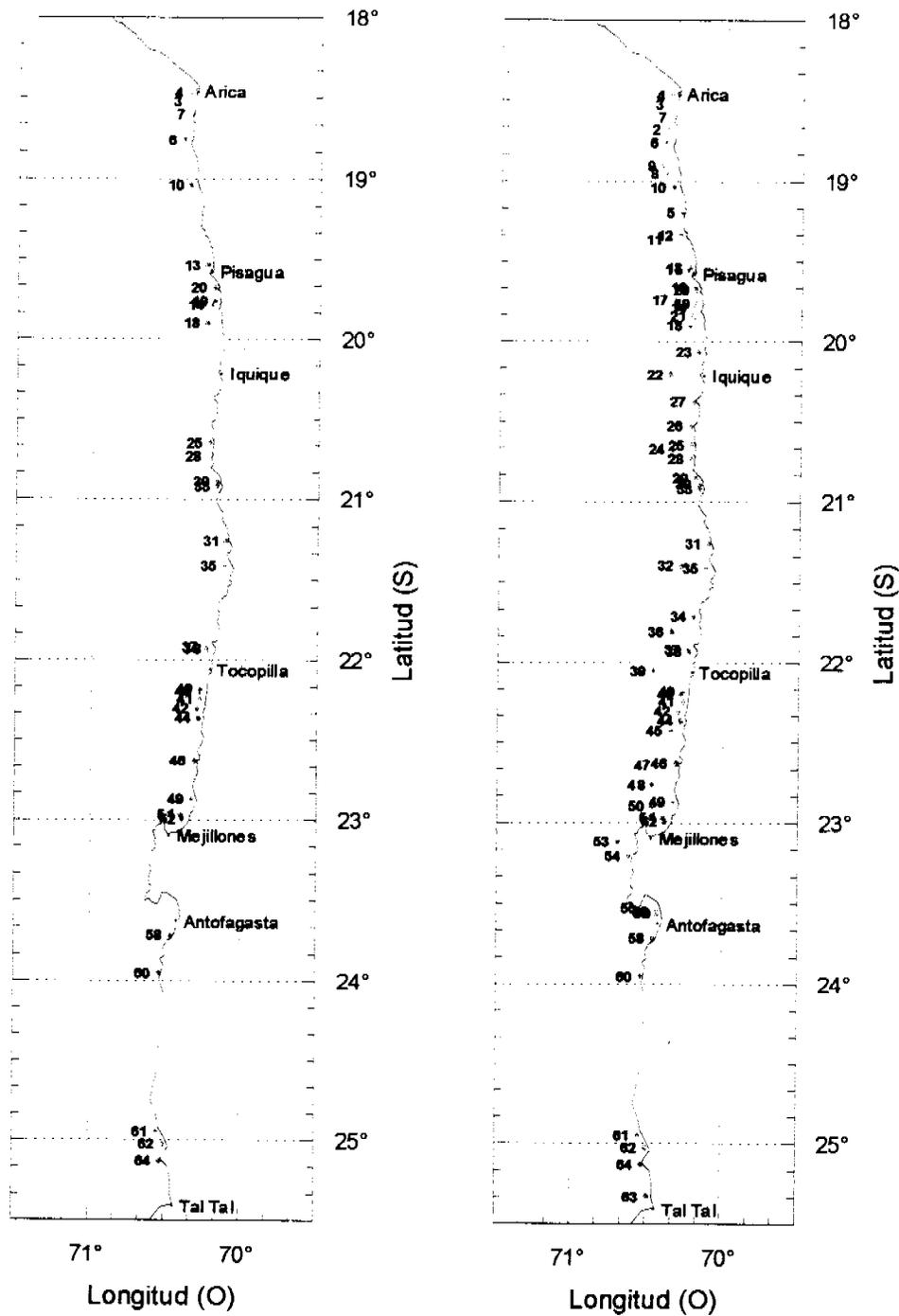


Figura 2. Ubicación de los lances de pesca de arrastre de media-agua. Con captura y Totales.

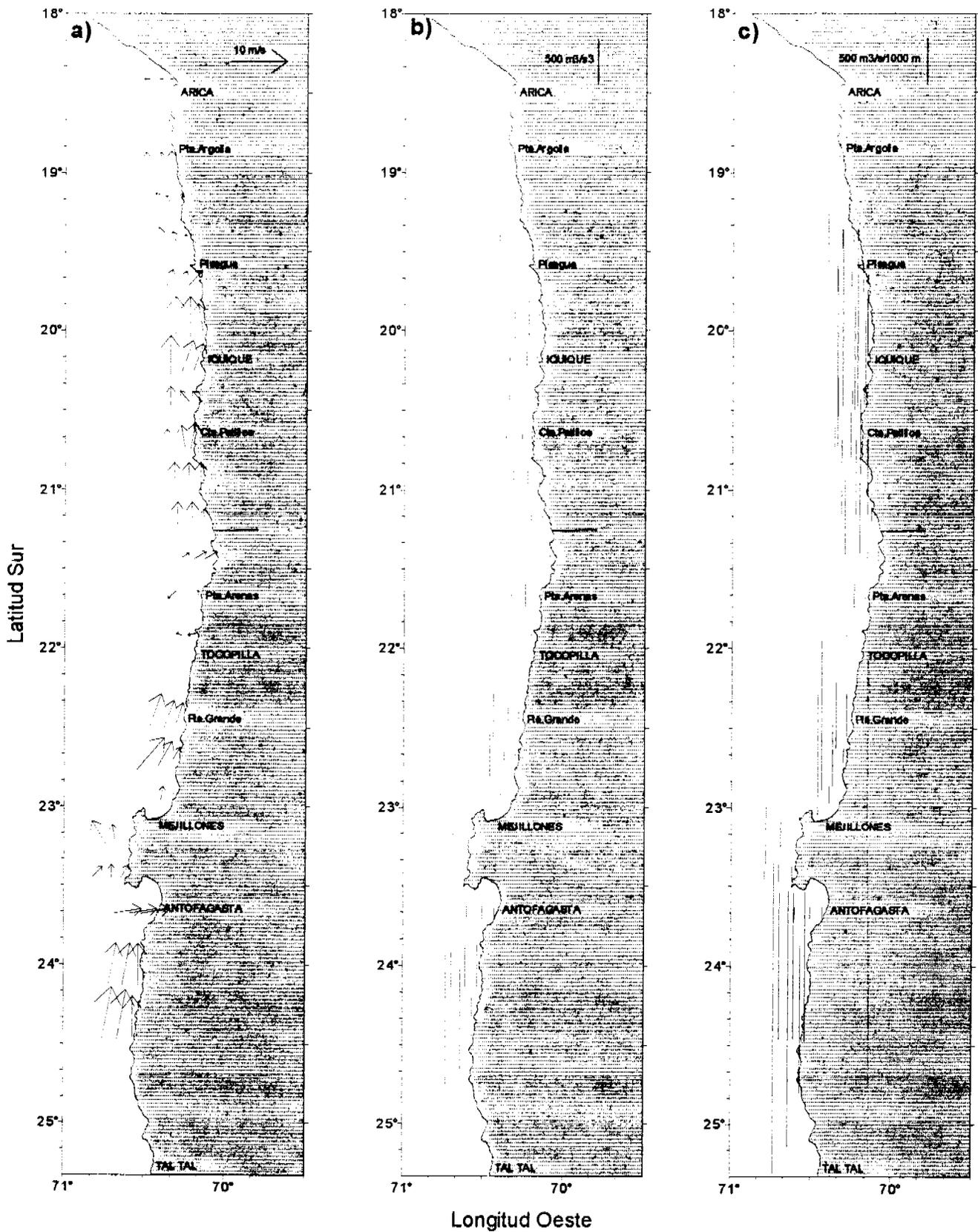


Figura 3. a) Intensidad y dirección del viento , b) turbulencia y c) índice de surgencia .  
Crucero RECLAN 0012

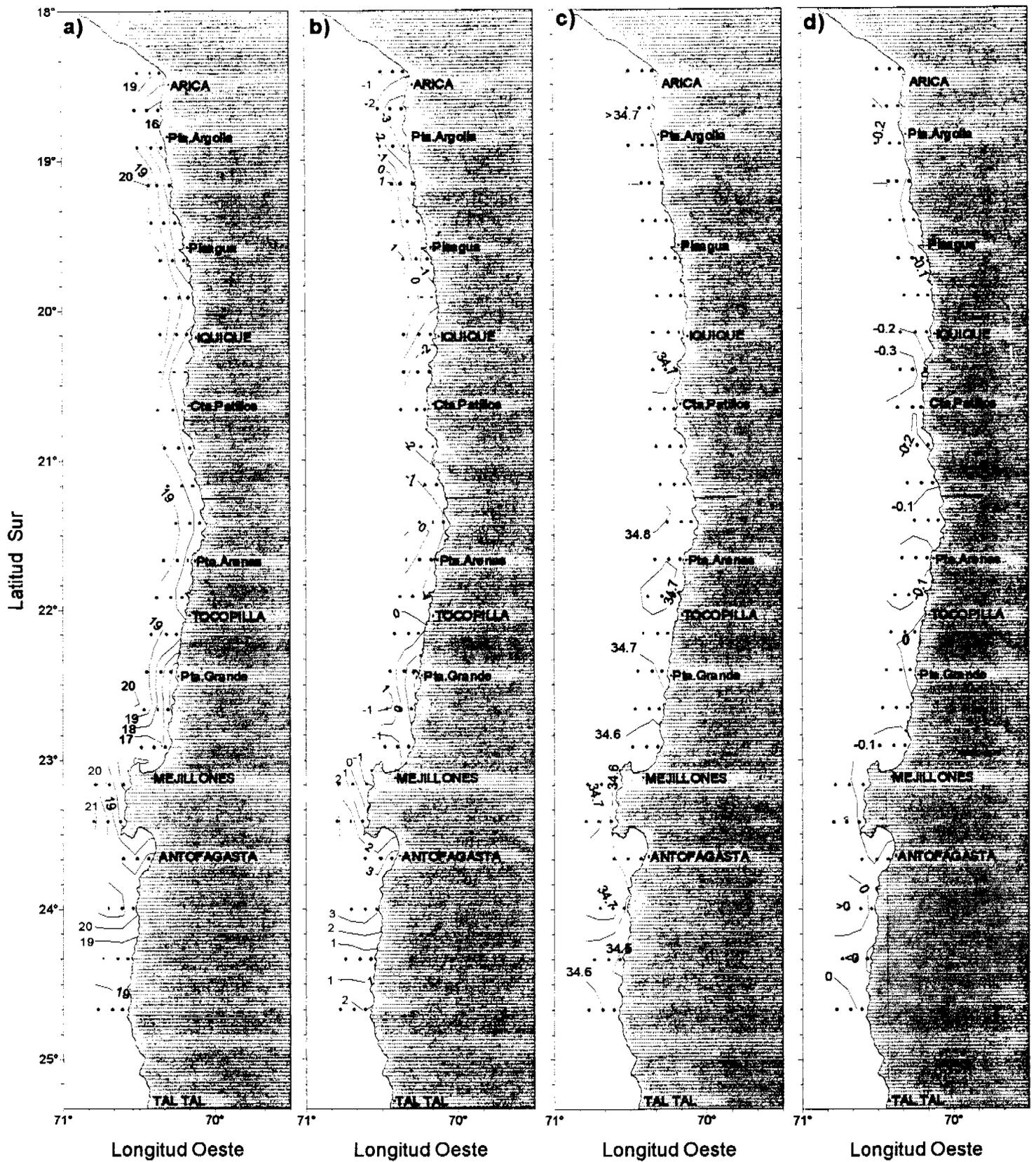


Figura 4. Distribución superficial de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) anomalía de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) salinidad (psu), d) Anomalía de salinidad (psu). Crucero RECLAN 0012.

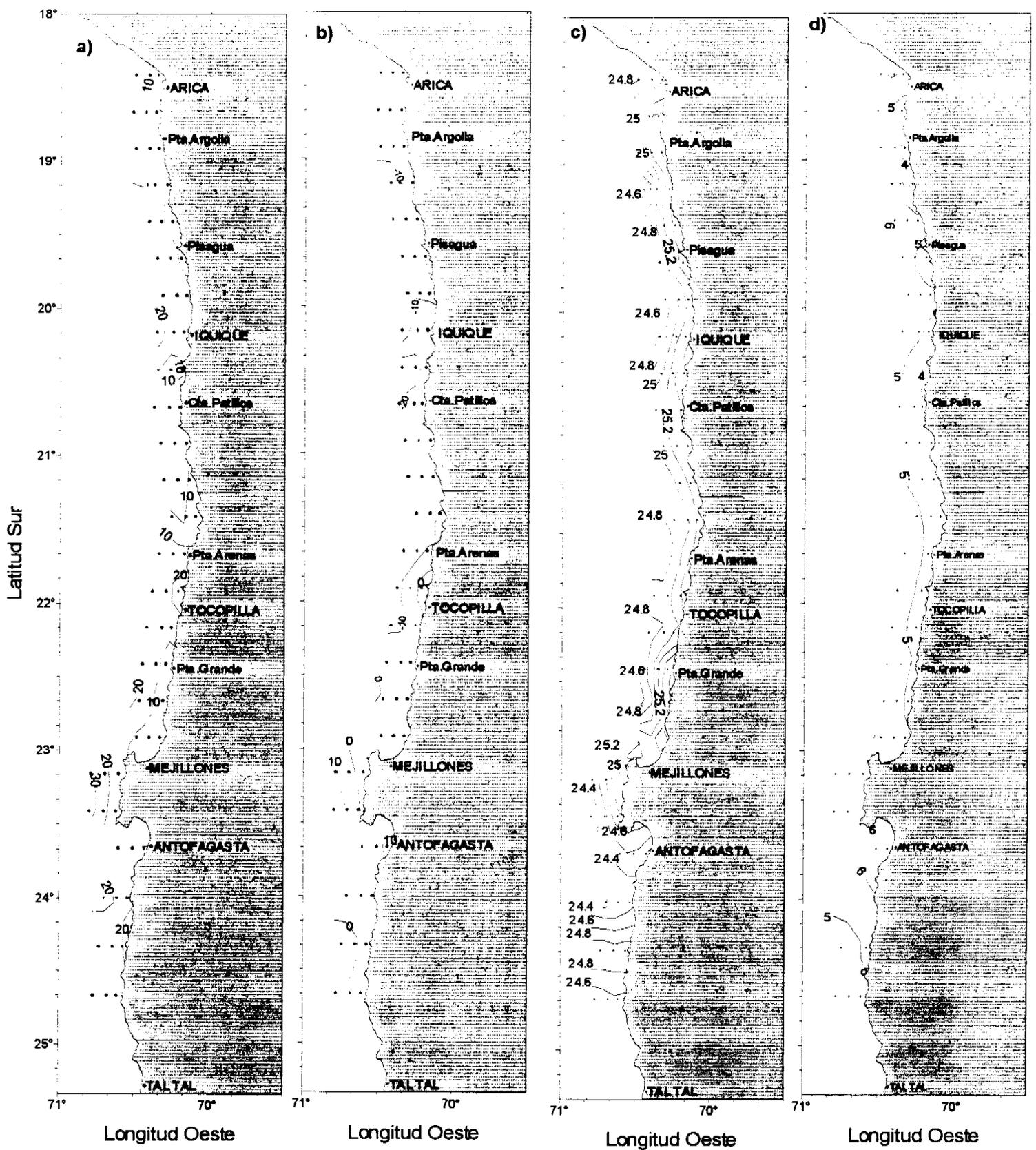


Figura 5 a) Profundidad de la isoterma de 15°C, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C, c) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) y d) oxígeno disuelto (mL/L).  
Crucero RECLAN 0012.

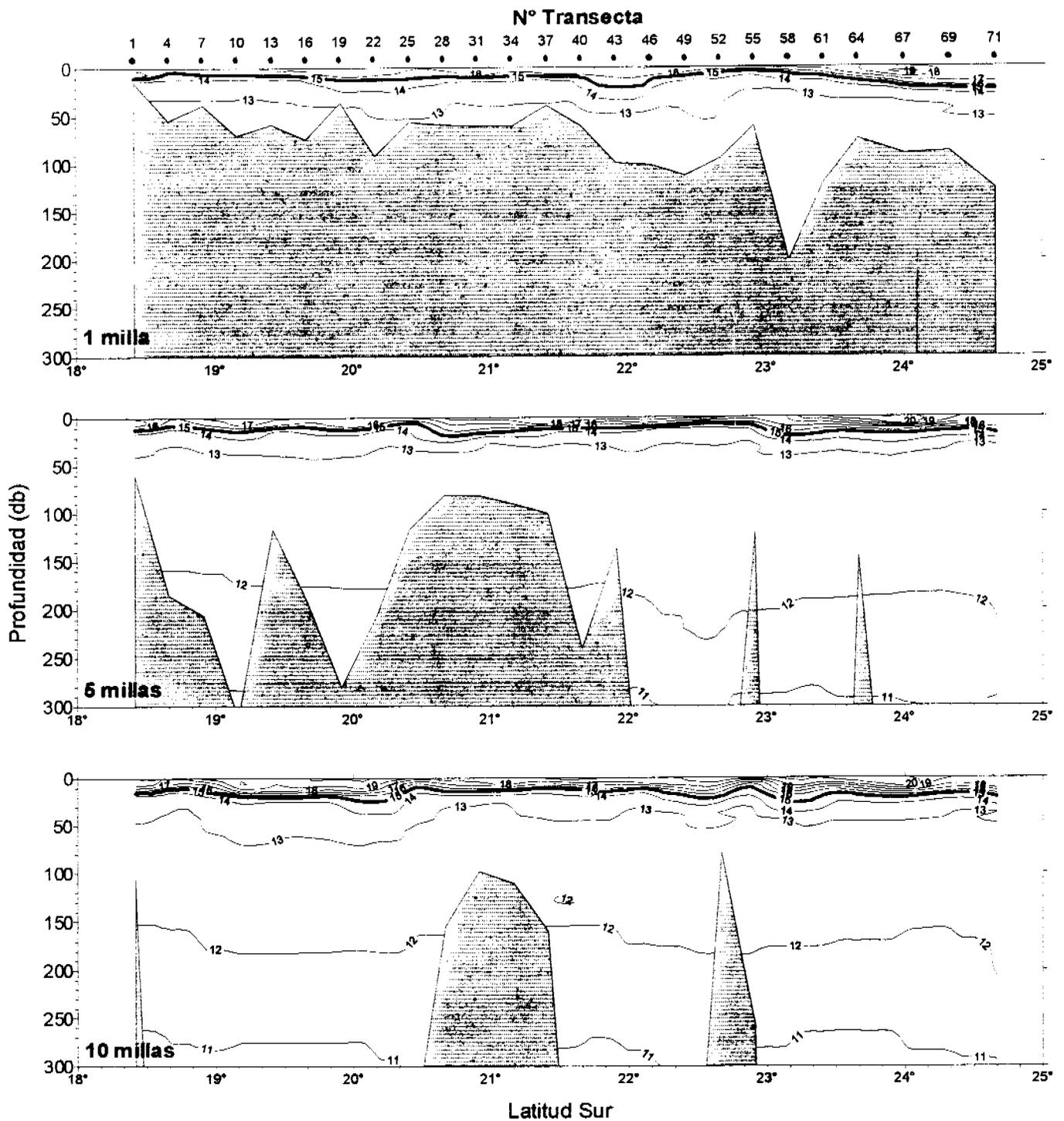


Figura 6. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn de la temperatura (°C).  
Crucero RECLAN 0012.

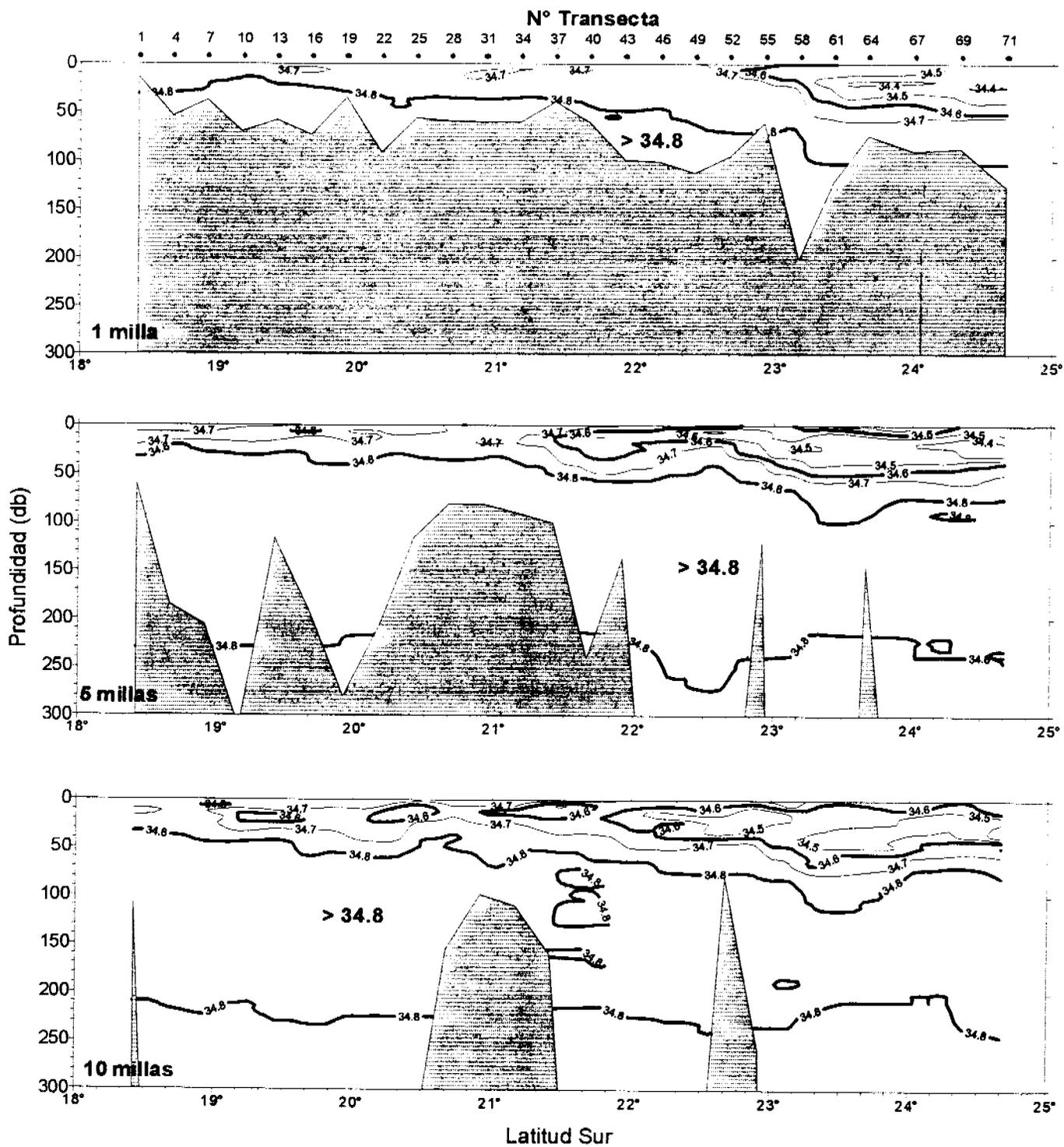


Figura 7. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn de la salinidad (psu).  
Crucero RECLAN 0012.

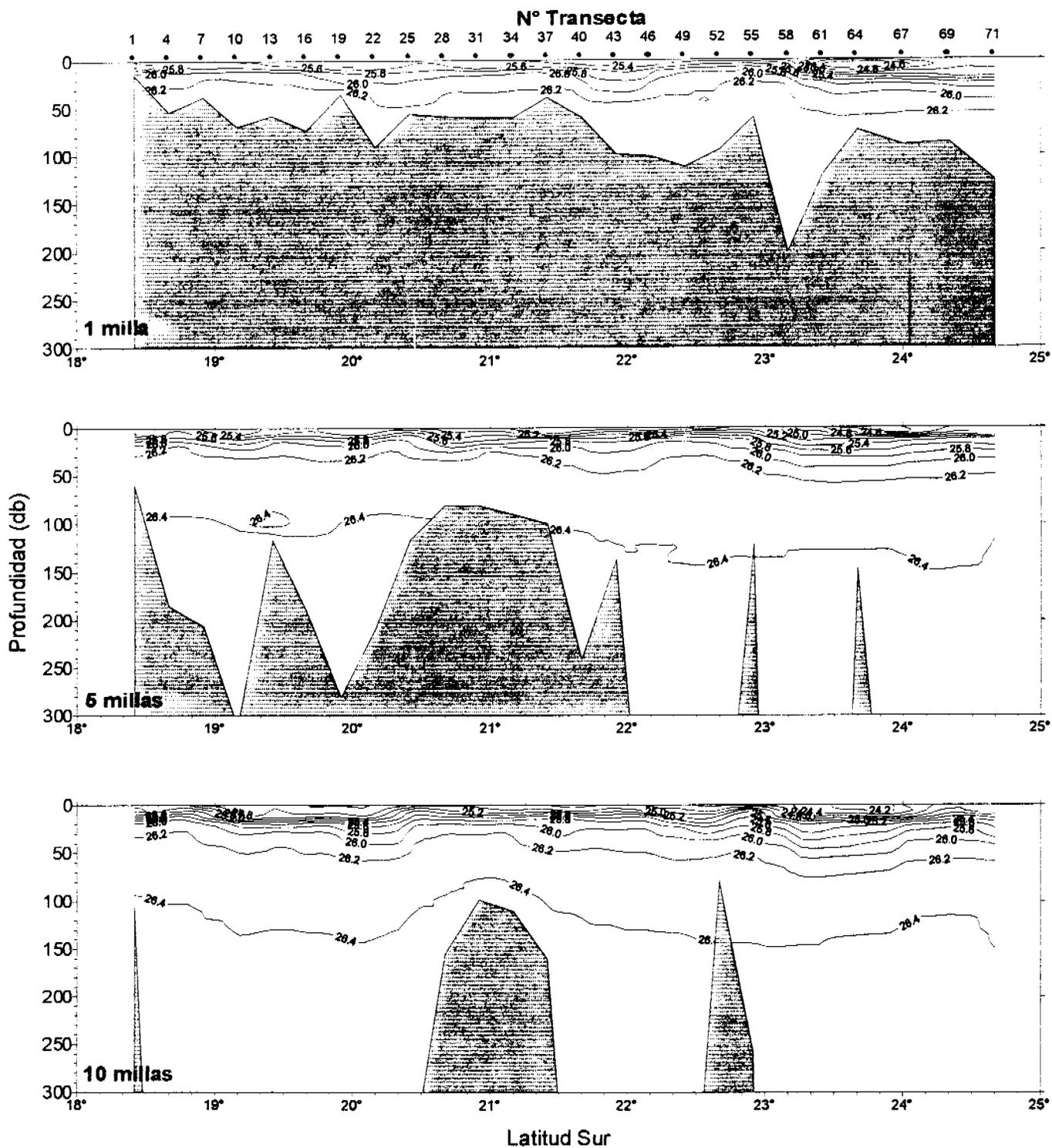


Figura 8. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn de la densidad (sigma-t).  
Crucero RECLAN 0012.

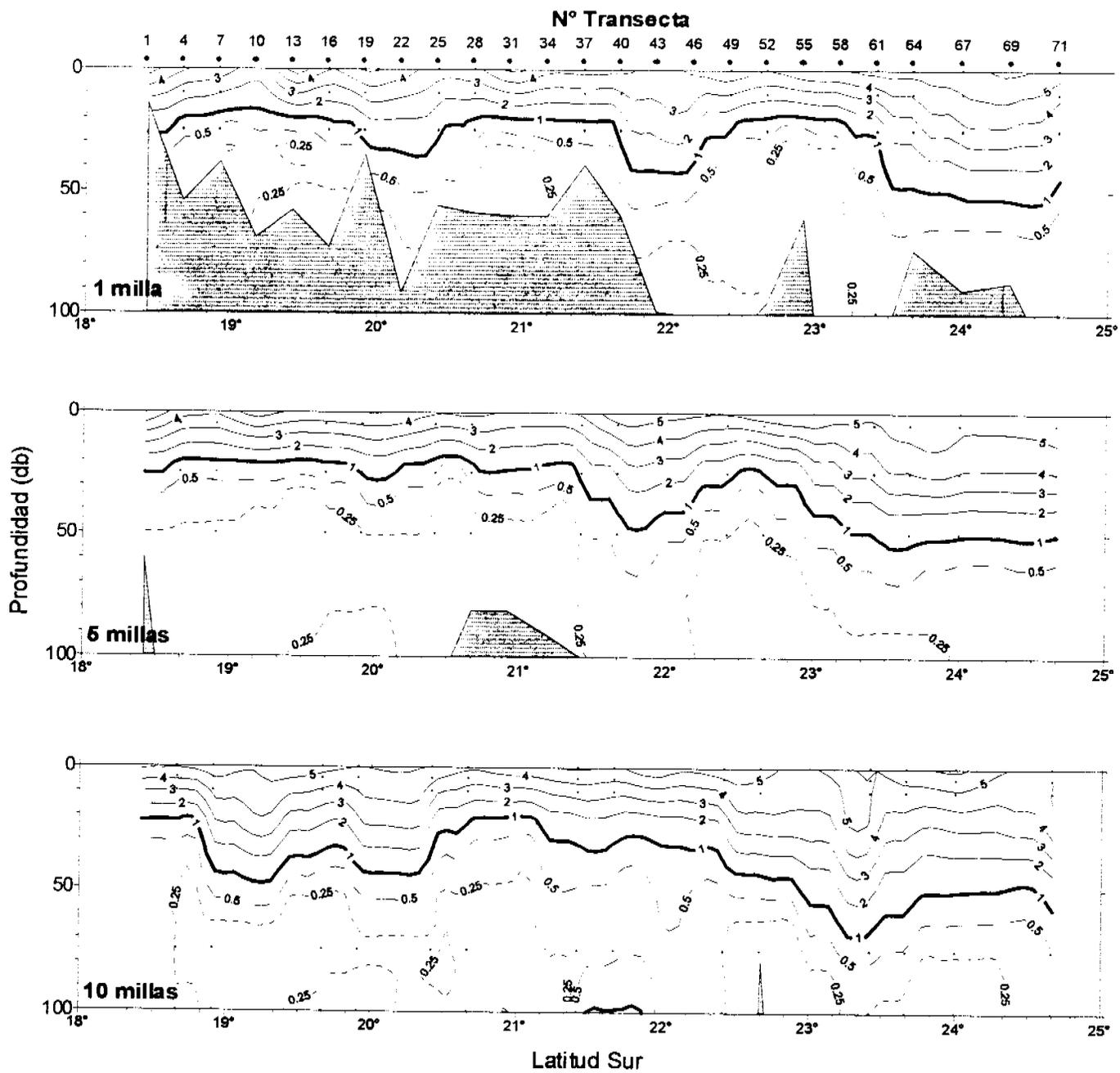


Figura 9. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn del oxígeno disuelto (mL/L).  
Crucero RECLAN 0012.

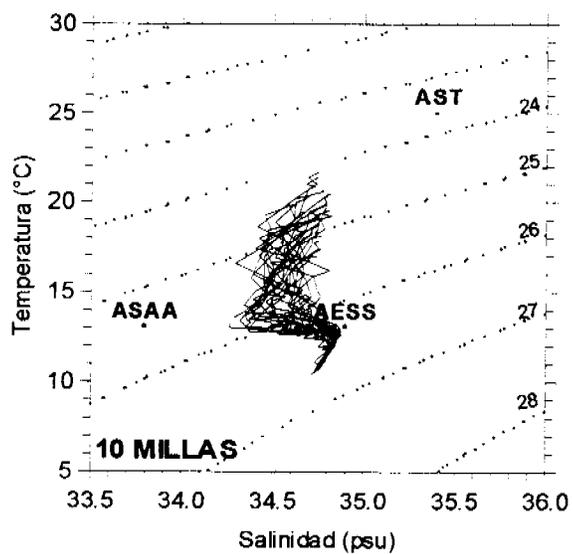
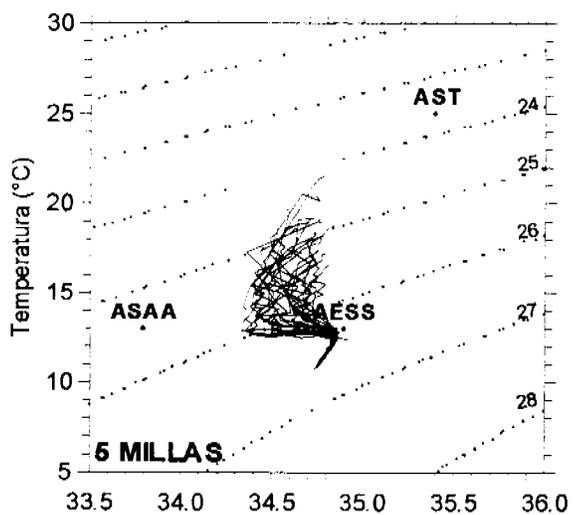
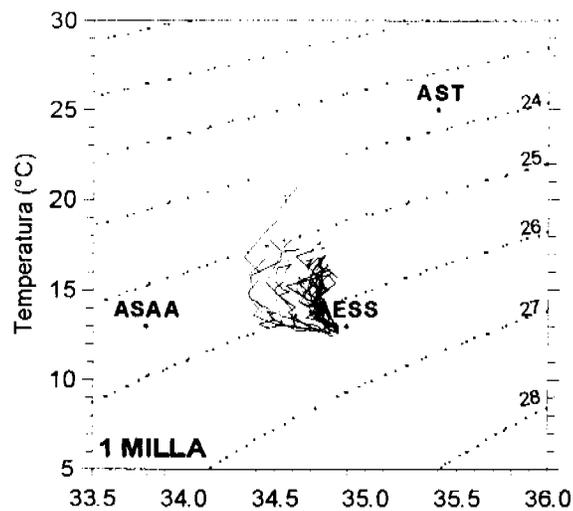


Figura 10. Diagramas t-s de las estaciones agrupadas por distancia a la costa. Crucero RECLAN 0012.

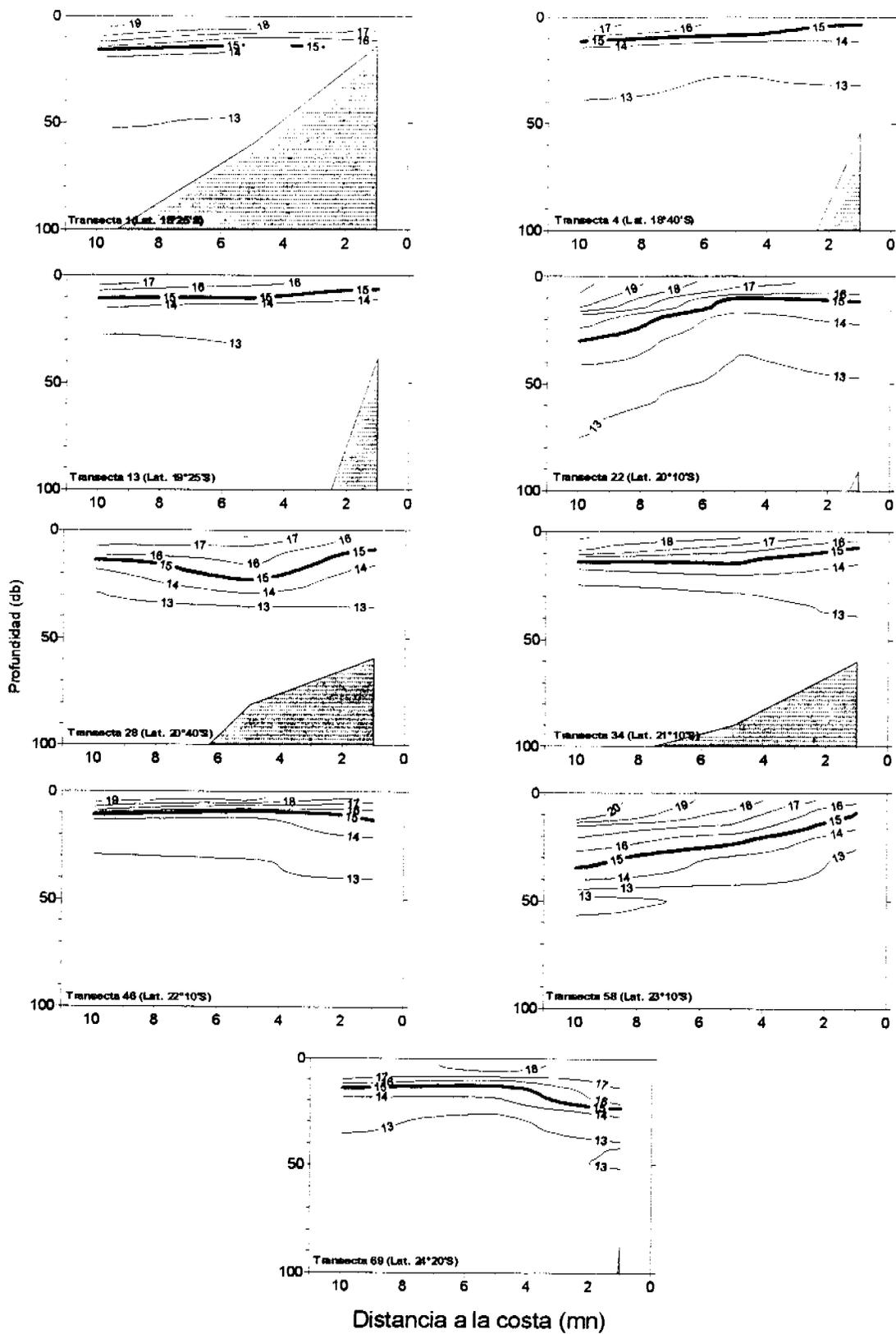


Figura 11. Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en transectas perpendiculares a la costa. Crucero RECLAN 0012.

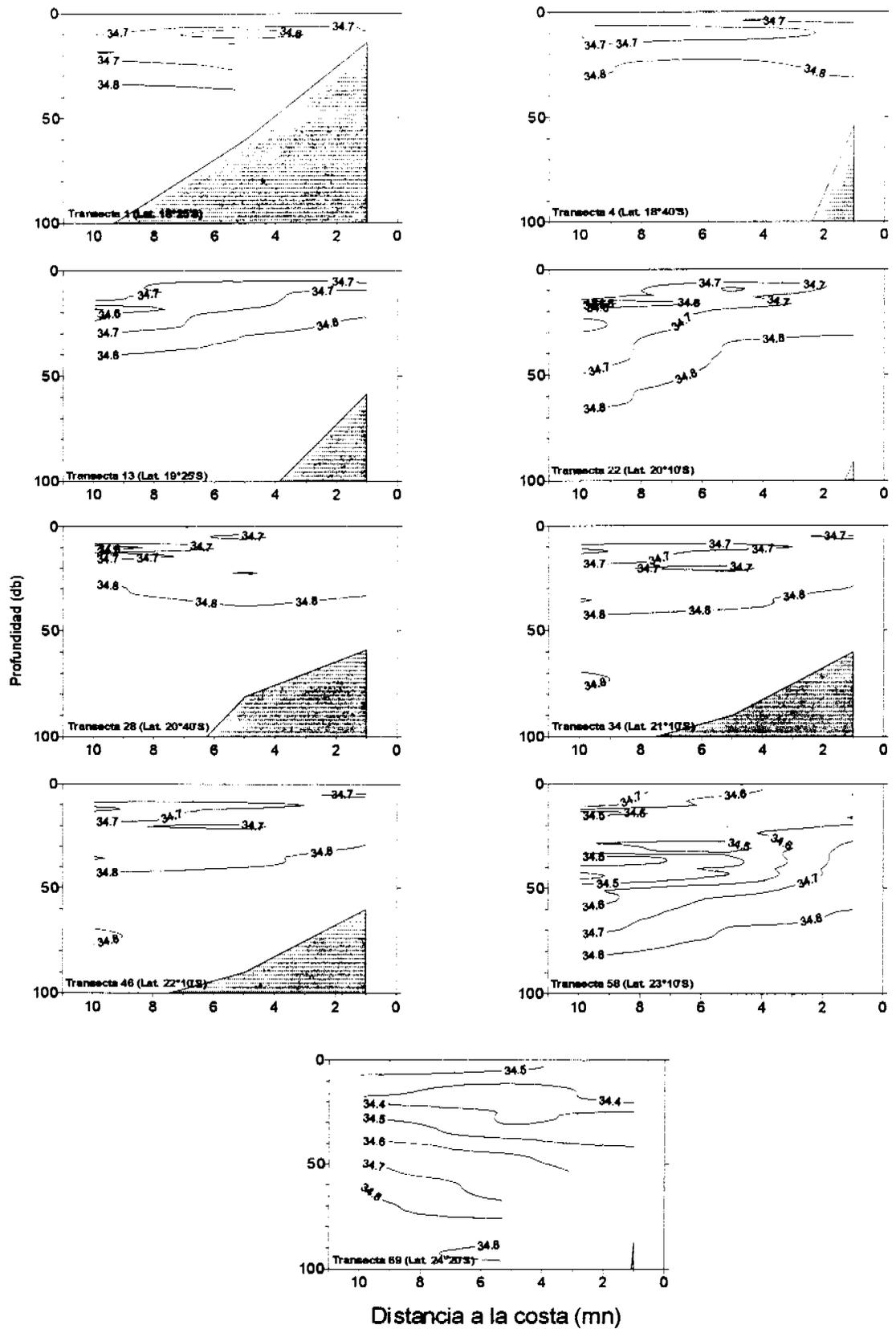


Figura 12. Distribución vertical de la salinidad (psu) en transectas perpendiculares a la costa. Crucero RECLAN 0012.

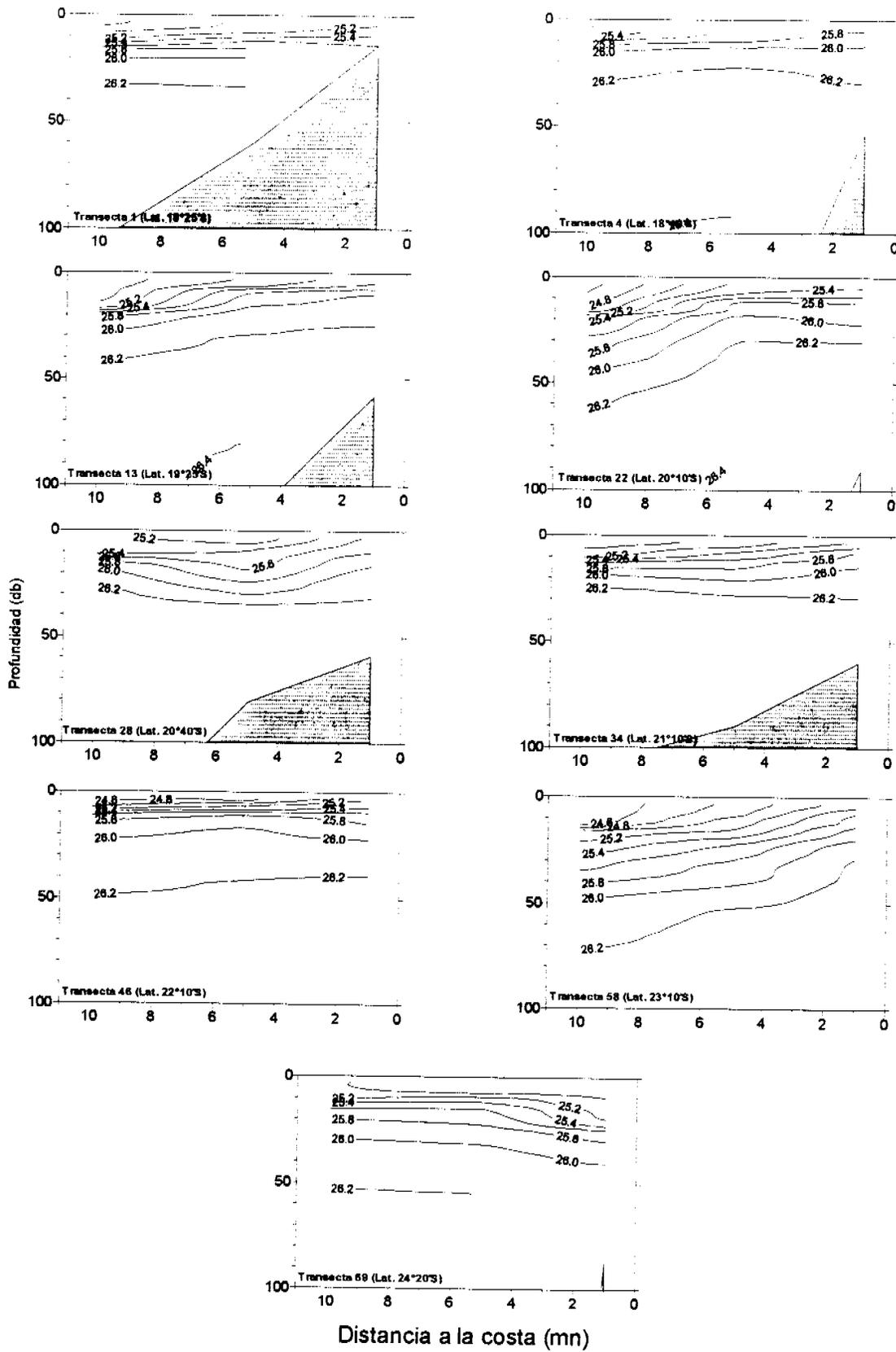


Figura 13. Distribución vertical de la densidad ( $\sigma\text{-t}$ ,  $\text{kg/m}^3$ ) en transectas perpendiculares a la costa. Crucero RECLAN 0012.

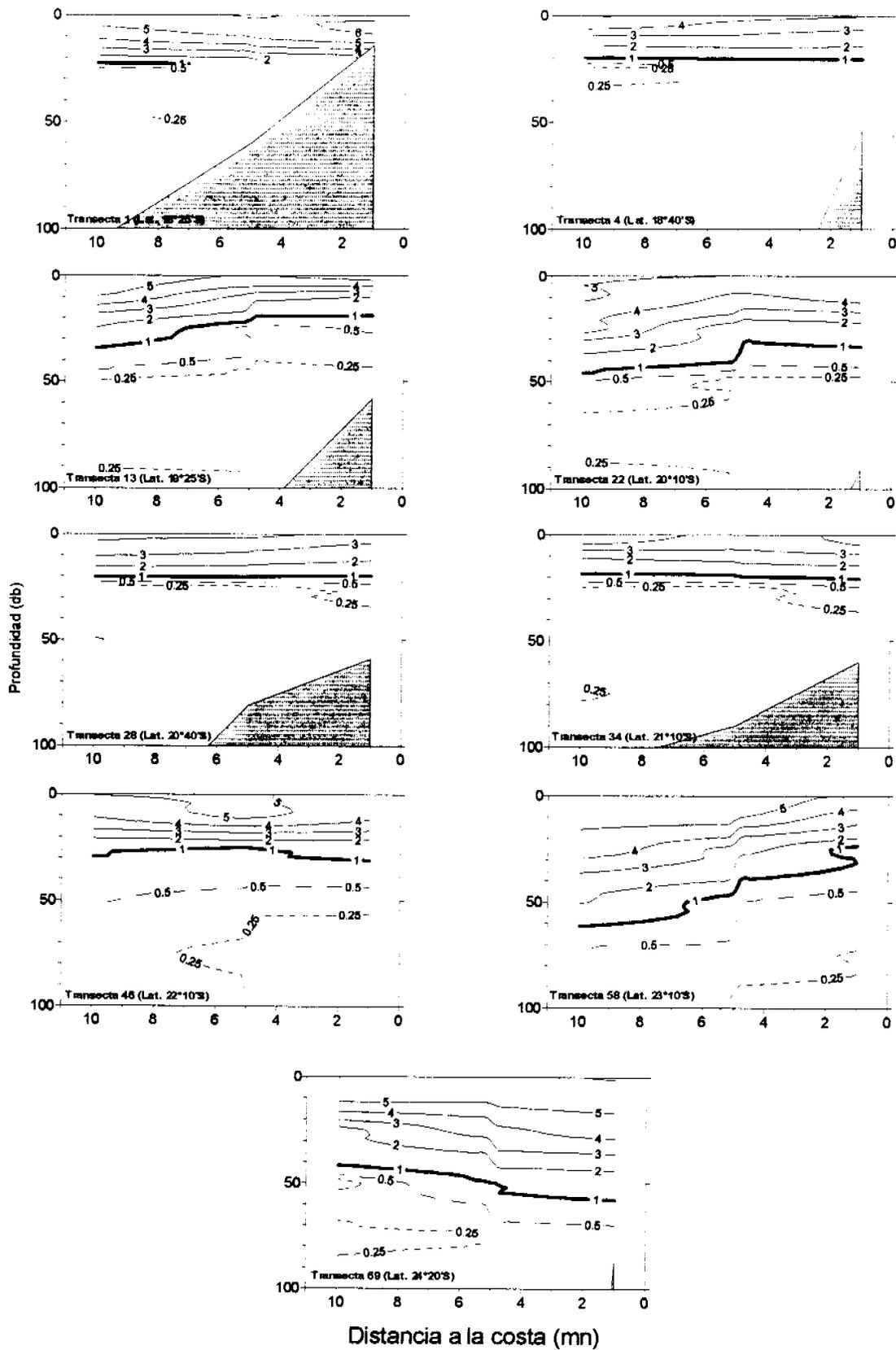


Figura 14. Distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto (mL/L) en transectas perpendiculares a la costa. Crucero RECLAN 0012.

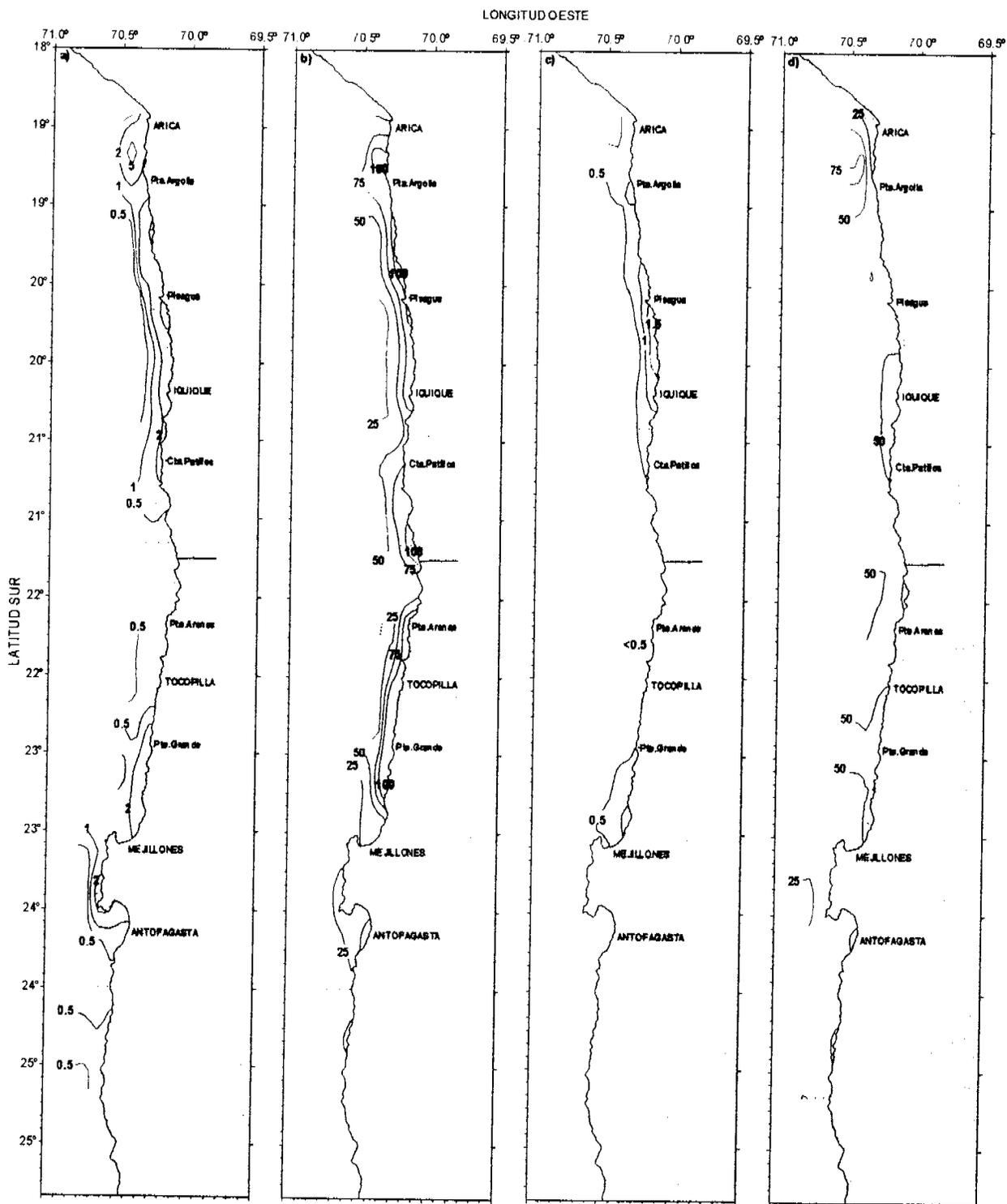


Figura 15. Distribución superficial de: a) clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), b) clorofila integrada ( $\text{mg/m}^2$ ), c) feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y d) feopigmentos integrados ( $\text{mg/m}^2$ ). Crucero RECLAN, diciembre 2000.

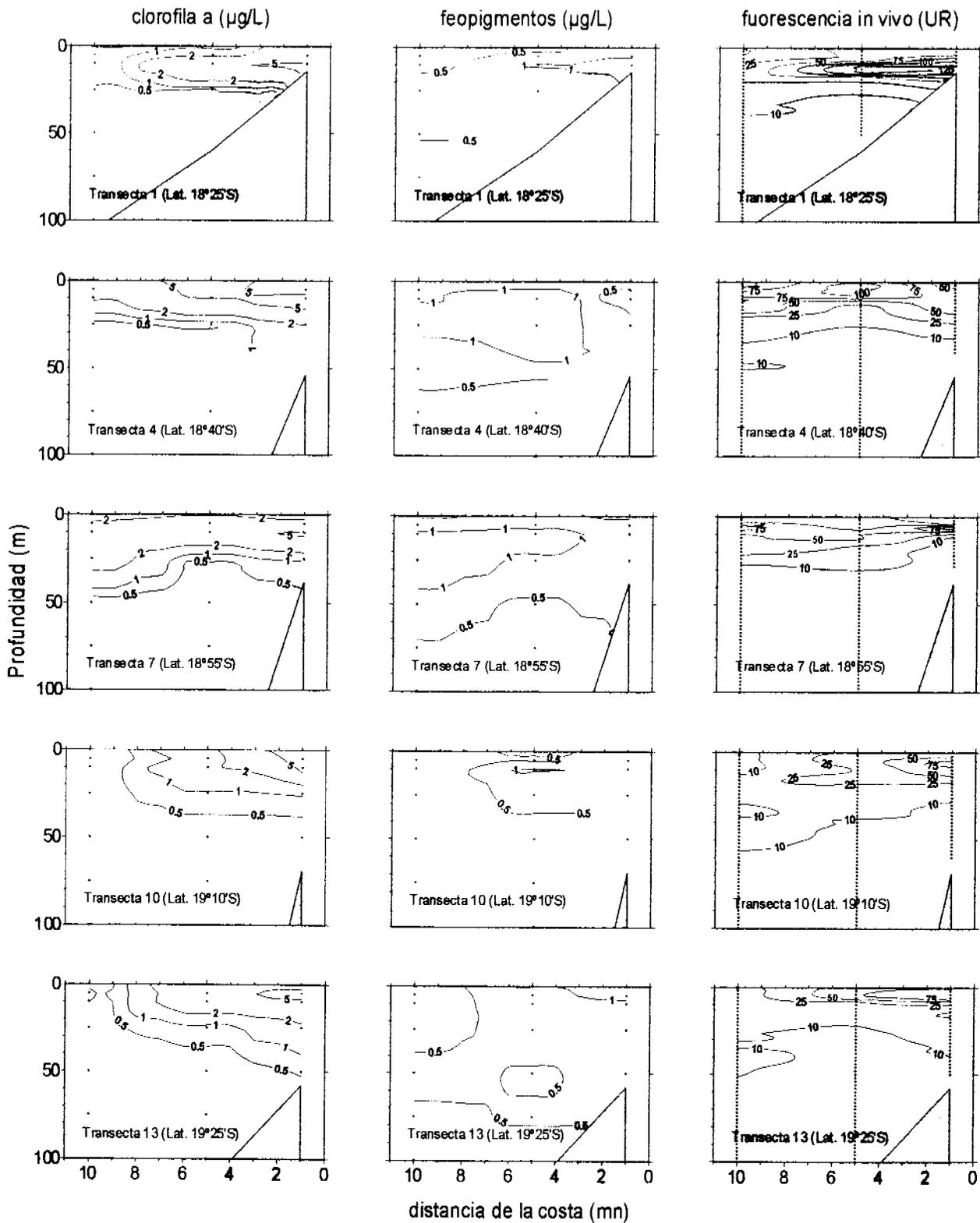


Figura 16. Distribución batimétrica de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia en vivo (UR), transectas 1 a la 13. Crucero RECLAN 0012.

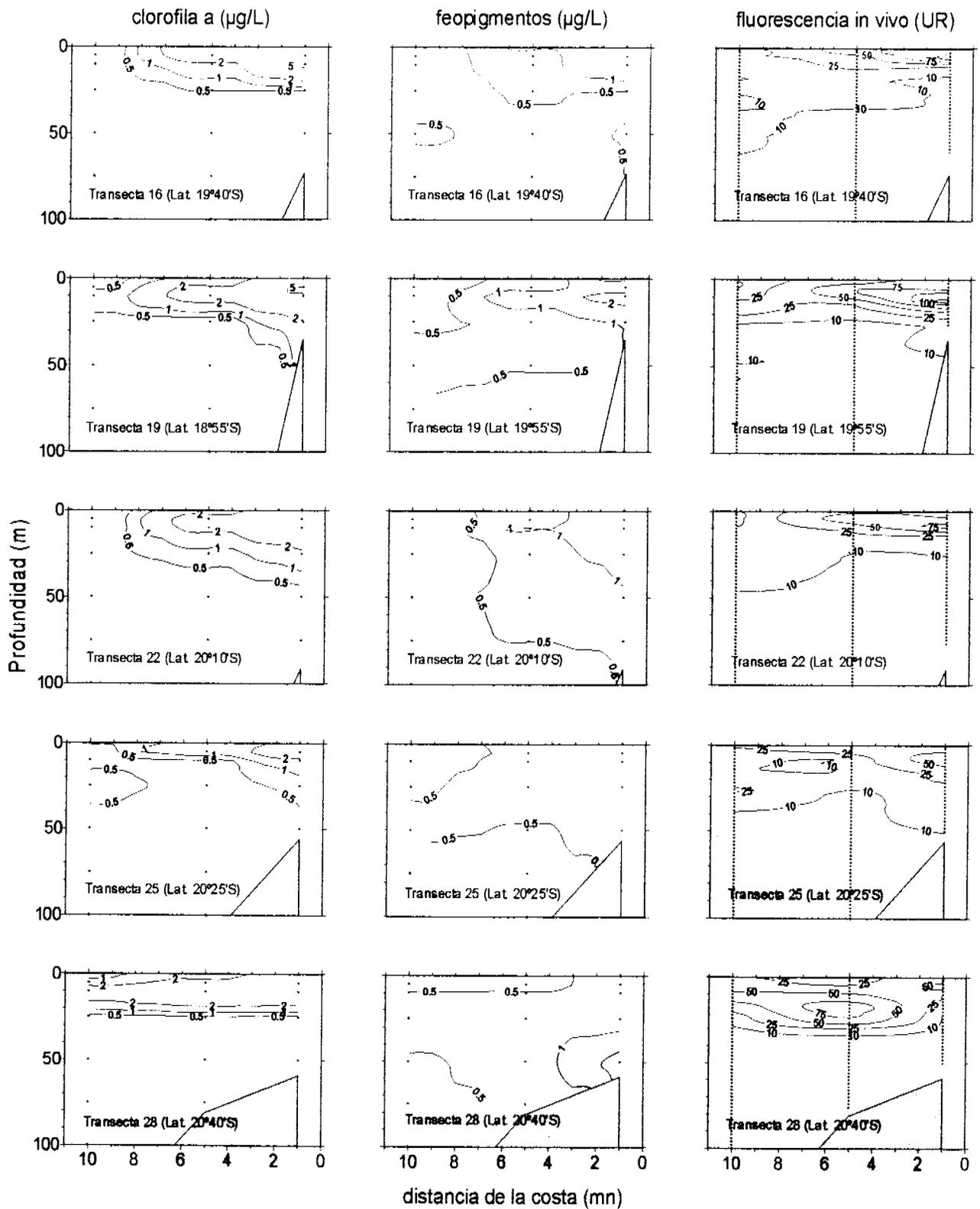


Figura 17. Distribución batimétrica de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia en vivo (UR), transectas 16 a 28. Crucero RECLAN 0012.

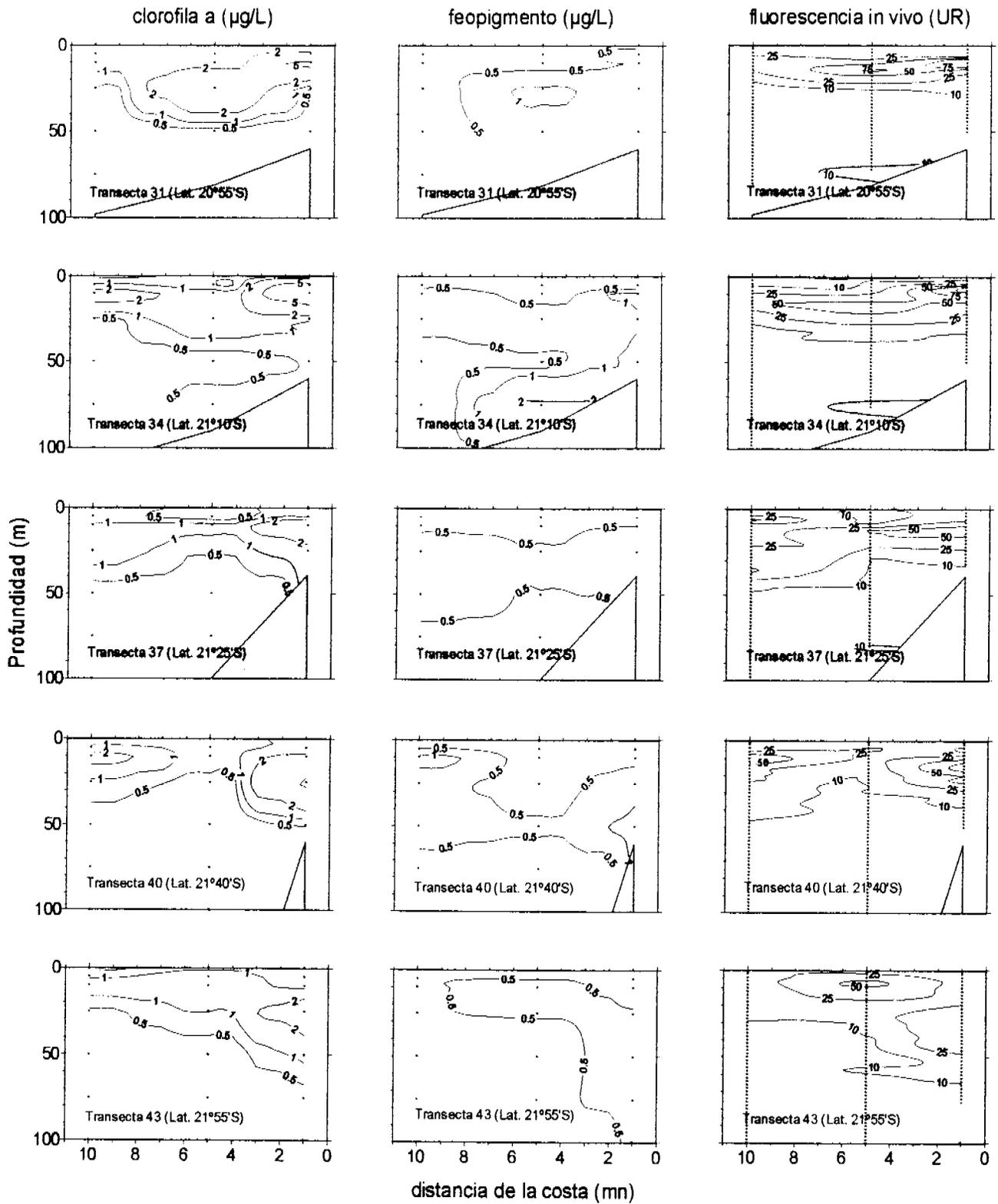


Figura 18. Distribución batimétrica de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia in vivo (UR), transectas 31 a 43. Crucero RECLAN 0012.

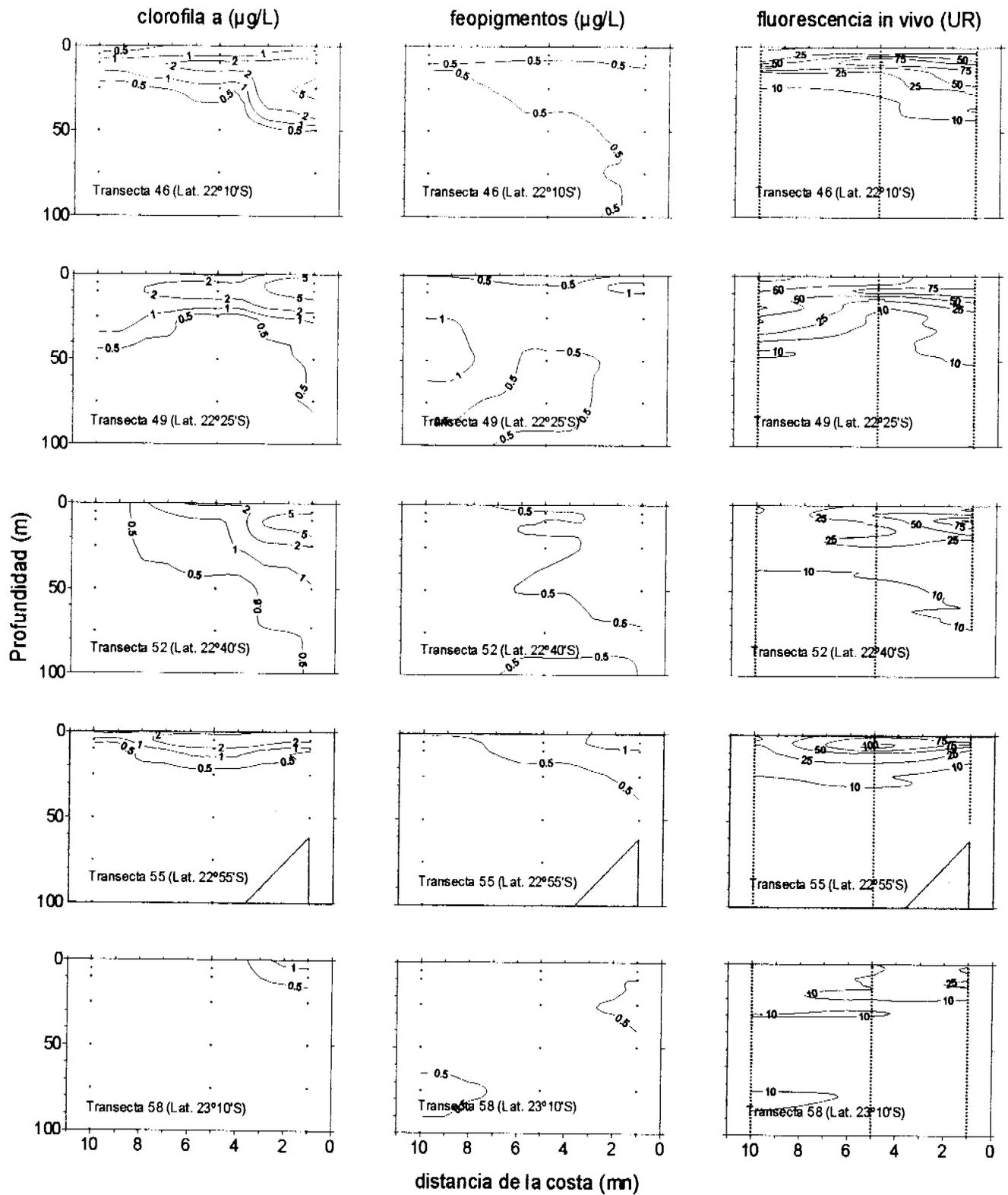


Figura 19. Distribución batimétrica de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia en vivo (UR), transectas 31 a 43. Crucero RECLAN 0012.

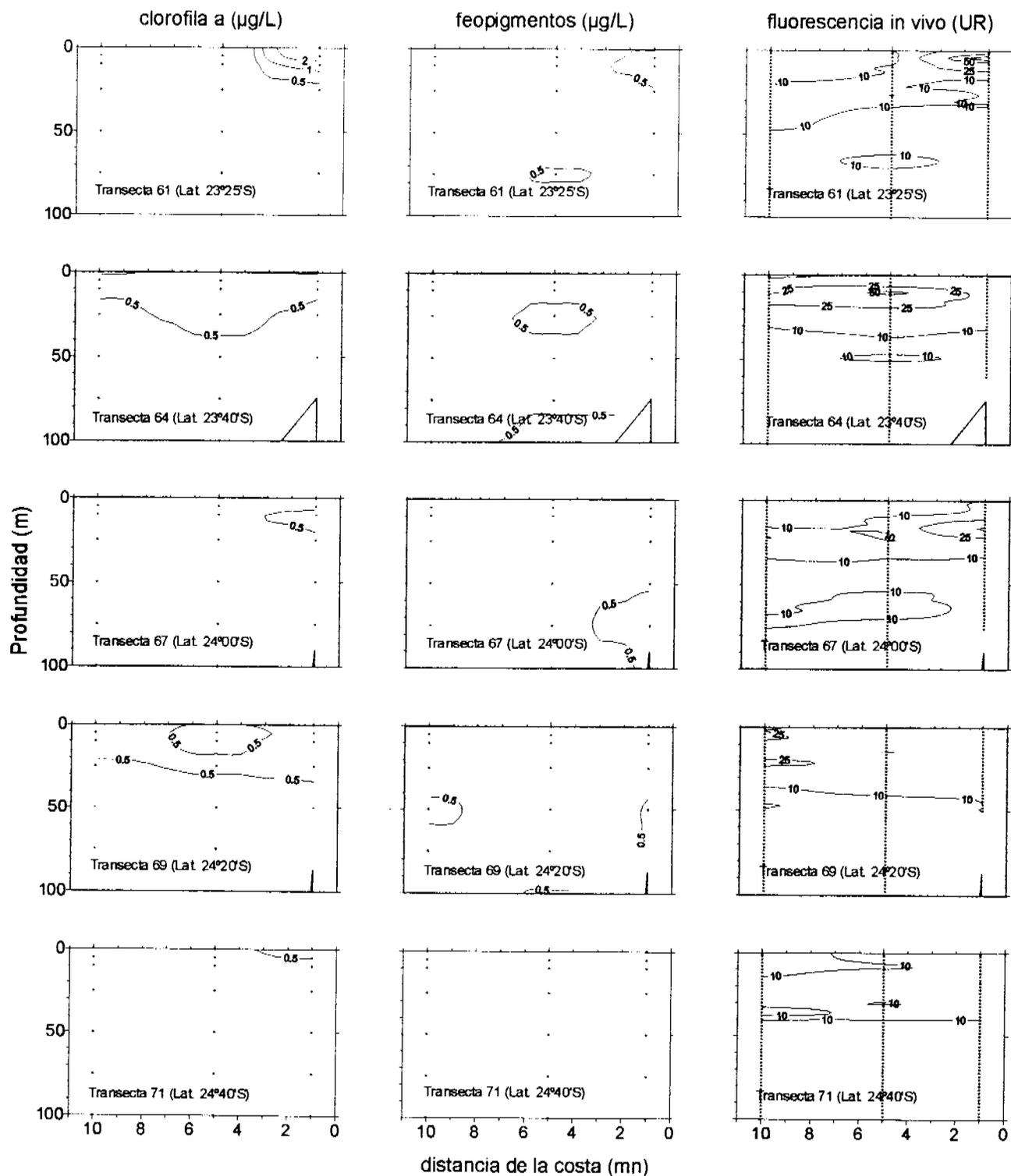


Figura 20. Distribución batimétrica de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ), feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ) y fluorescencia en vivo (UR), transectas 61 a 71. Crucero RECLAN 0012.

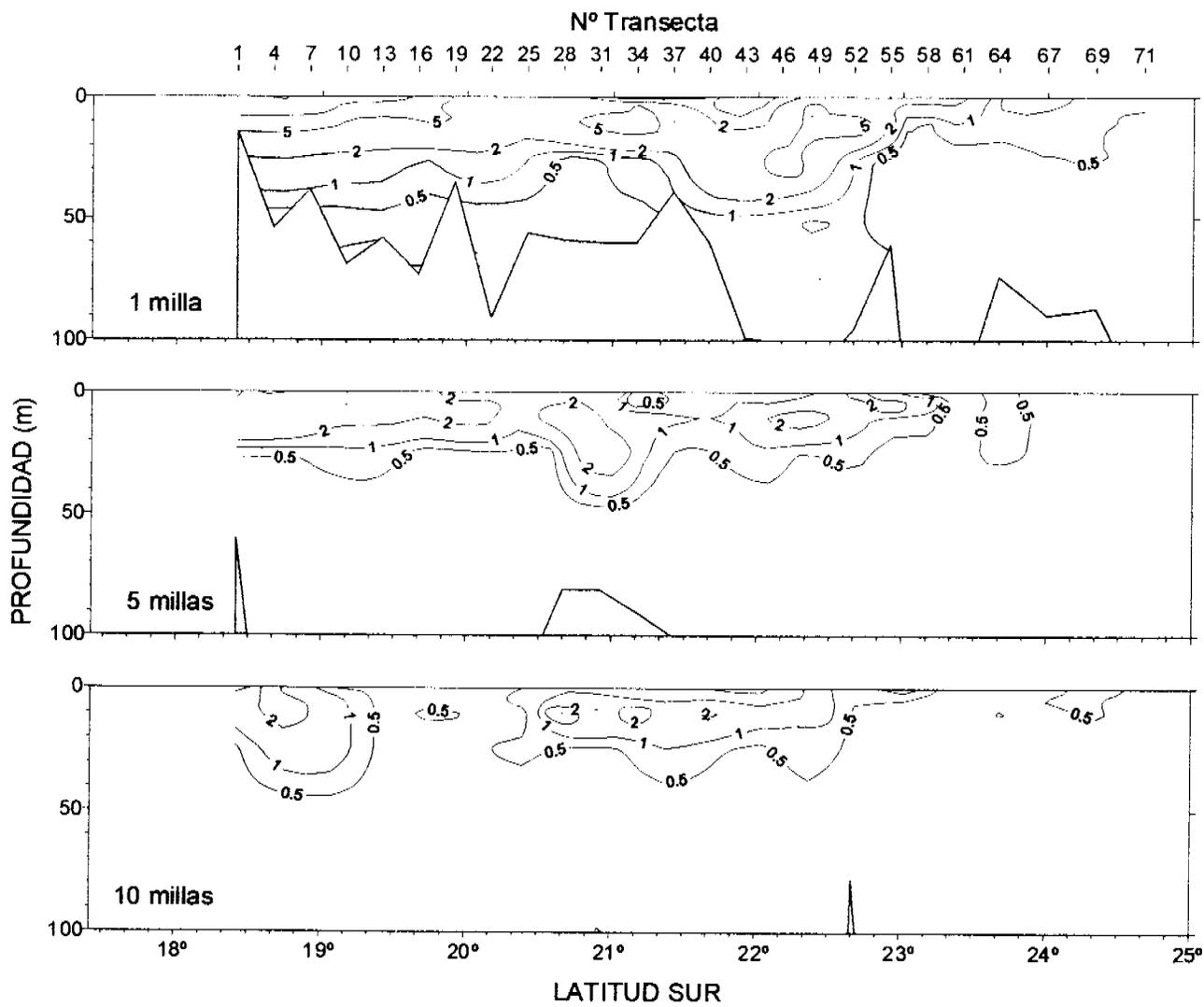


Figura 21. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ).  
Crucero RECLAN, diciembre 2000.

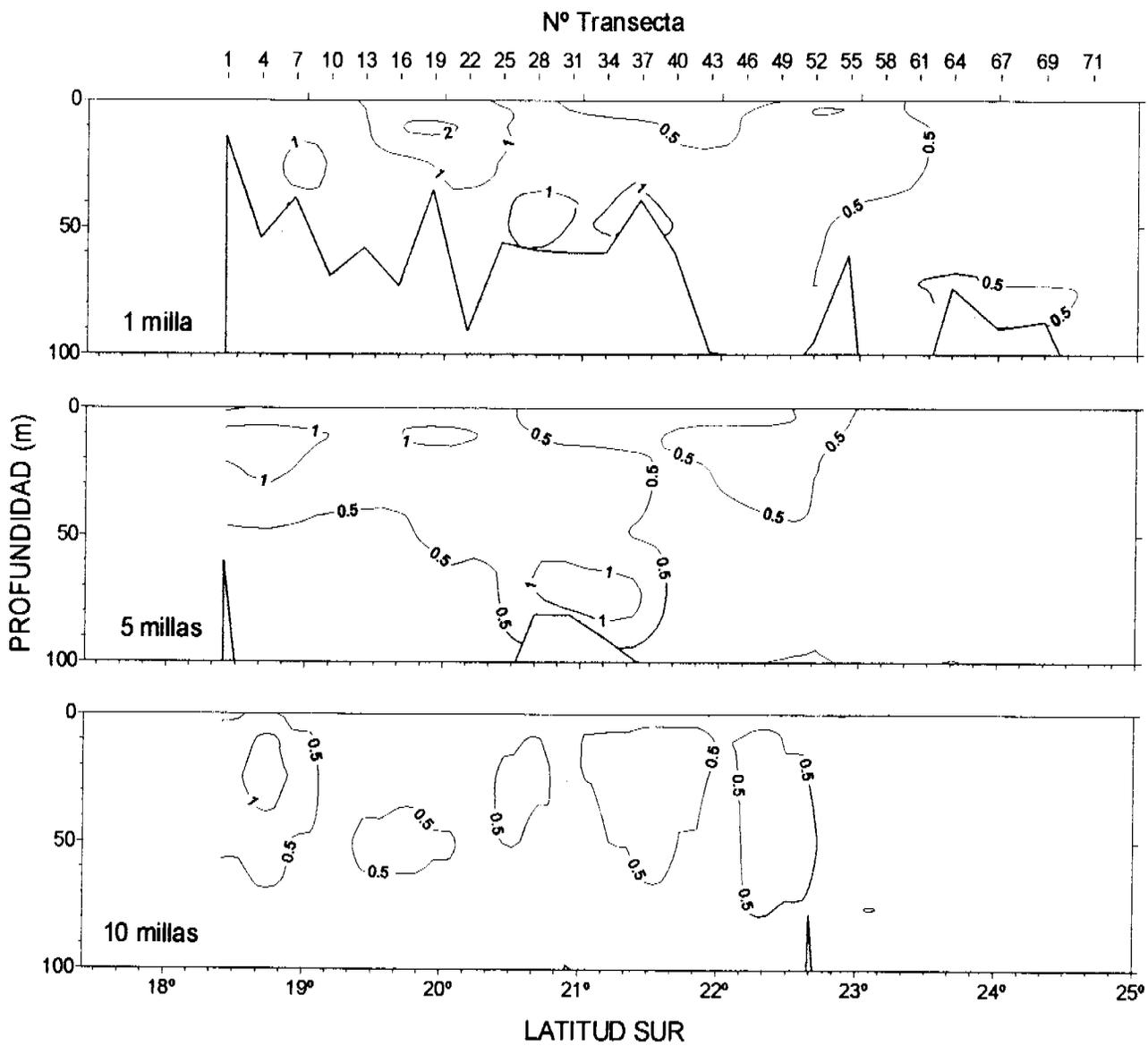


Figura 22. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn de feopigmentos ( $\mu\text{g/L}$ ).  
Crucero RECLAN, diciembre 2000.

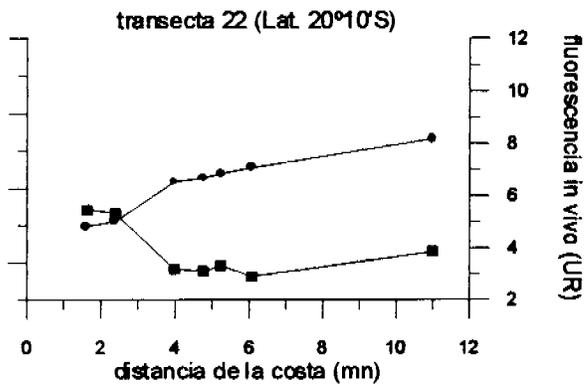
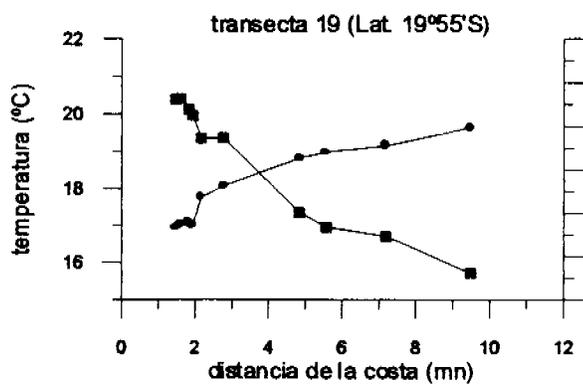
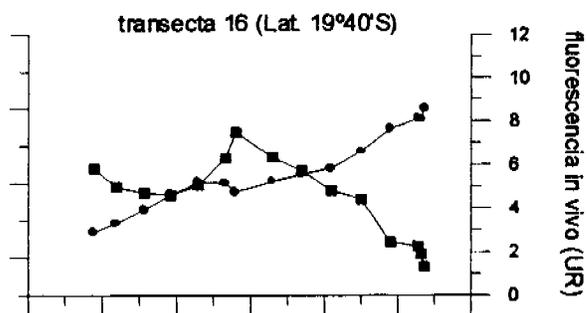
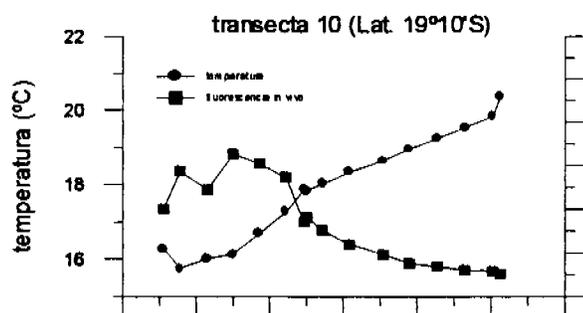
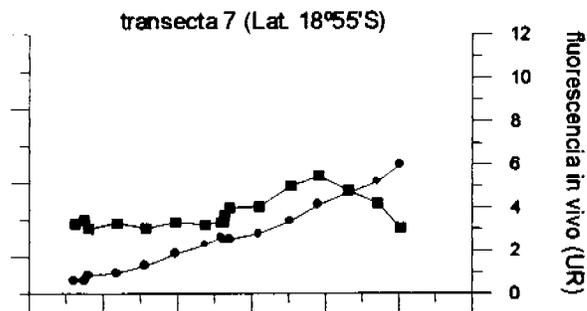
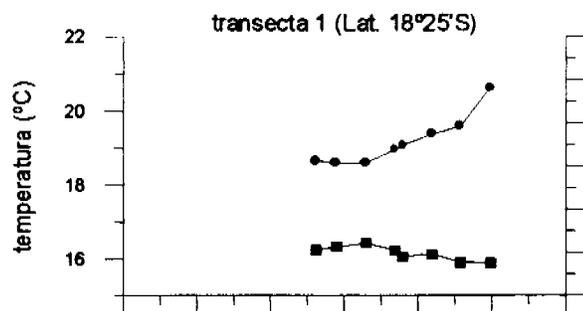


Figura 23. Distribución horizontal de la temperatura (°C) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 1 a la 22. Crucero RECLAN, diciembre 2000.

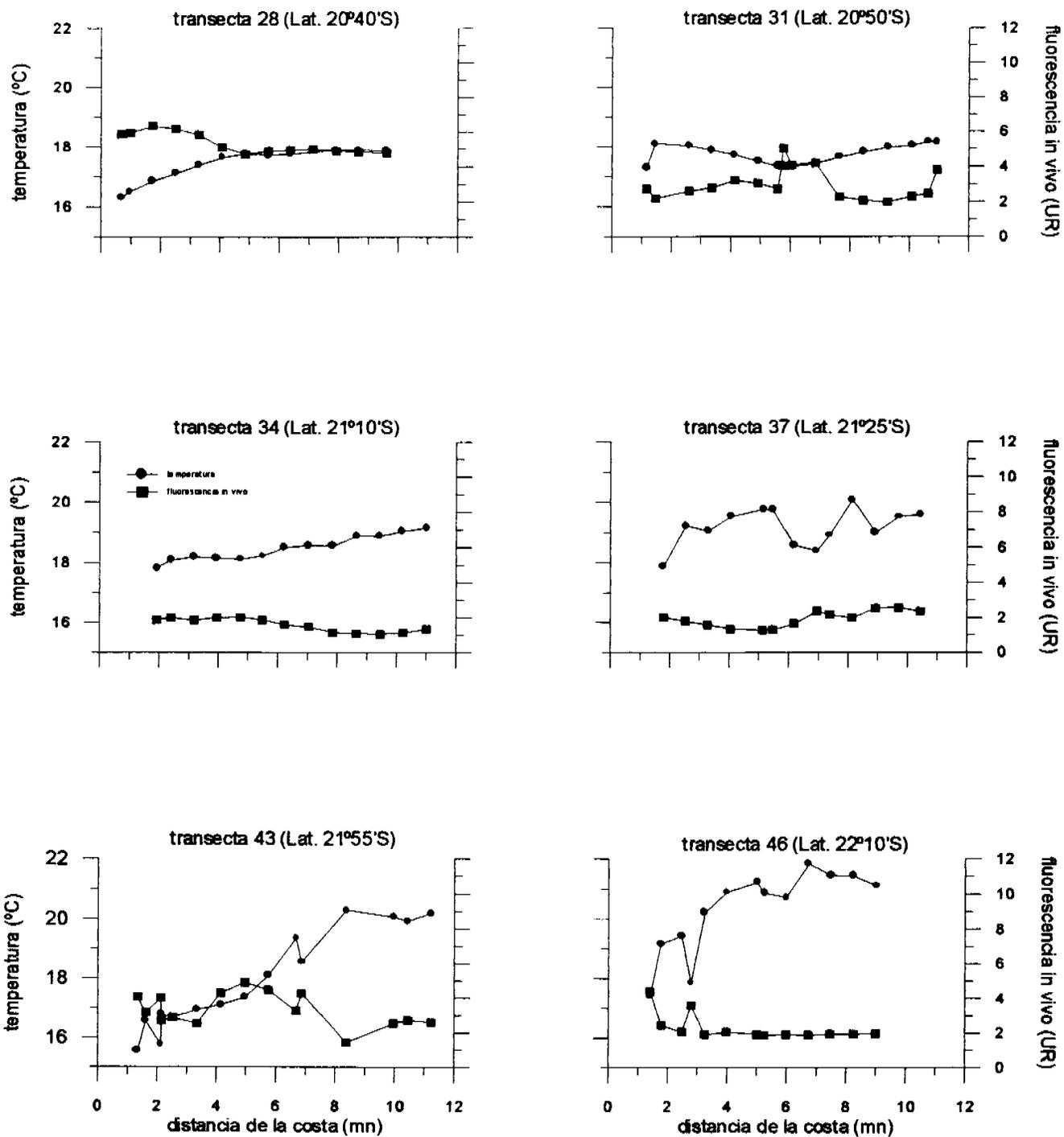


Figura 24. Distribución horizontal de la temperatura (°C) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 28 a la 46. Crucero RECLAN, diciembre 2000.

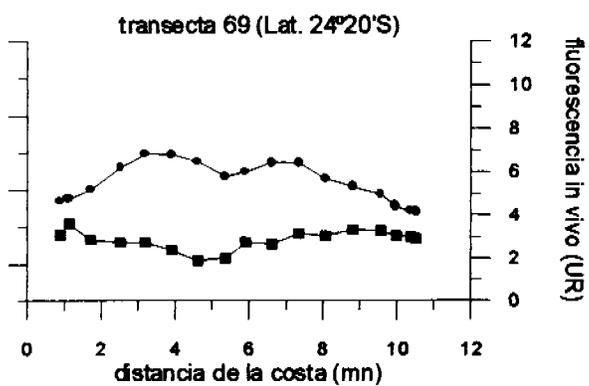
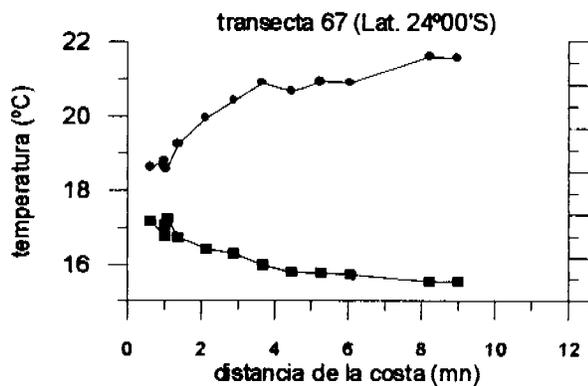
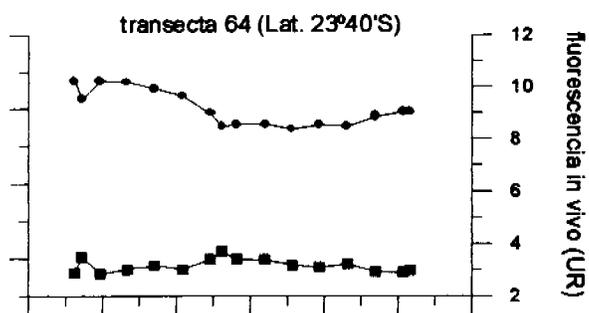
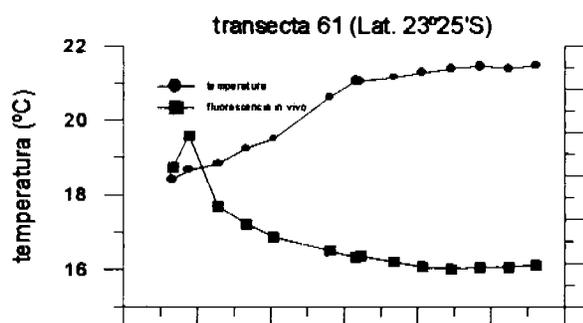
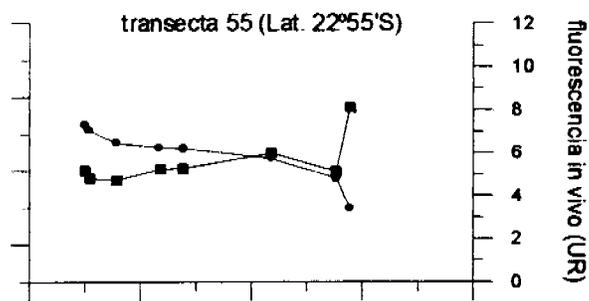
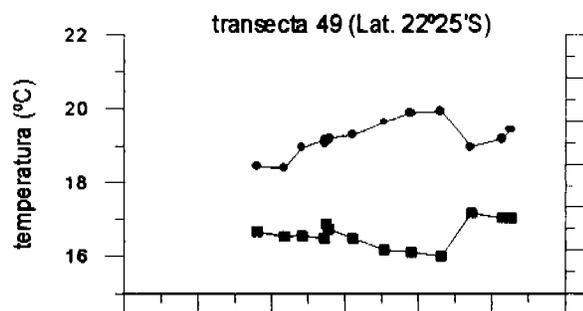


Figura 25. Distribución horizontal de la temperatura (°C) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 49 a la 69. Crucero RECLAN, diciembre 2000.

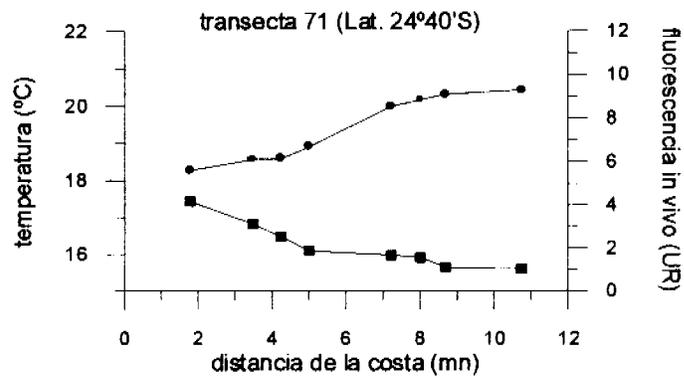


Figura 26. Distribución horizontal de la temperatura (°C) y la fluorescencia in vivo (UR), transecta 71. Crucero RECLAN, diciembre 2000.

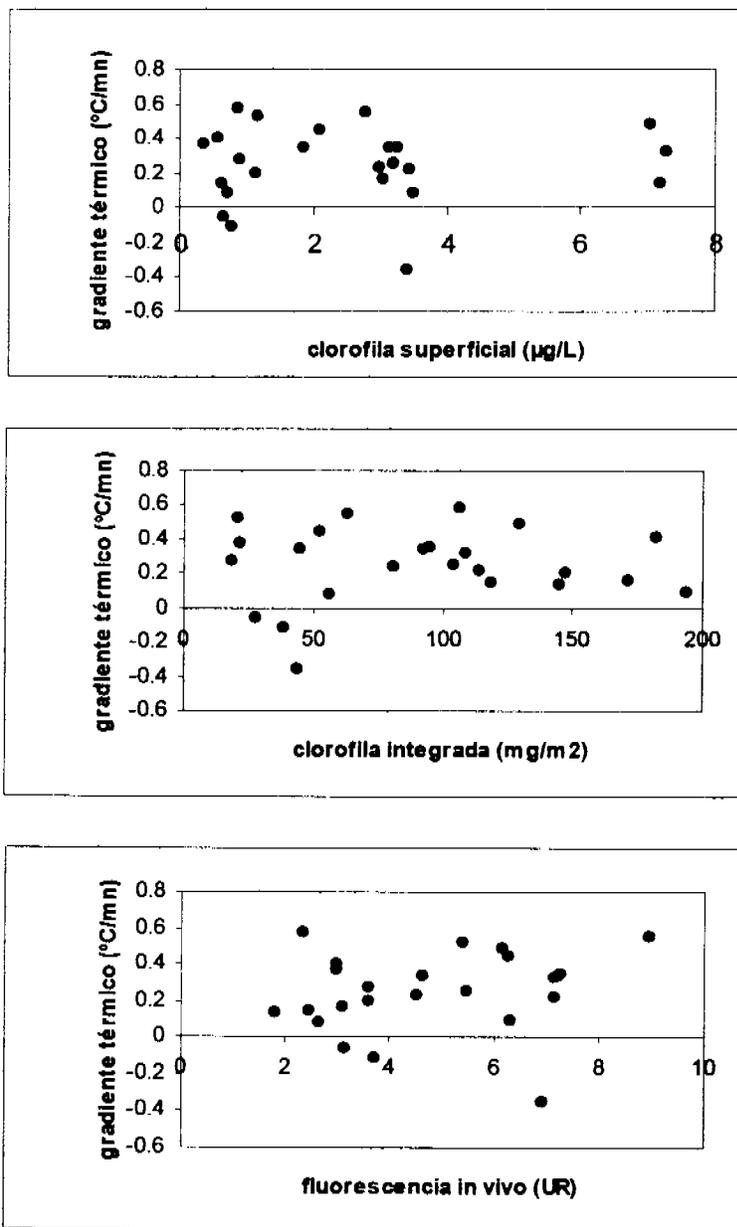


Figura 27. Diagramas de las relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y el gradiente de temperatura (°C/mn). Crucero RECLAN, diciembre 2000.

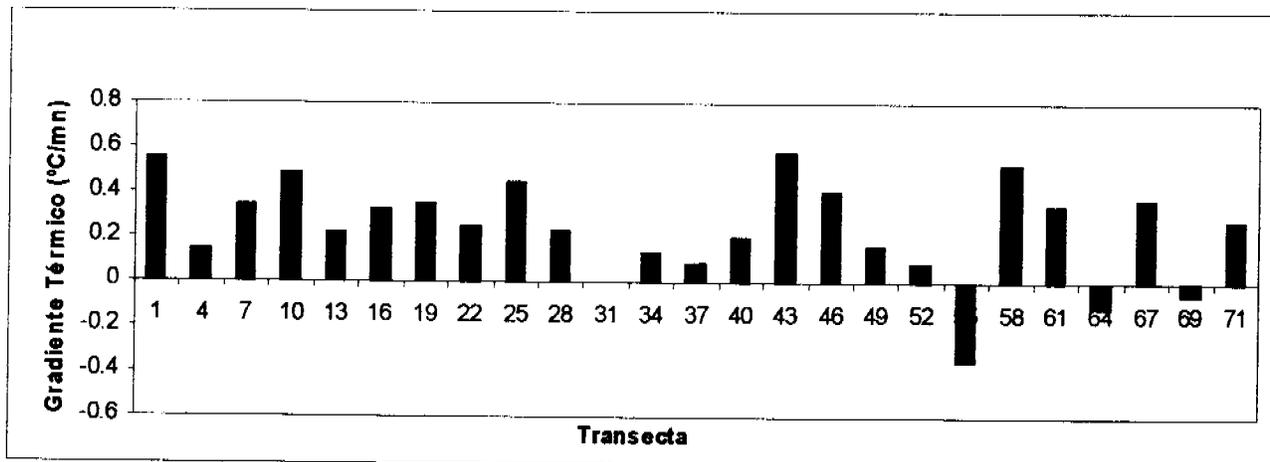
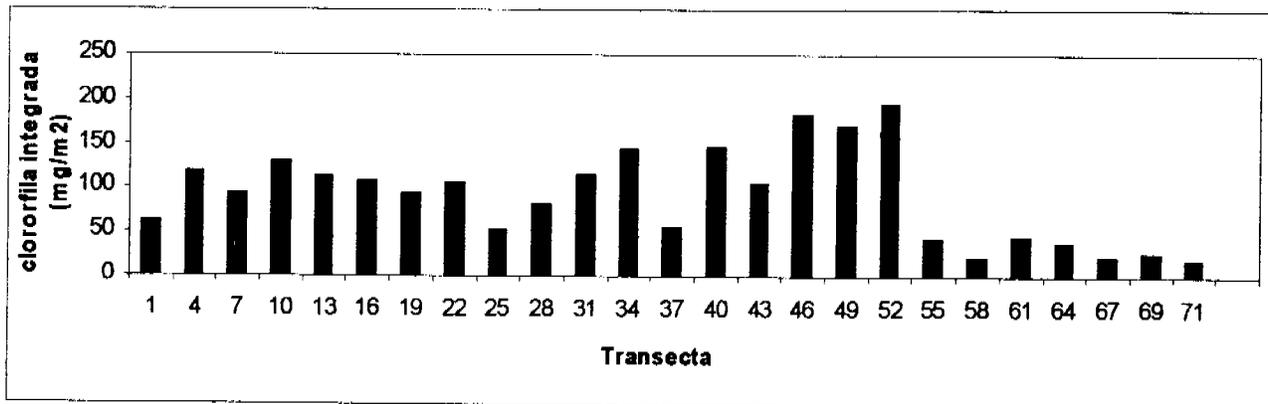
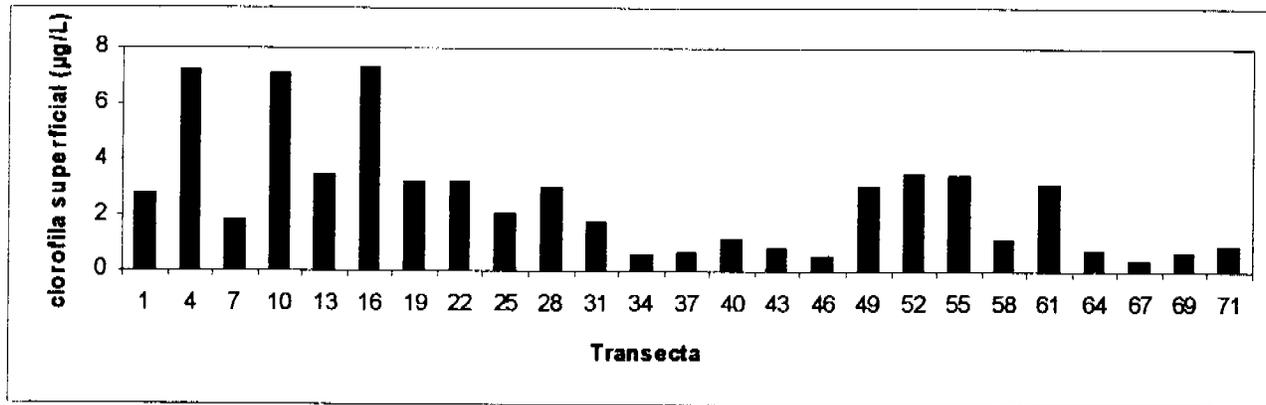


Figura 28. Diagramas del gradiente de temperatura (°C/mn), clorofila a integrada y superficial. Crucero RECLAN diciembre 2000.

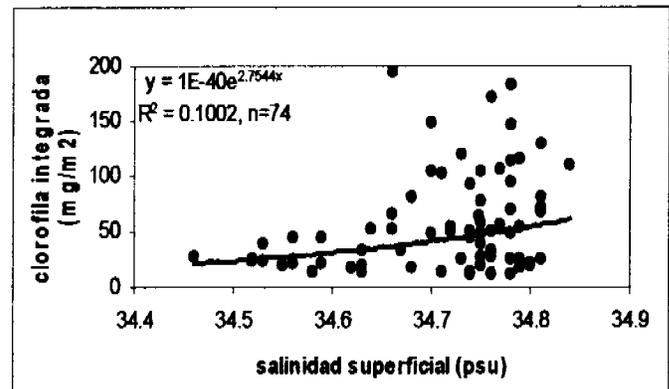
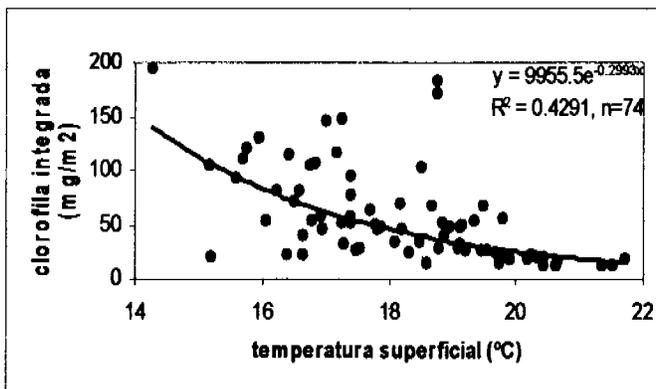
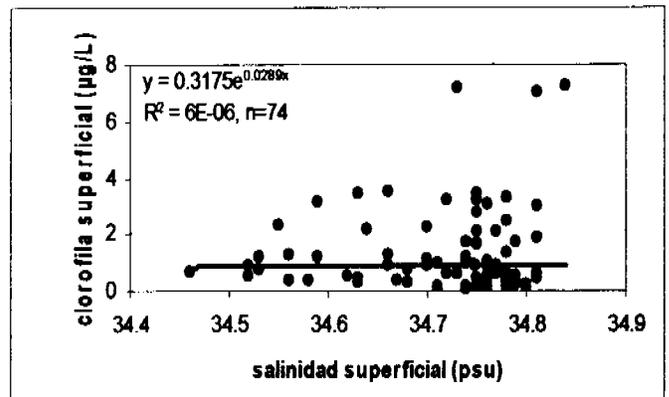
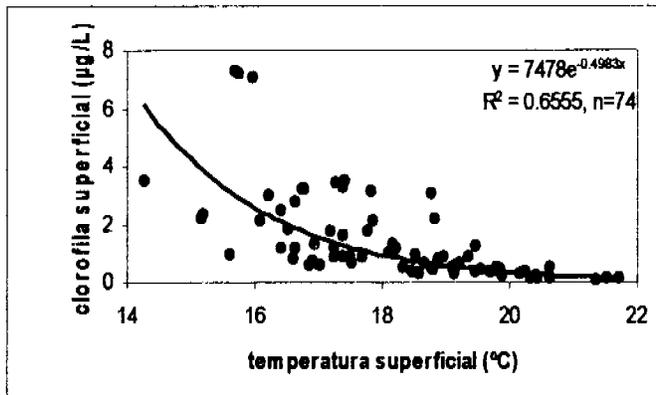
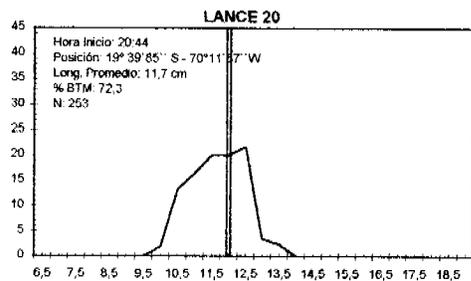
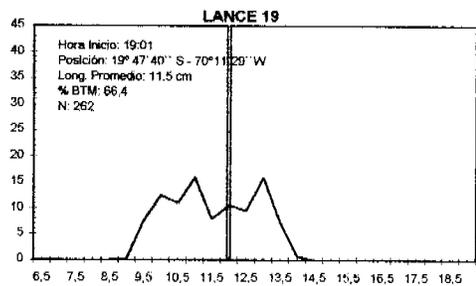
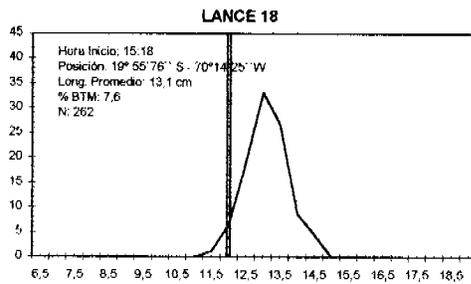
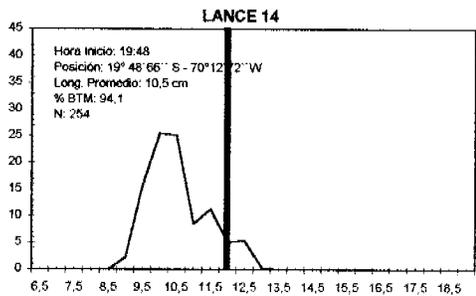
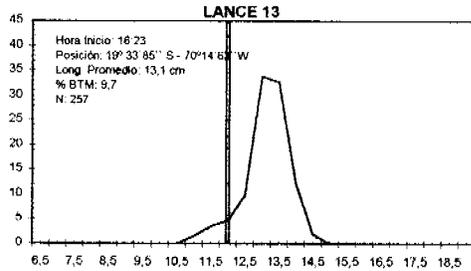
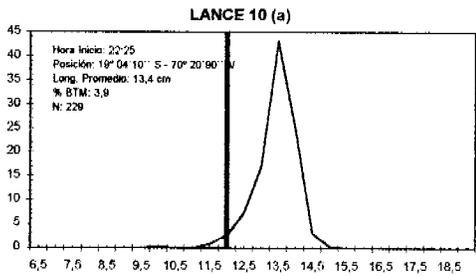
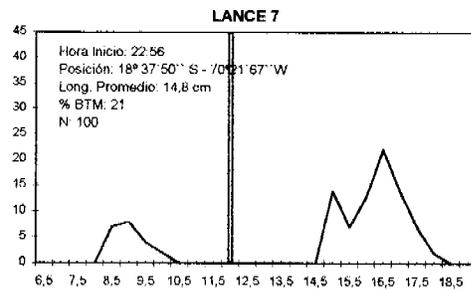
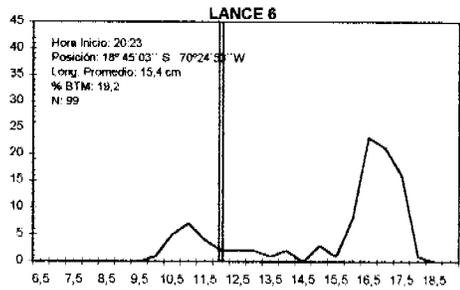
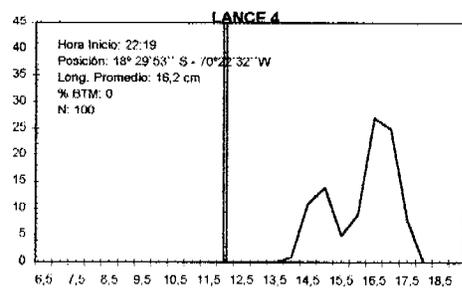
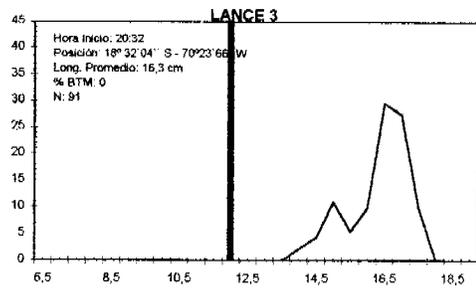


Figura 29. Diagramas de las relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica, el campo térmico y el salino. Crucero RECLAN, diciembre 2000.

FRECUENCIA (%)

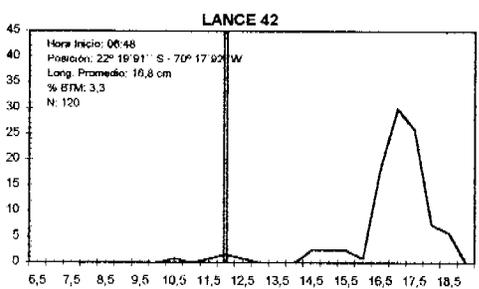
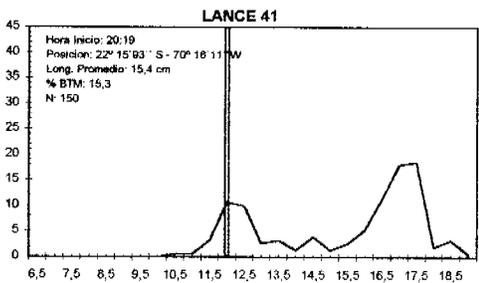
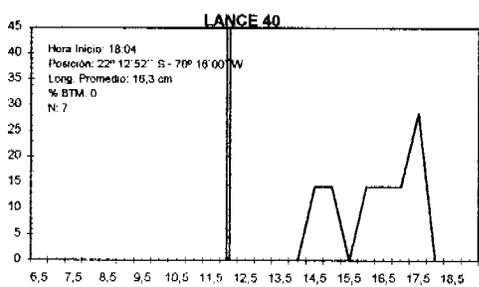
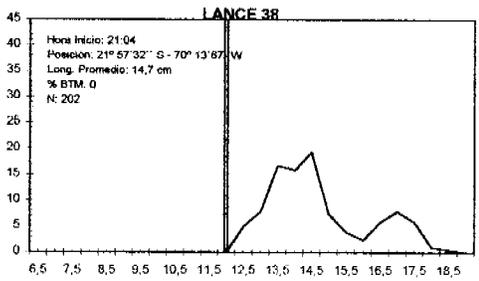
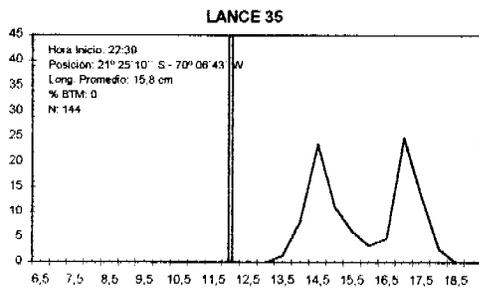
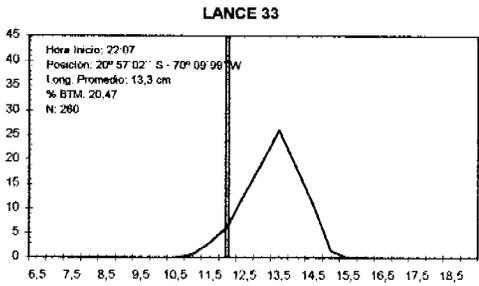
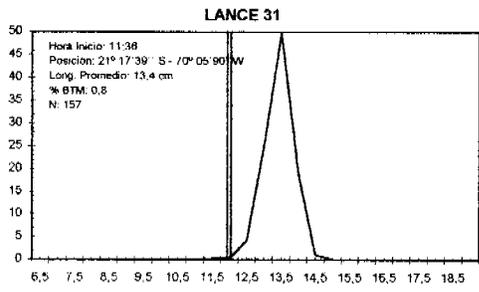
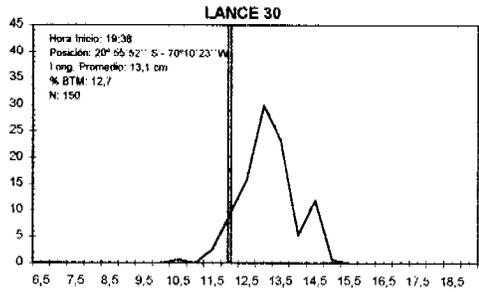
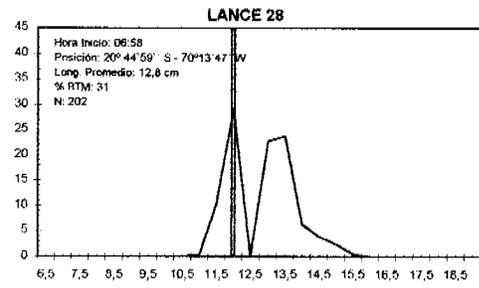
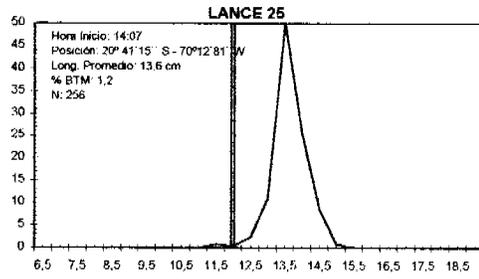


Longitud (cm)

Longitud (cm)

Figura 30. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua, por lances de pesca en el Crucero reclan 0012 (fracción recluta <= 12 cm)

FRECUENCIA (%)



Longitud (cm)

Longitud (cm)

Figura 31. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua, por lances de pesca en el Crucero reclan 0012 (fracción recluta <= 12 cm)

FRECUENCIA (%)

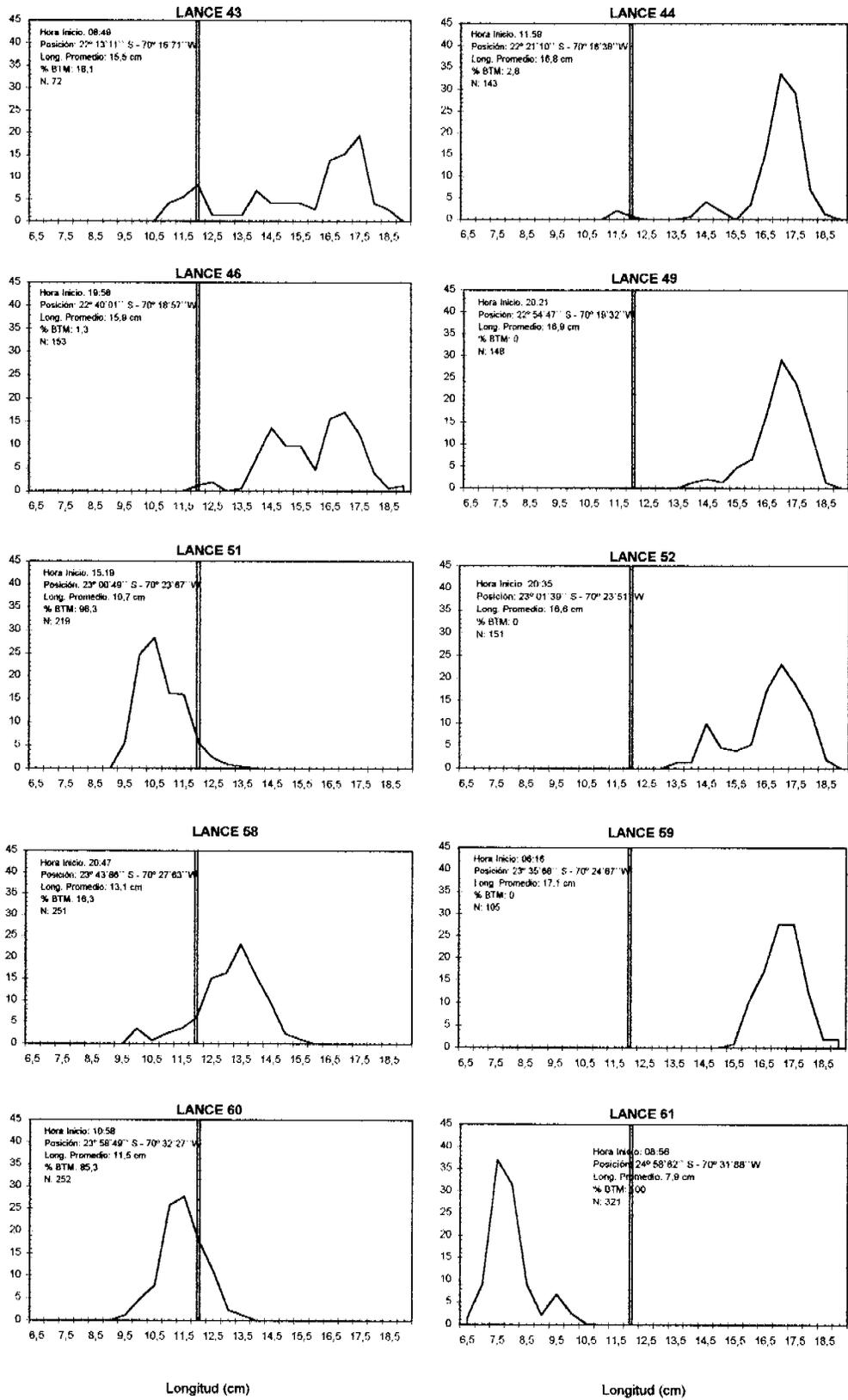


Figura 32. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua, por lances de pesca en el Crucero reclan 0012 (fracción recluta <= 12 cm)

FRECUENCIA (%)

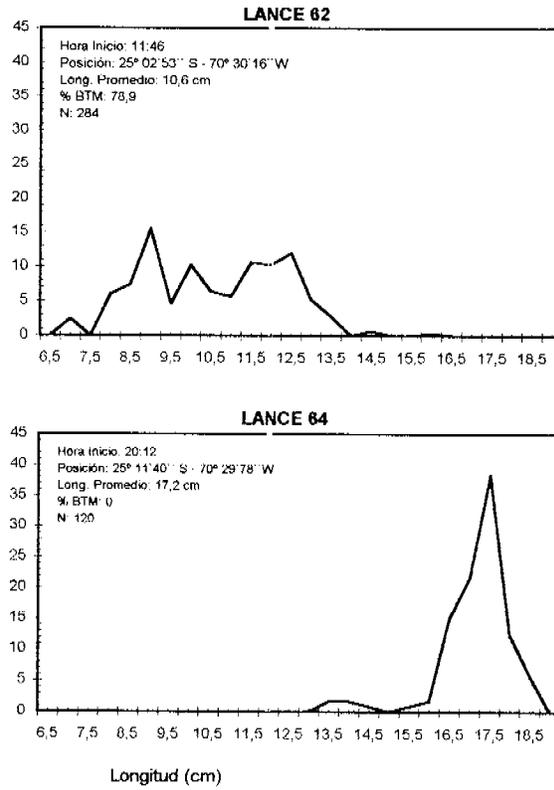


Figura 33. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua, por lances de pesca en el Crucero reclan 0012 (fracción recluta  $\leq 12$  cm)

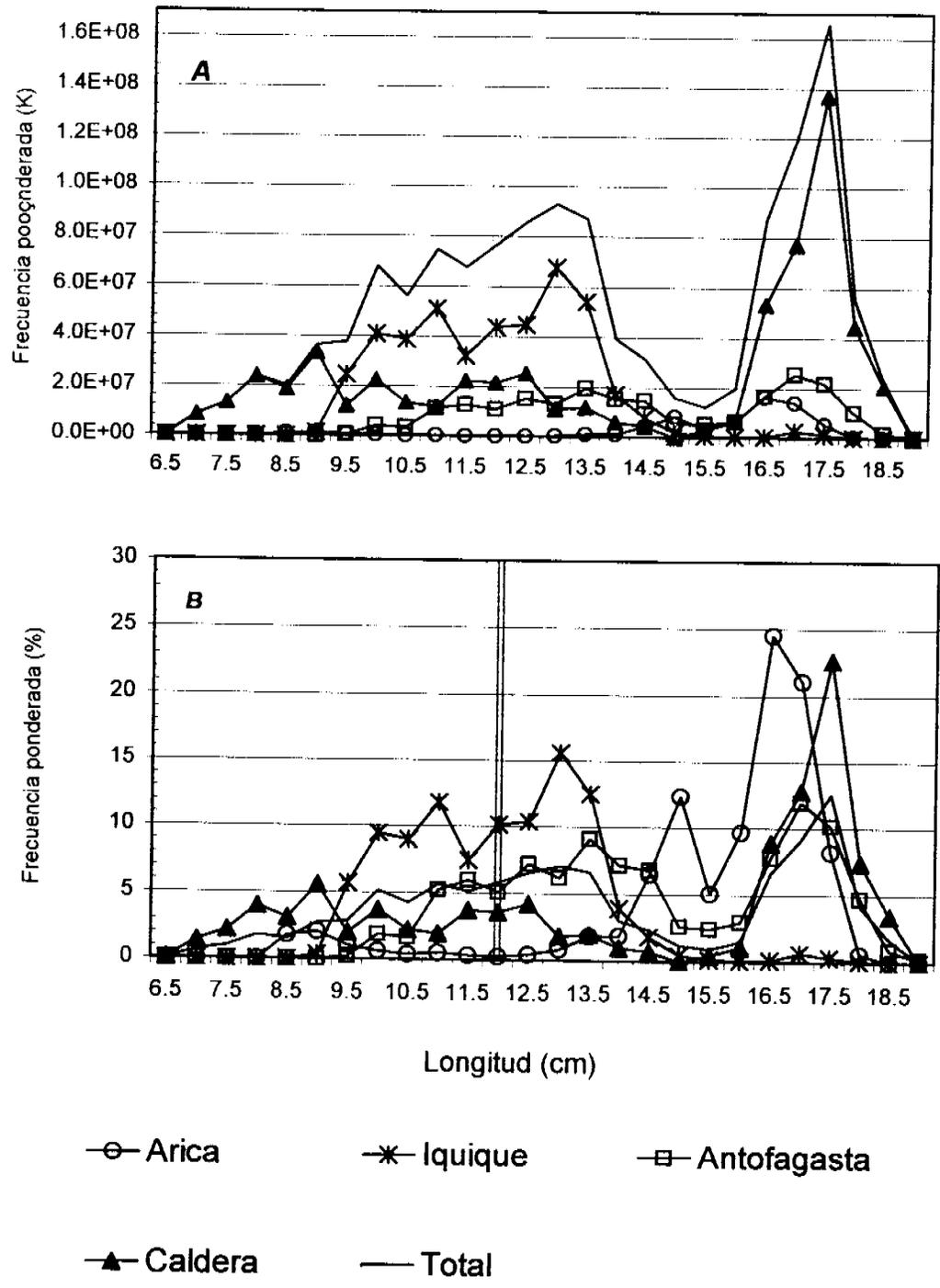
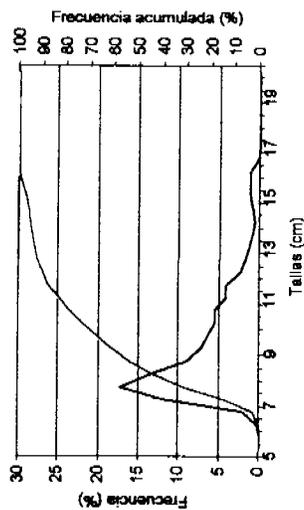


Figura 34. Distribución de frecuencia de longitud (A: absoluta k y B: en porcentaje) de anchoveta, ponderada por la captura; provenientes de ejemplares capturados con red de media-agua en el Crucero Reclan 0012. (fracción recluta  $\leq 12$  cm)

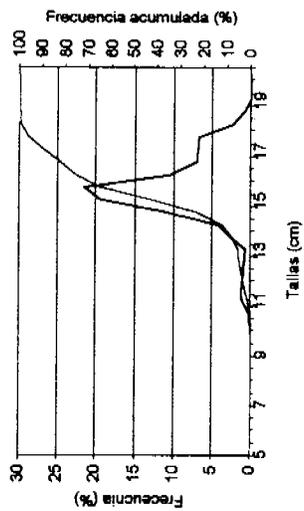
### Arrastre de media agua

Reclan 9811



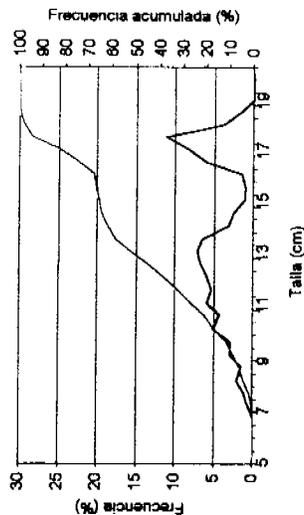
L 15% = 10,6 L 50% = 9,0 L 25% = 8,0

Reclan 0001



L 75% = 16,6 L 50% = 15,9 L 25% = 15,4

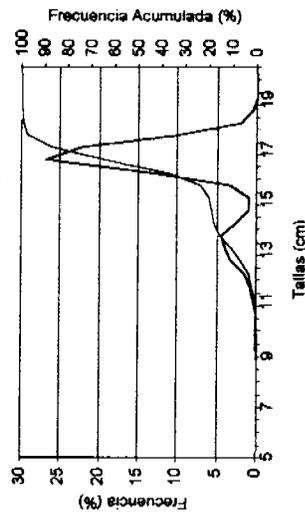
Reclan 0012



L 75% = 17,1 L 50% = 13,5 L 25% = 11,5

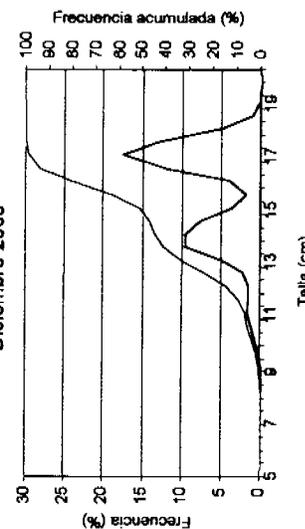
### Flota cerquera

Noviembre 2000



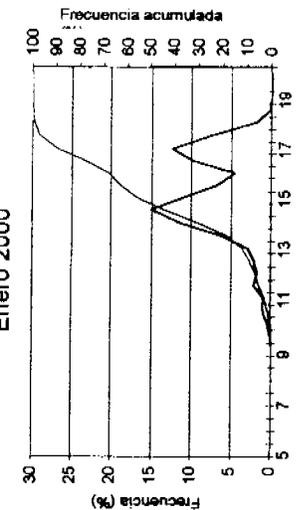
L 75% = 17,5 L 50% = 17,0 L 25% = 16,4

Diciembre 2000



L 75% = 16,5 L 50% = 15,8 L 25% = 13,3

Enero 2000



L 75% = 17,1 L 50% = 15,4 L 25% = 14,5

Figura 34 a. Frecuencias de tallas de anchoveta capturadas por la red de arrastre de media agua en los cruceros RECLAN 9811 (noviembre de 1998); RECLAN 0001 (enero 2000) y RECLAN 0012 (diciembre 2000) y por la flota cerquera en noviembre y diciembre del 2000 y enero del 2001. Se indican las frecuencias acumuladas para cada caso, así como las tallas al 50%, 25 y 75%.

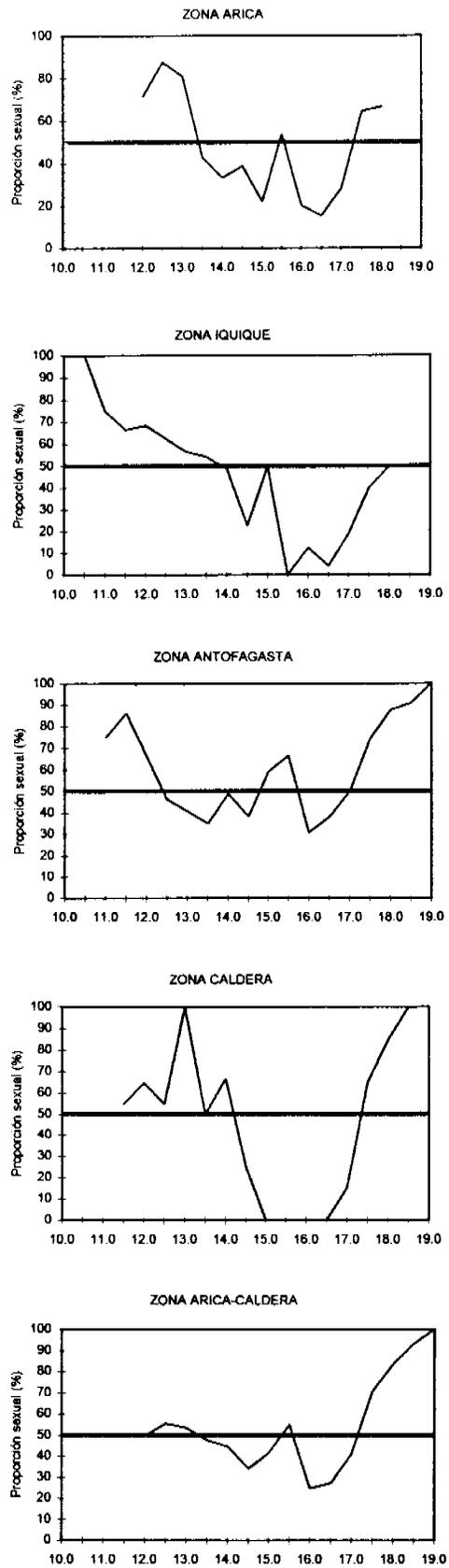


Figura 35. Proporción sexual de las anchovetas capturadas durante el crucero Reclan0012

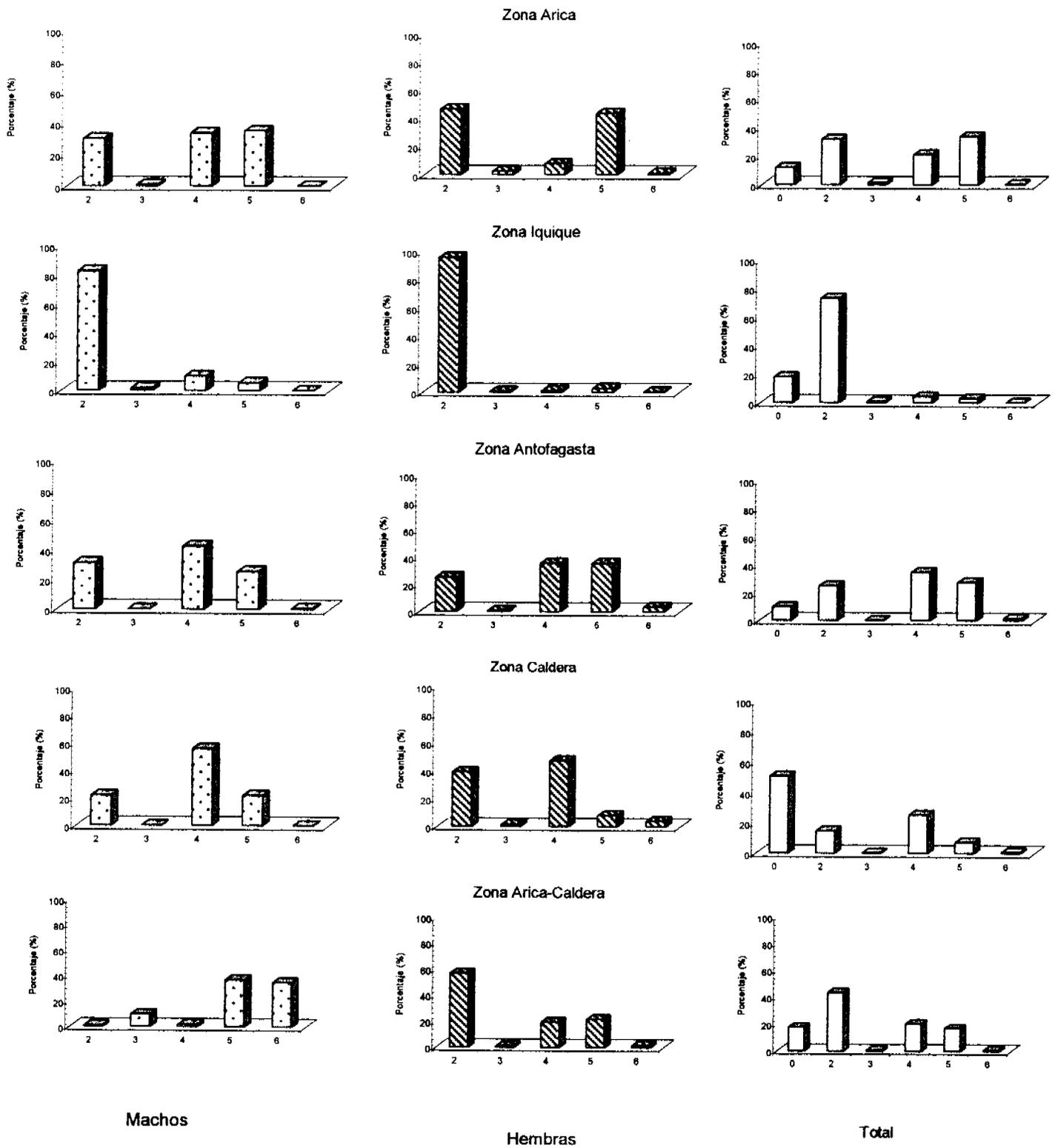
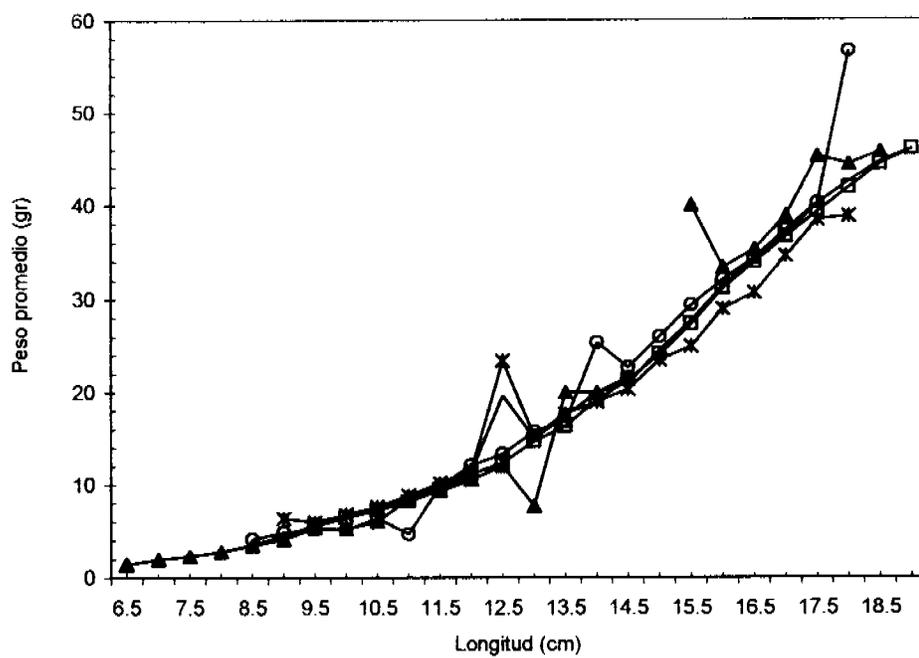


Figura 36. Estados de madurez por sexo y zona de pesca de anchoveta capturada en el crucero Reclan0012



— Total Zona      —○— Arica      —\*— Iquique  
 —□— Antofagasta      —▲— Caldera

Figura 37. Pesos promedio empíricos a la talla de anchoveta obtenidos con red de media-agua por zonas en el Crucero Reclan 0012

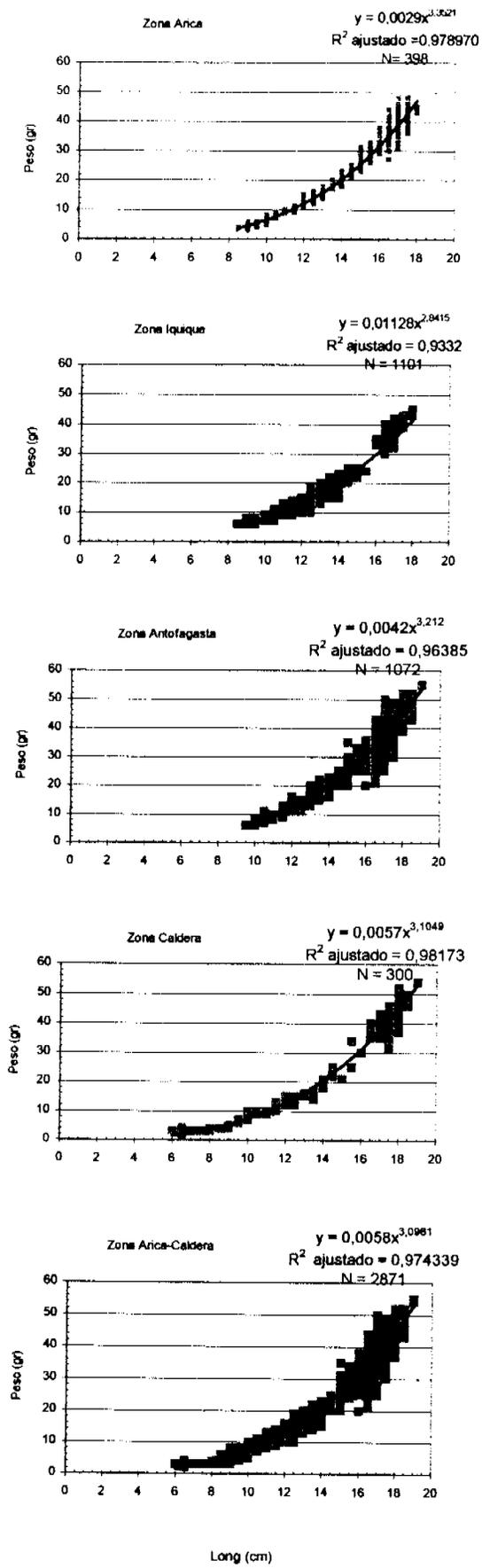


Figura 38. Resultados de los parámetros "a y b" de la relación longitud-peso de anchoveta, calculada en forma lineal por zona de pesca en el Crucero Reclan 0012.

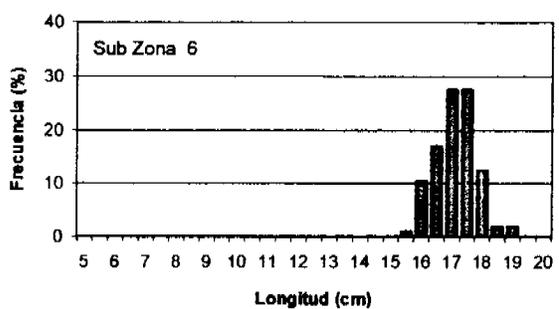
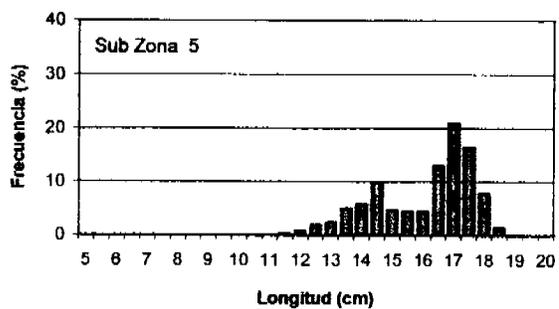
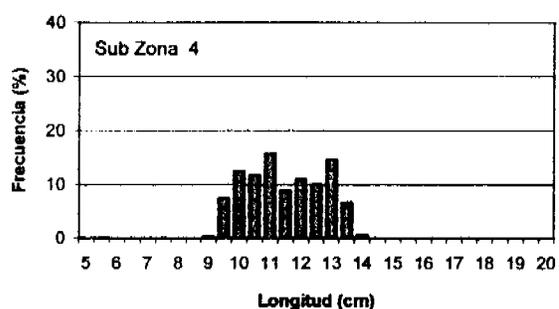
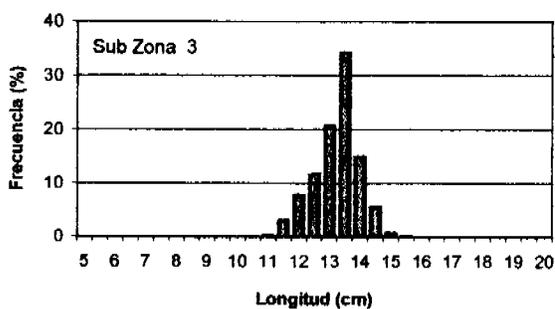
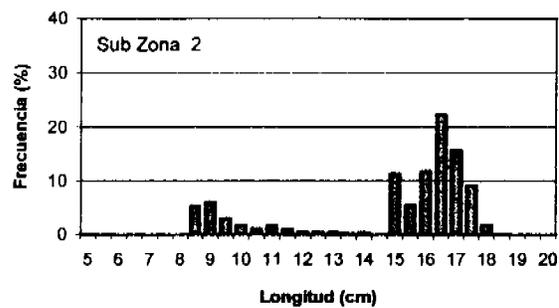
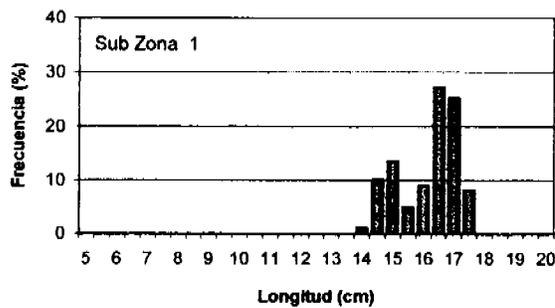


Figura 39a. Estructura de tallas de anchoveta de los lances de pesca ponderados por la captura agrupados por subzonas. Crucero RECLAN 0012.

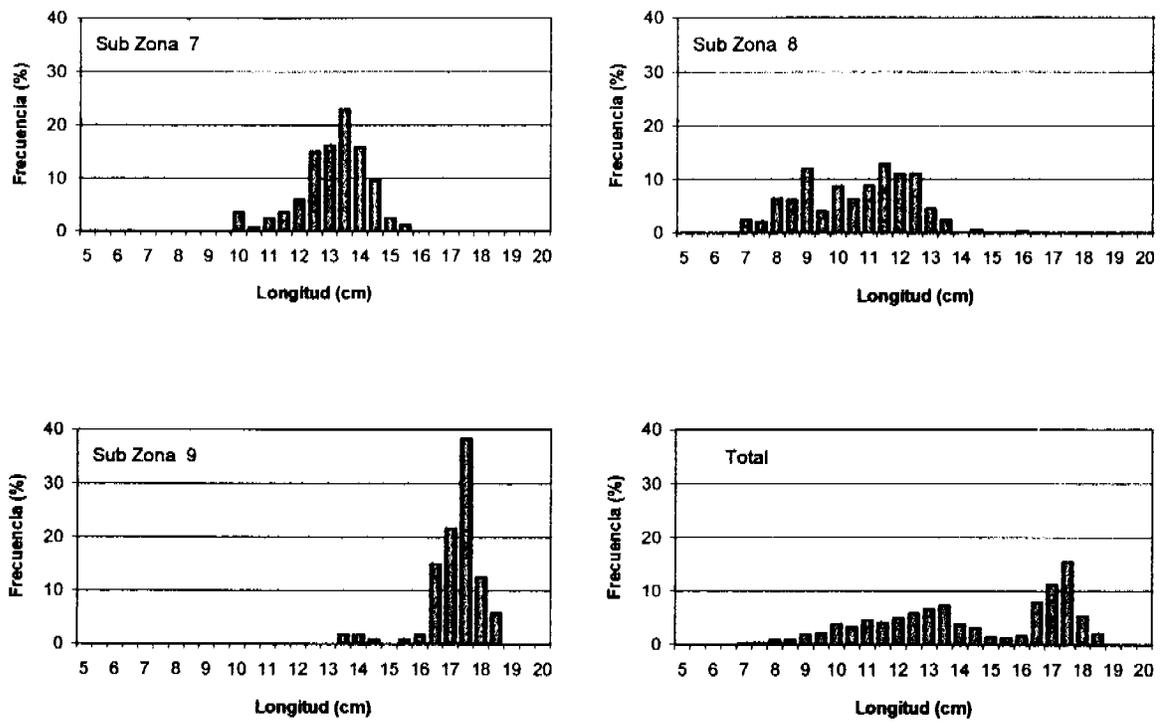


Figura 39b. Estructura de tallas de anchoveta de los lances de pesca ponderados por la captura agrupados por subzonas. Crucero RECLAN 0012.

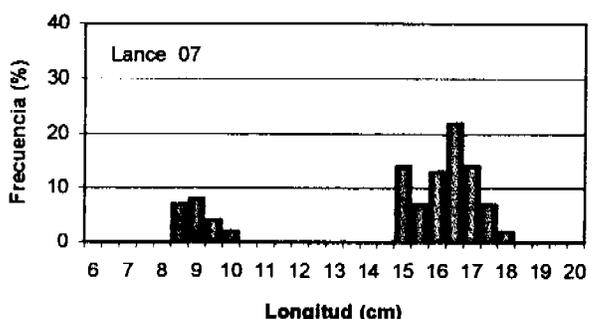
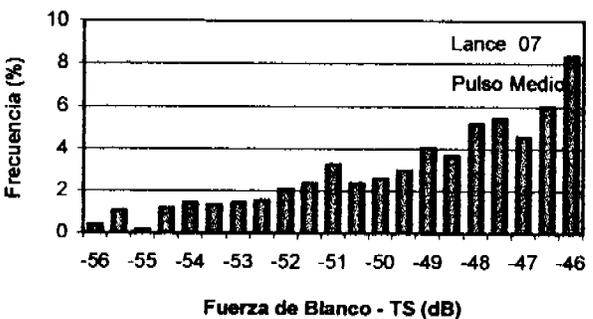
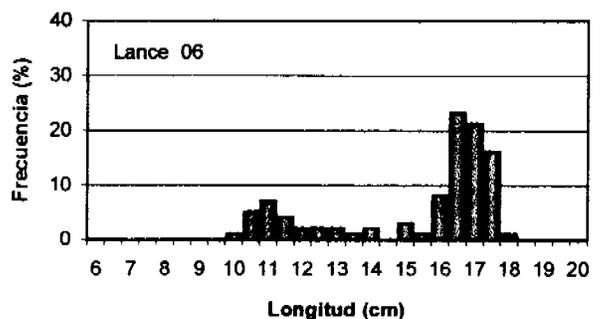
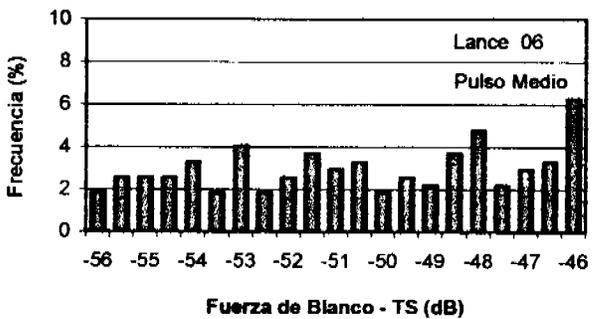
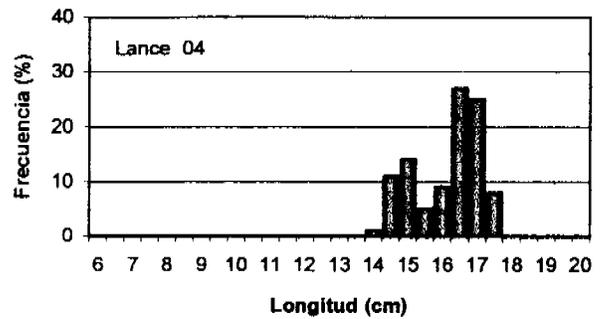
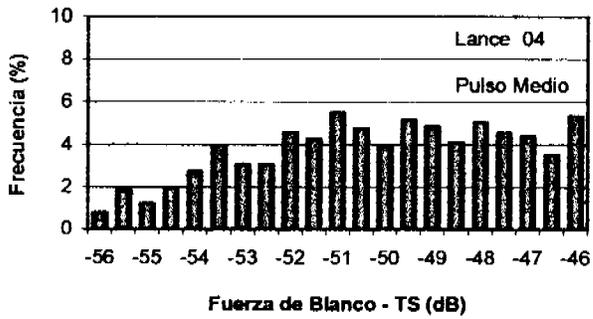
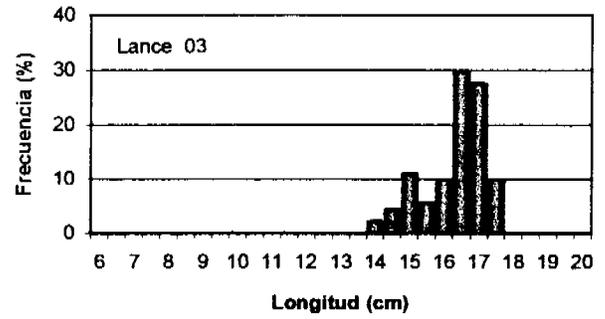
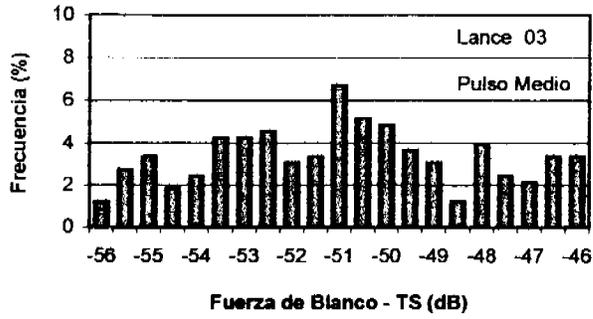


Figura 40. Histogramas de la intensidad de4 blanco (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 3, 4, 6 y 7). Crucero RECLAN 0012.

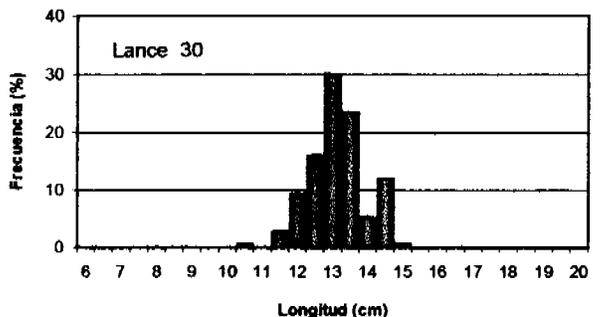
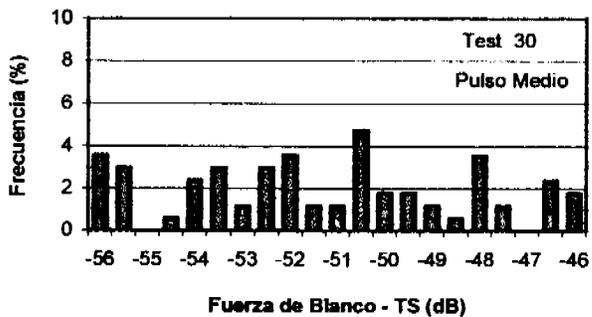
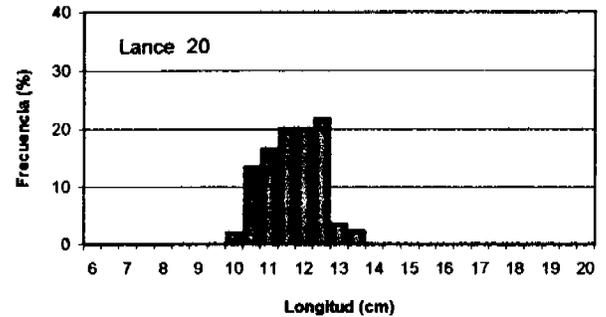
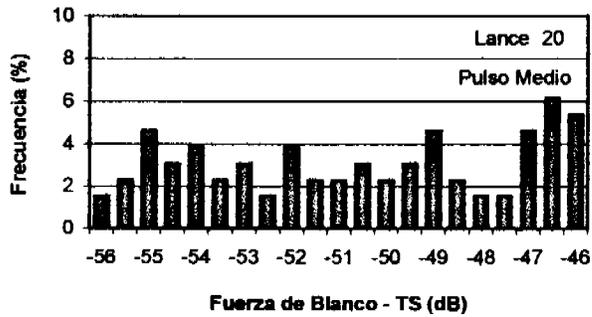
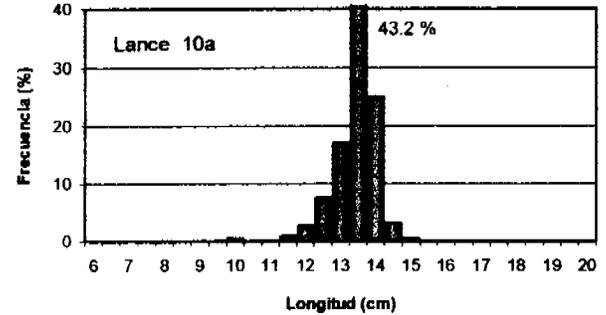
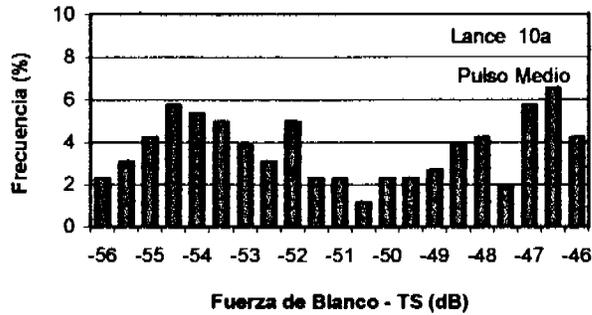
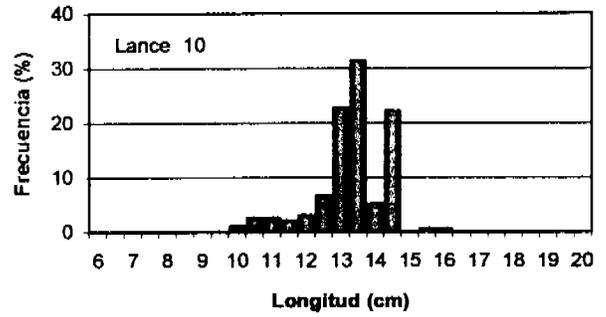
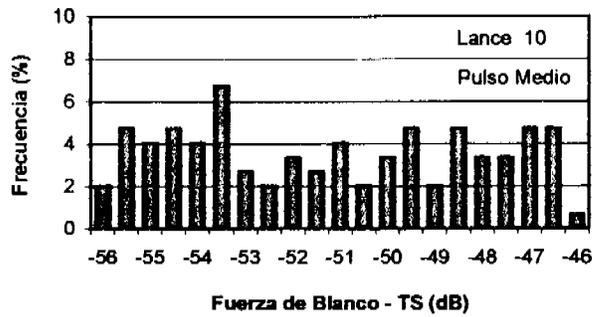


Figura 41. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 10, 10a, 20 y 30). Crucero RECLAN 0012.

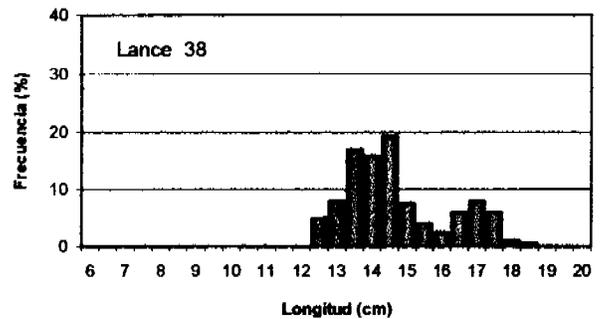
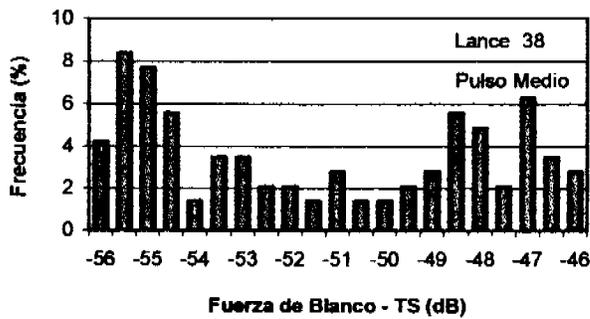
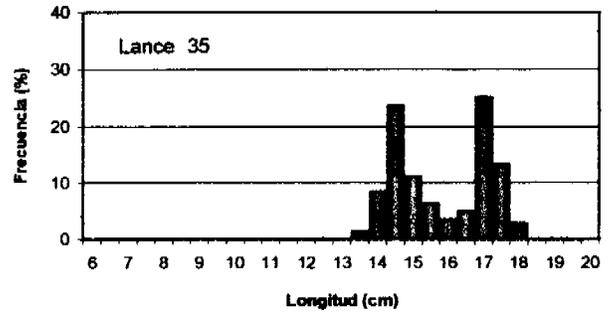
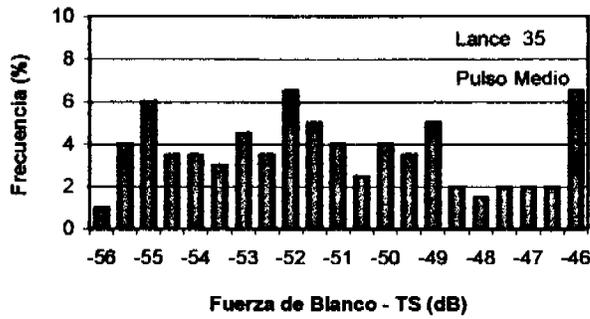
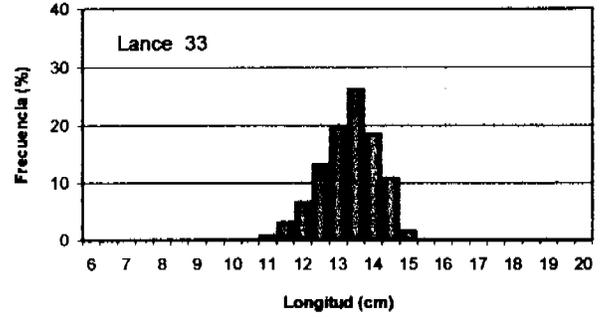
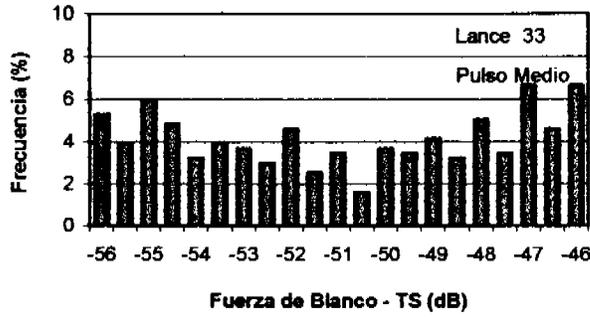
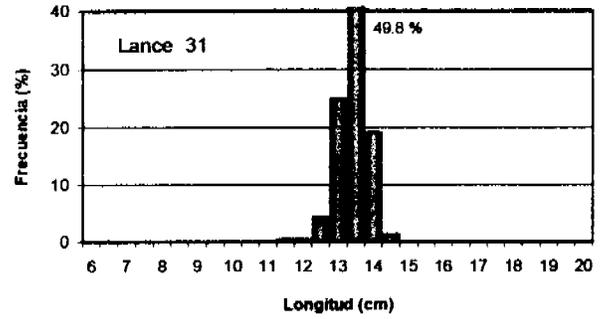
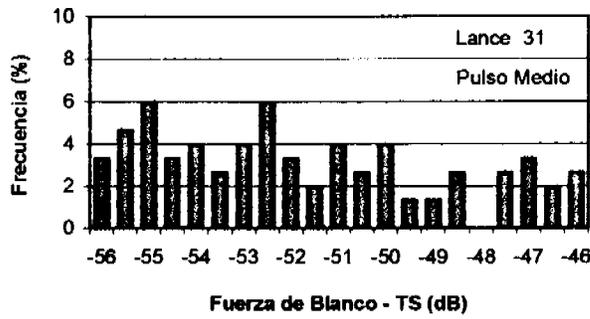


Figura 42. Histogramas de la intensidad de 4 blanco (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 31, 33, 35 y 38). Crucero RECLAN 0012.

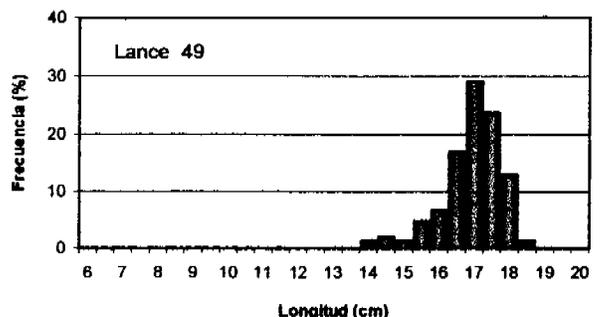
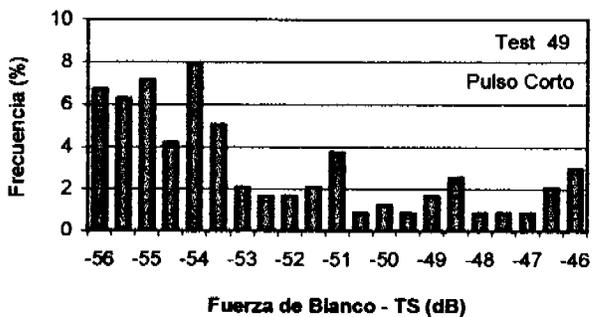
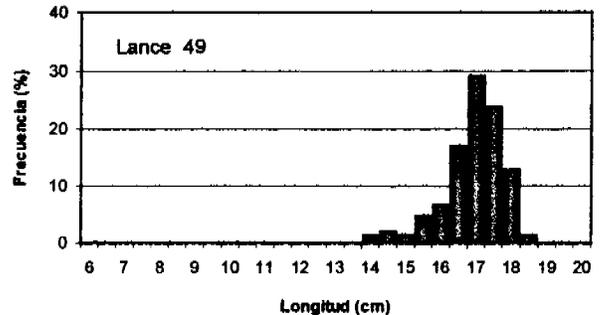
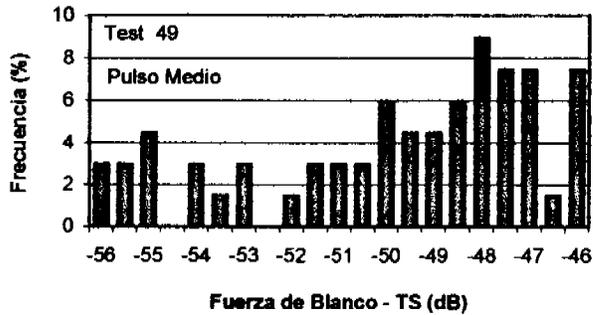
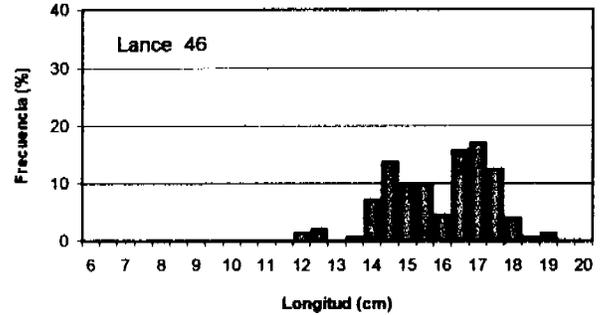
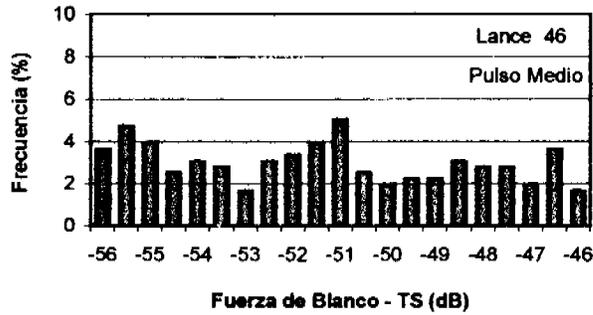
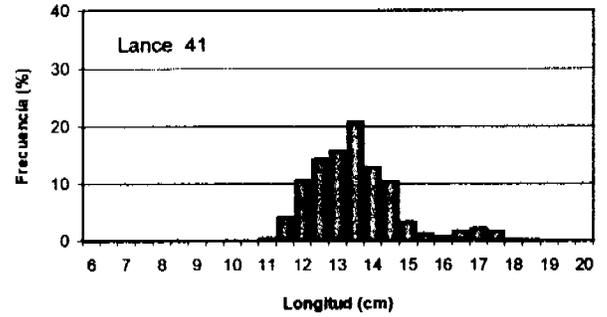
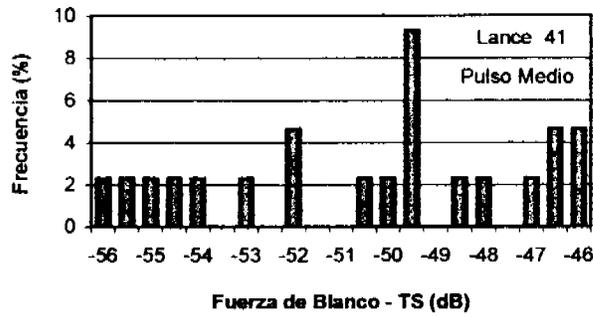


Figura 43. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 41, 46 y 49). Crucero RECLAN 0012.

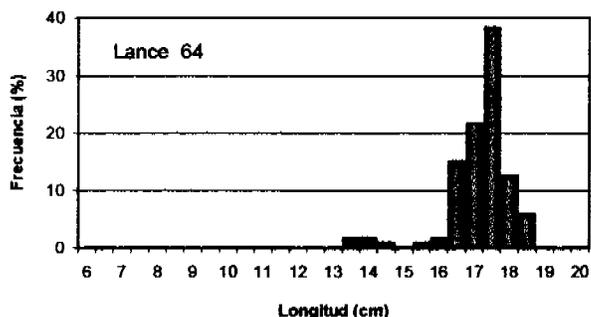
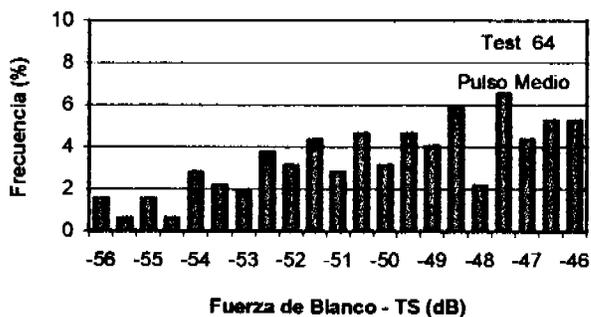
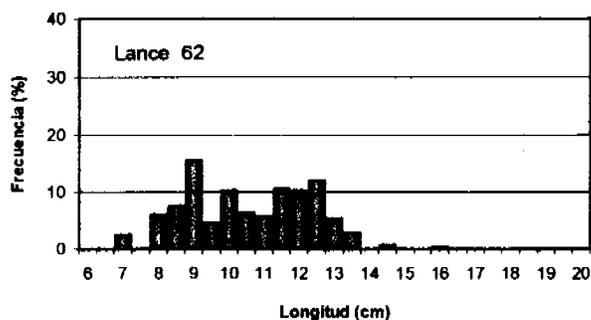
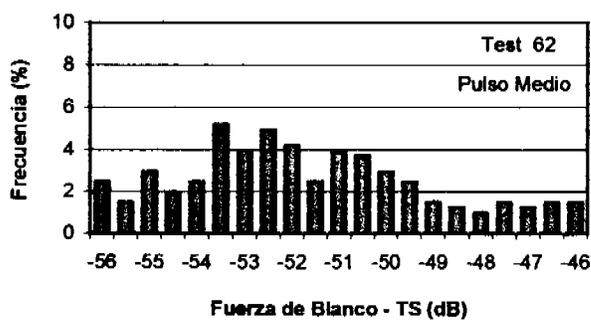
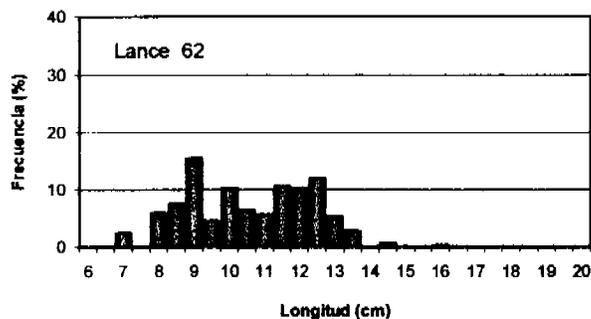
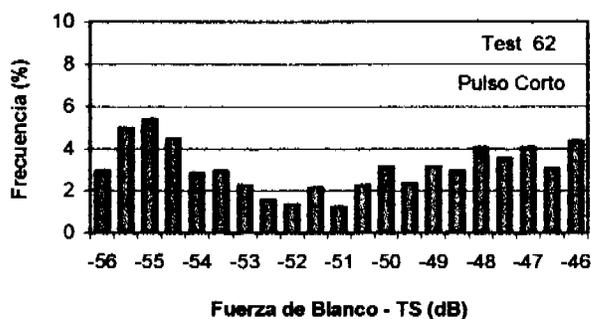
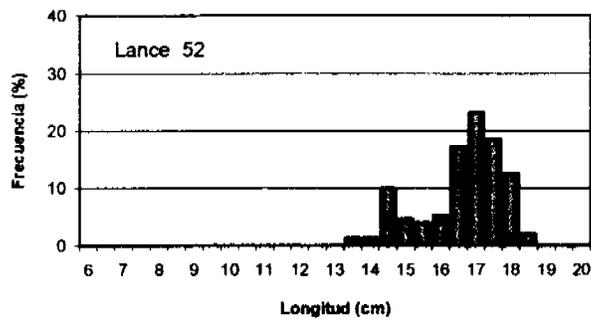
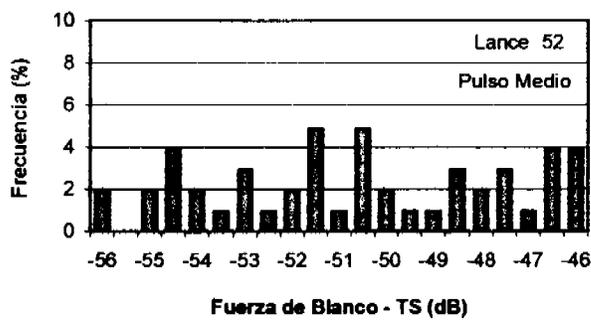
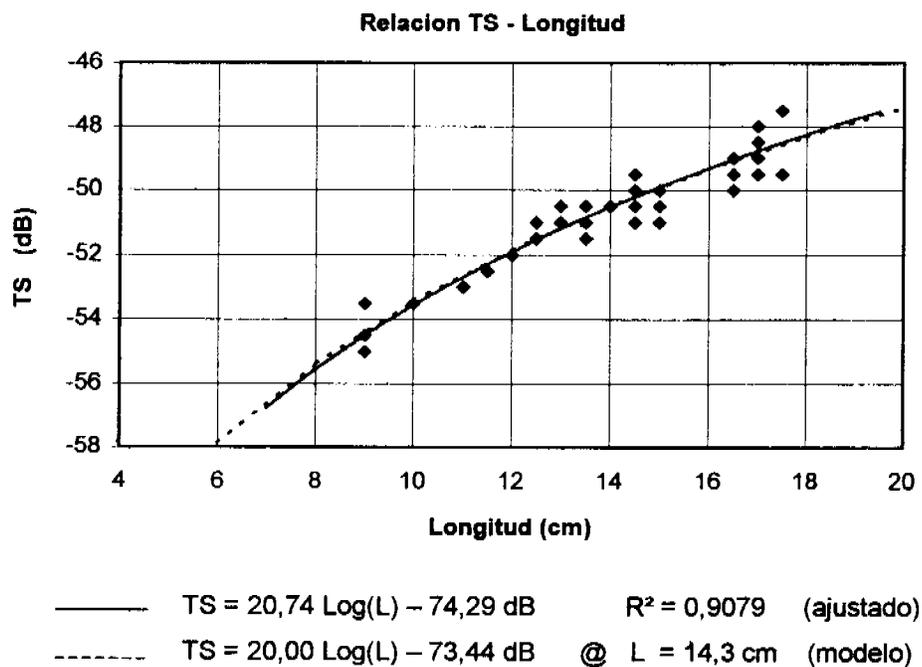


Figura 44. Histogramas de la intensidad de4 blanco (dB)individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 52, 62 y 64). Crucero RECLAN 0012.

a)



b)

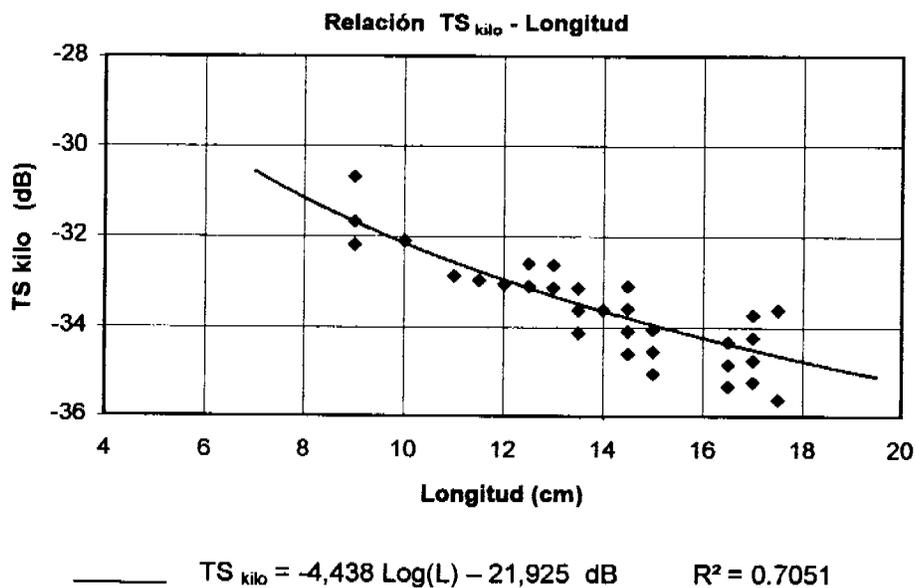


Figura 45. a) Relación funcional de la intensidad de blanco (TS) y b) relación funcional de intensidad de blanco por kilo (TS kilo) con la talla (L) de anchoveta. Crucero RECLAN 0012.

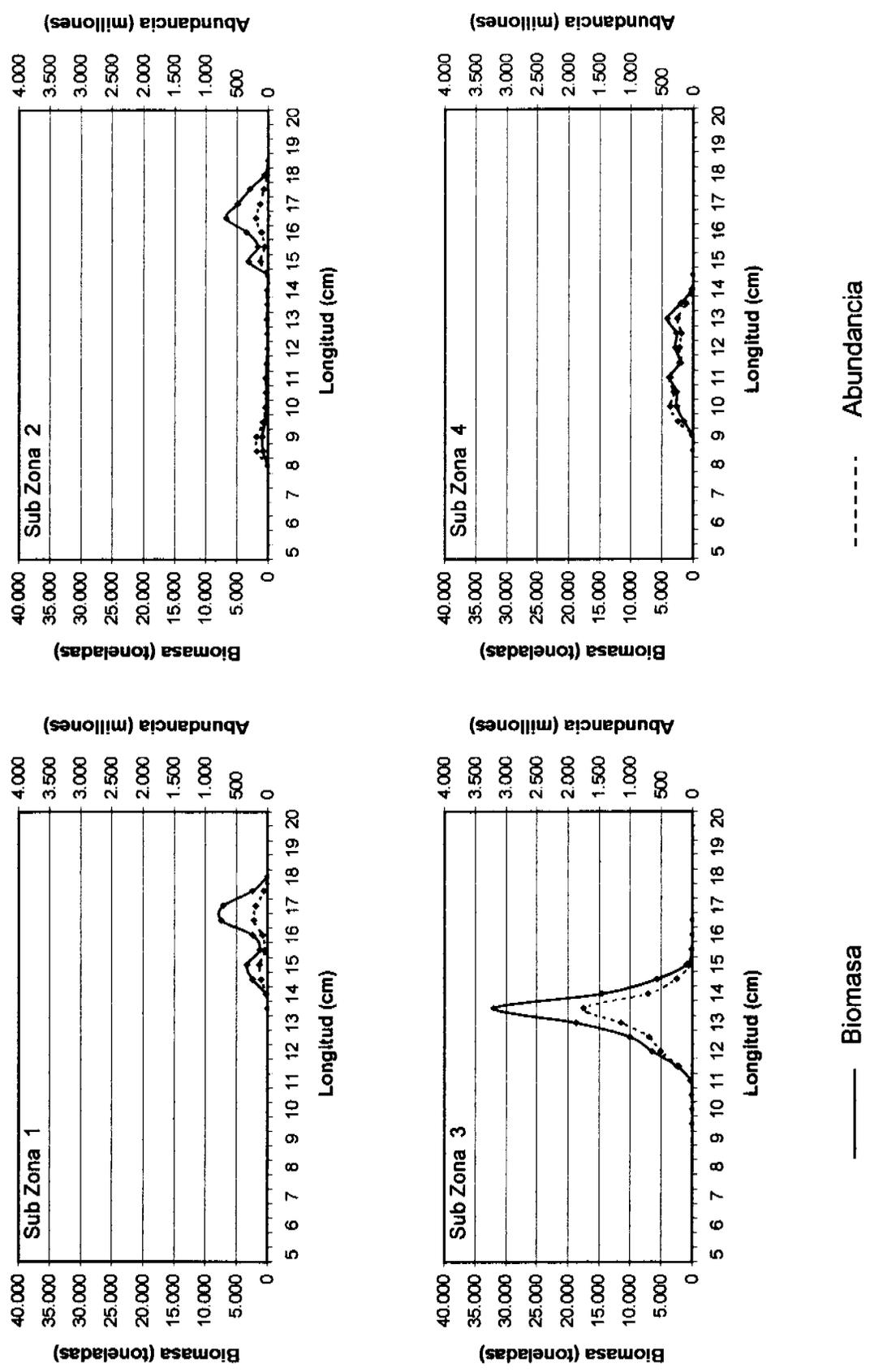


Figura 46a. Biomasa en peso (t) y abundancia en número (millones de ejemplares) de anchoveta por talla según el método de los estratos. Crucero RECLAN 0012.

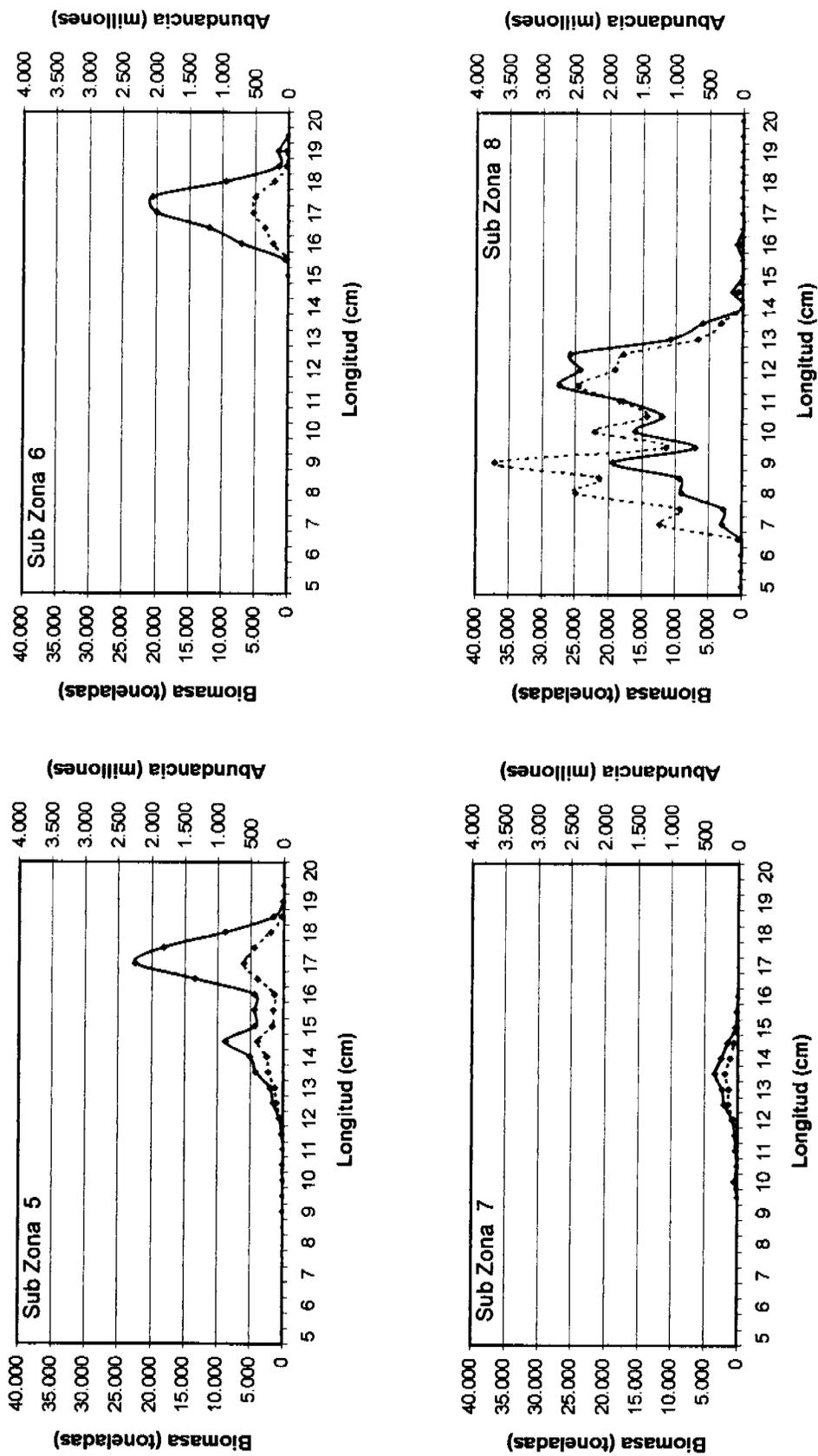
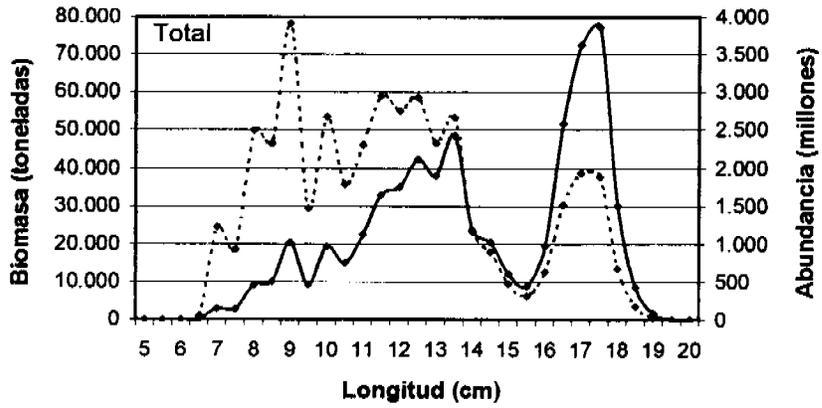
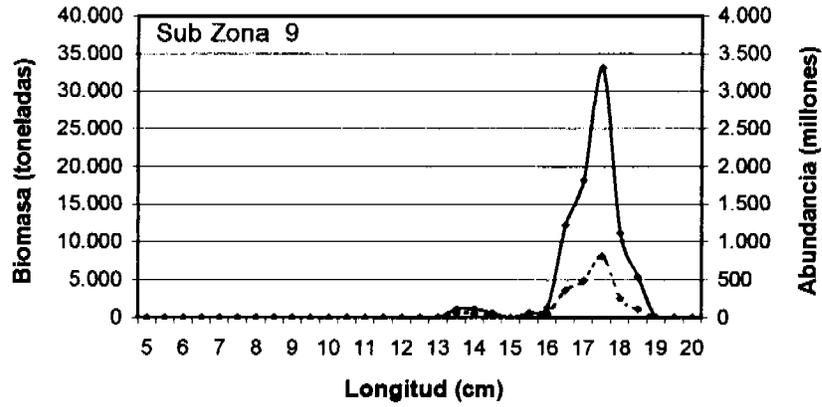
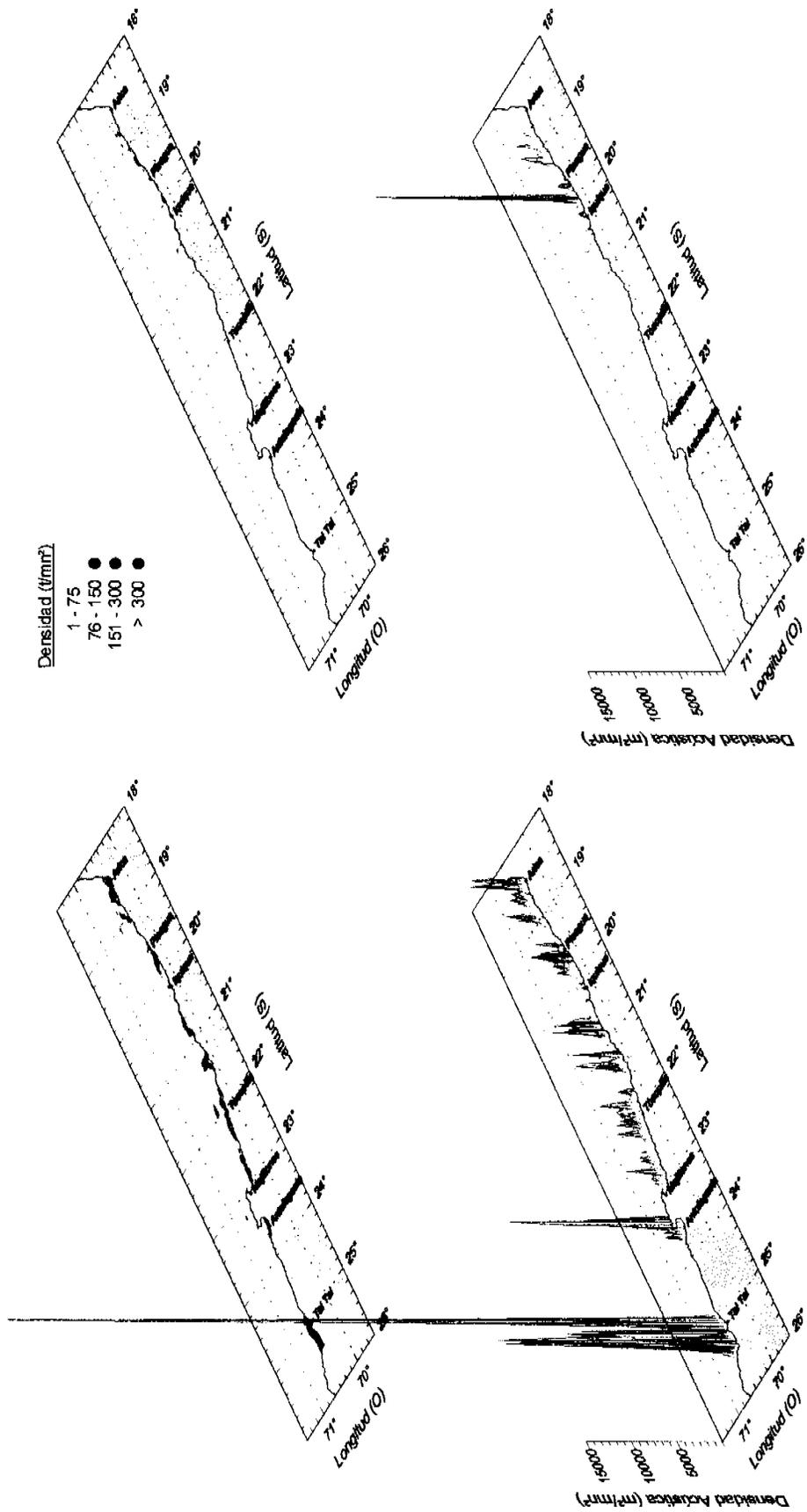


Figura 46b. Biomasa en peso (t) y abundancia en número (millones de ejemplares) de anchoveta por talla. Crucero RECLAN 0012.



—— Biomasa                      - - - - - Abundancia

Figura 46c. Biomasa en peso (t) y abundancia en número (millones de ejemplares) de anchoveta por talla. Crucero RECLAN 0012.



Anchoveta

Langostino

Figura 47. Distribución espacial de la biomasa de anchoveta y langostino. Crucero RECLAN 0012.

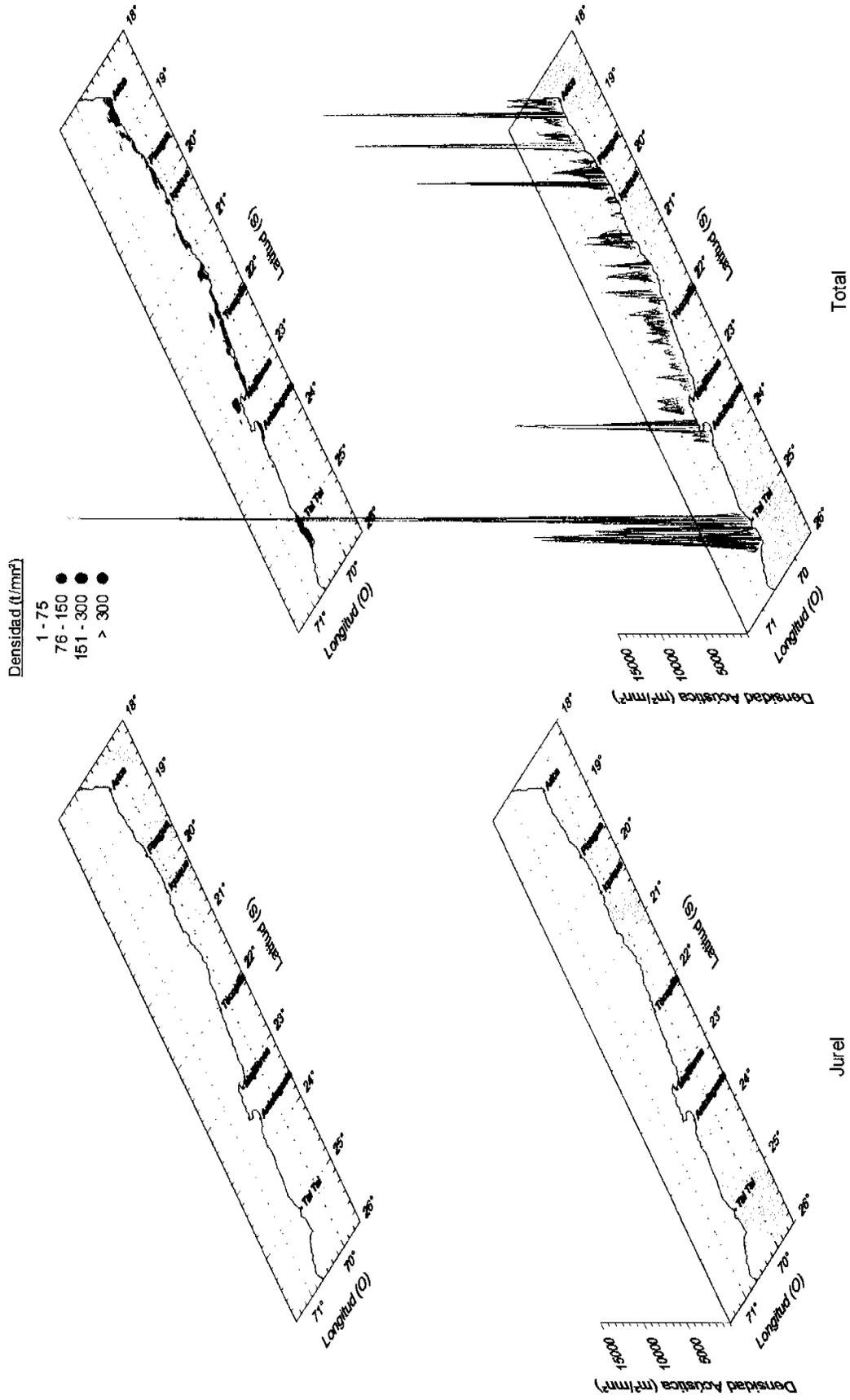


Figura 48. Distribución espacial de la biomasa de jurel y total de especies. Crucero RECLAN 0012.

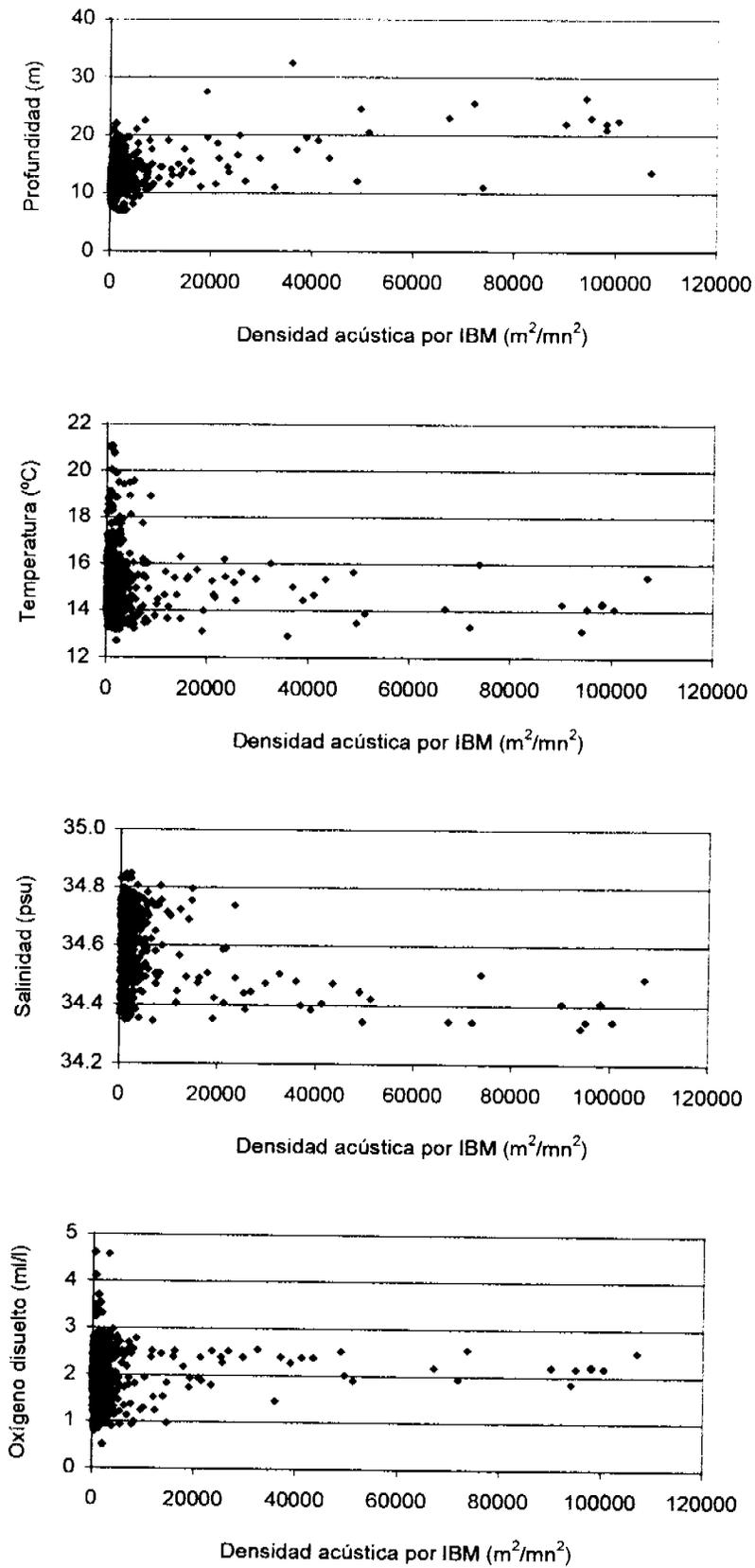


Figura 49. Distribución batimétrica (m), temperatura (°C), salinidad (psu) y oxígeno disuelto (ml/l) para anchoveta. Crucero RECLAN 0012.

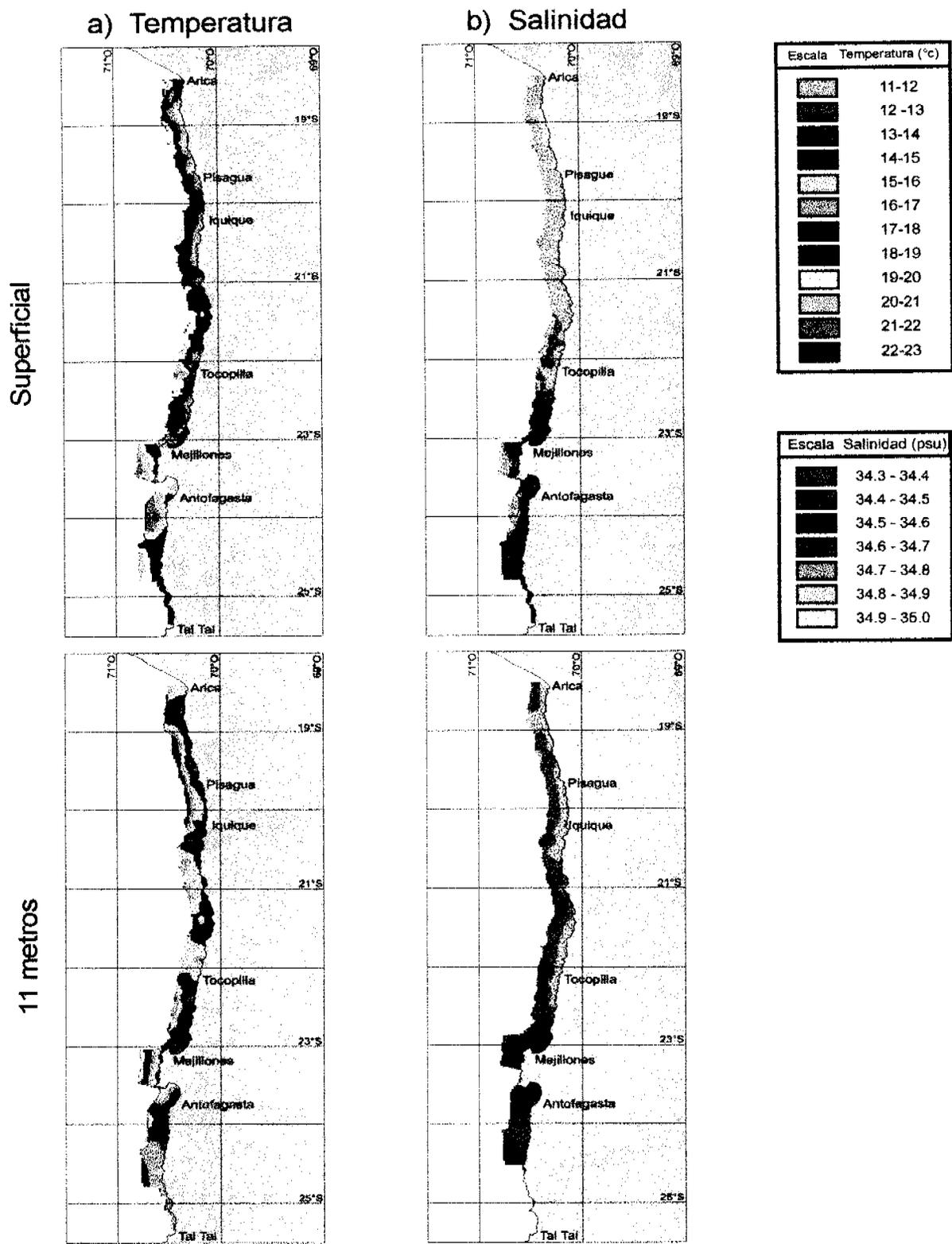


Figura 50. Distribución espacial de: a) temperatura y b) salinidad, en superficie y a 11 metros.

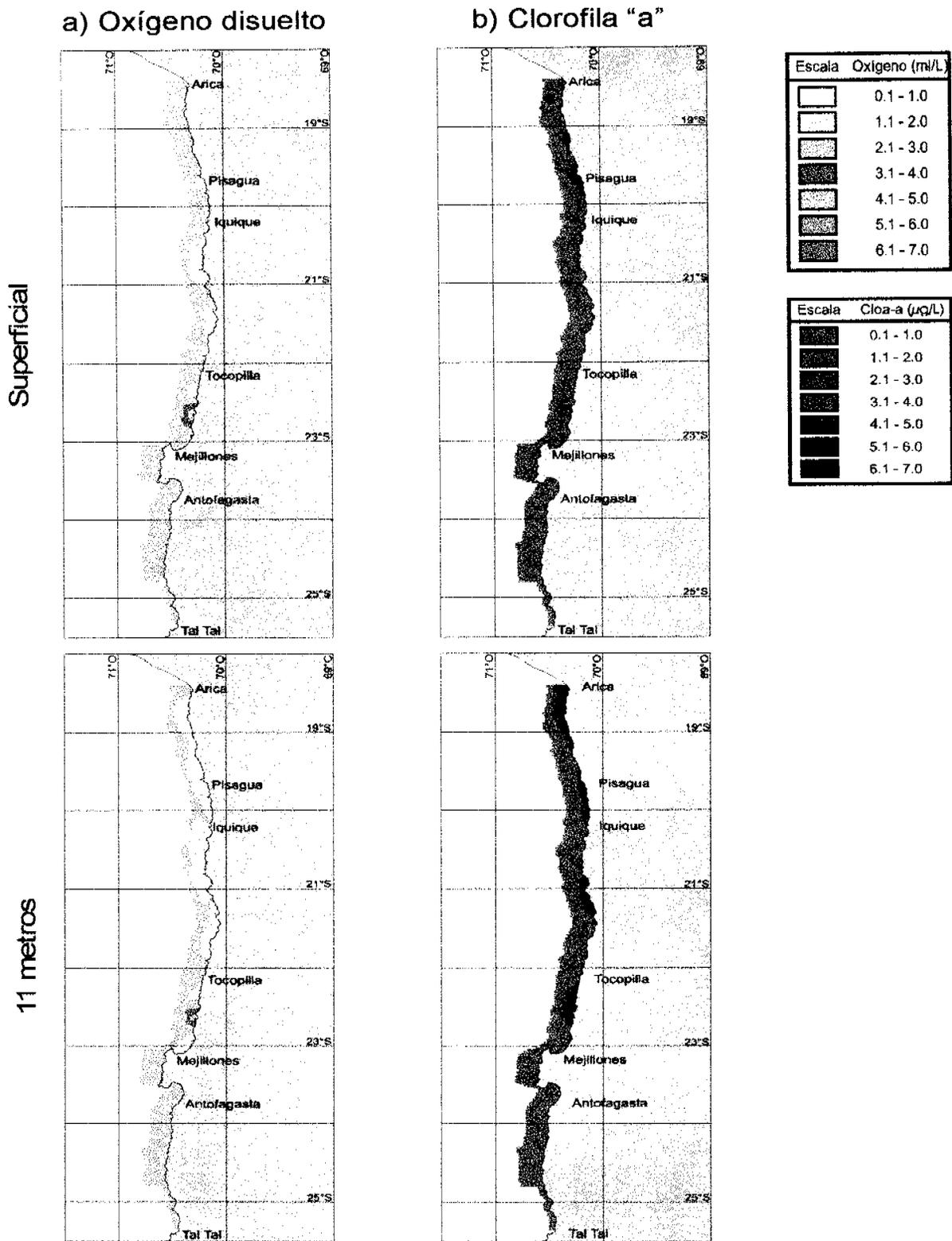


Figura 51. Distribución espacial de: a) oxígeno disuelto y b) clorofila "a", en superficie y a 11 metros.

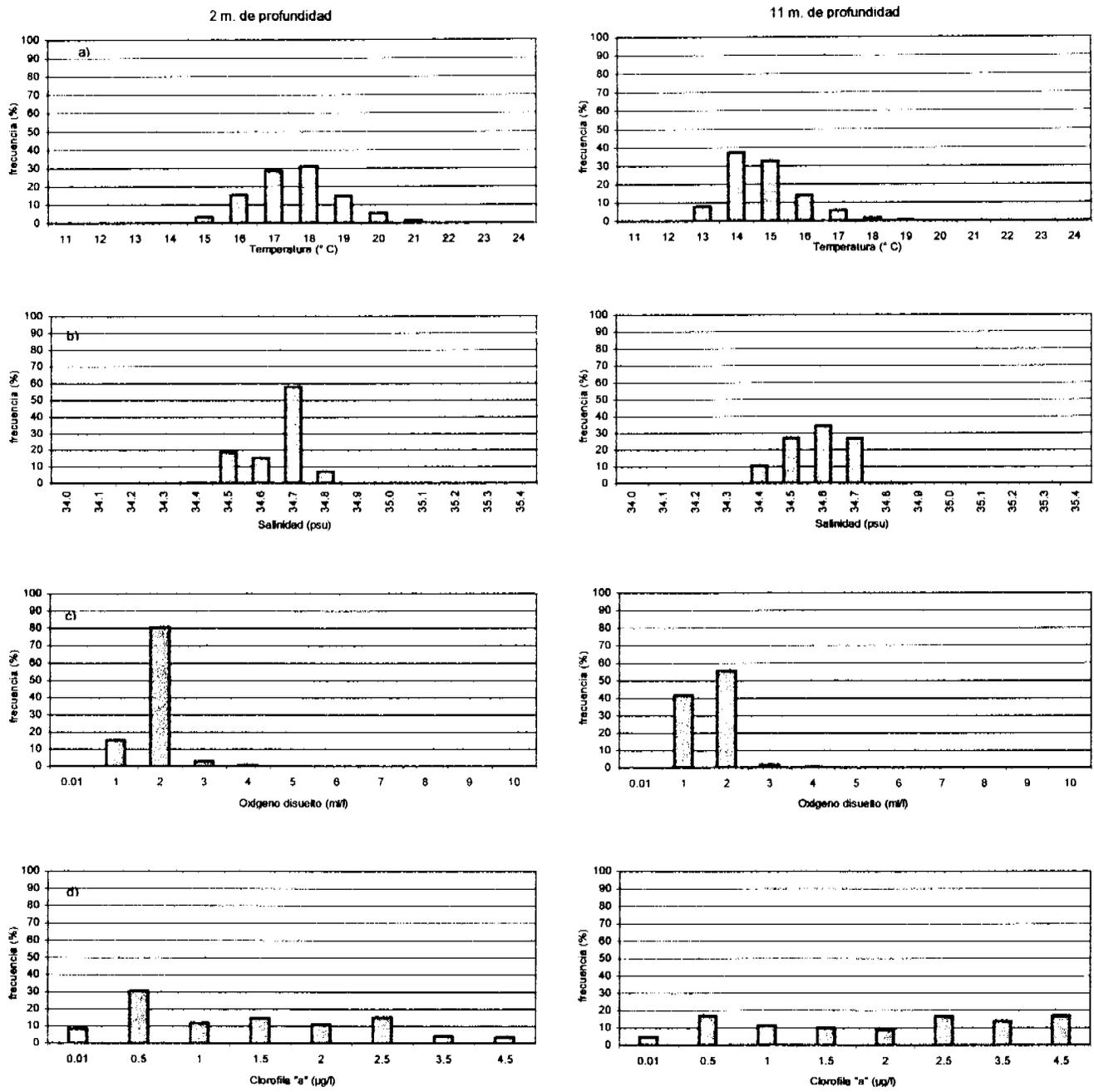


Figura 52. Histograma de las variables oceanográficas de la distribución de anchoveta en relación a la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila. Crucero RECLAN 0012.

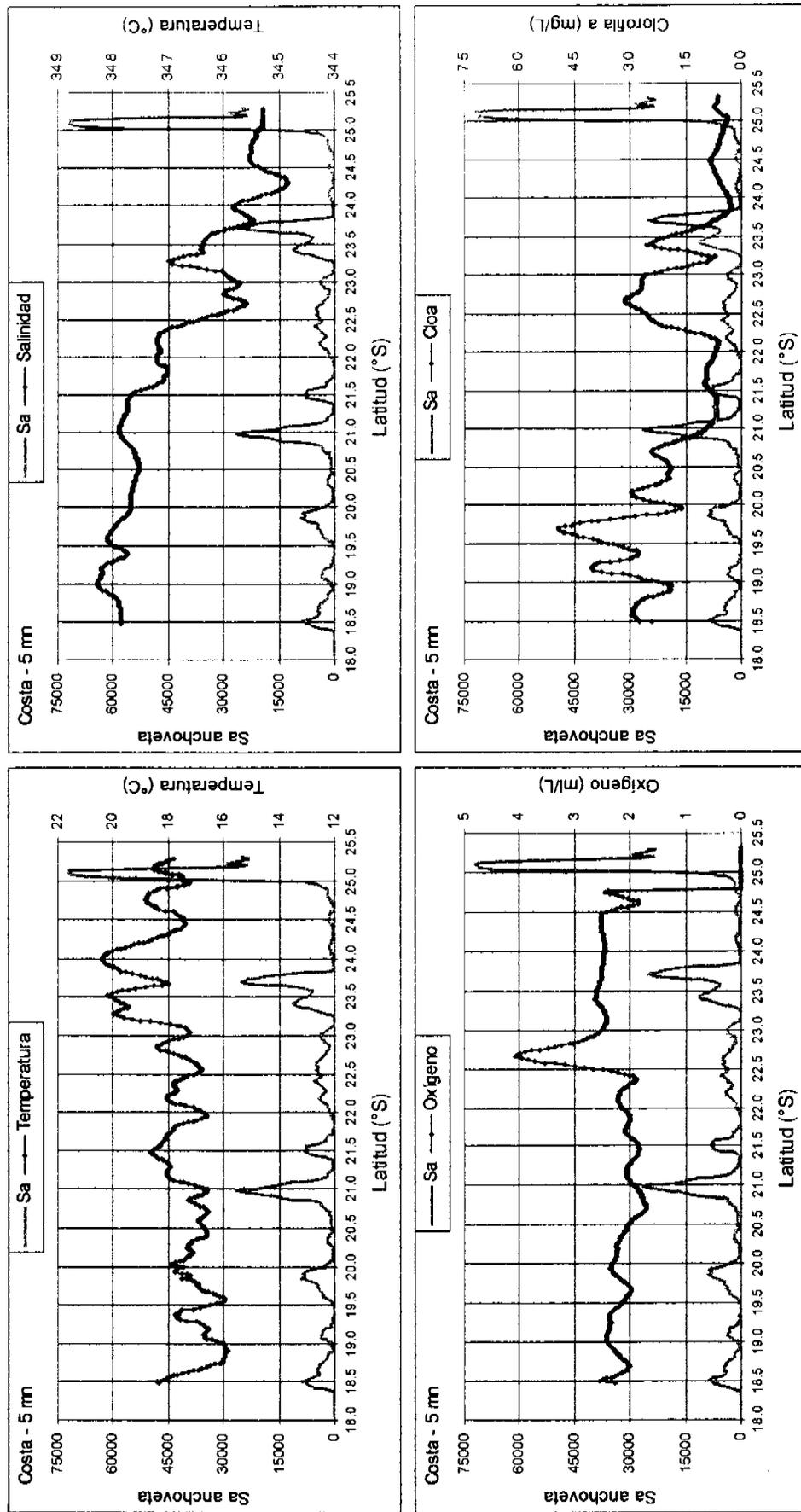


Figura 53. Señal latitudinal de la densidad acústica respecto de las variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila "a"), en la capa superficial.

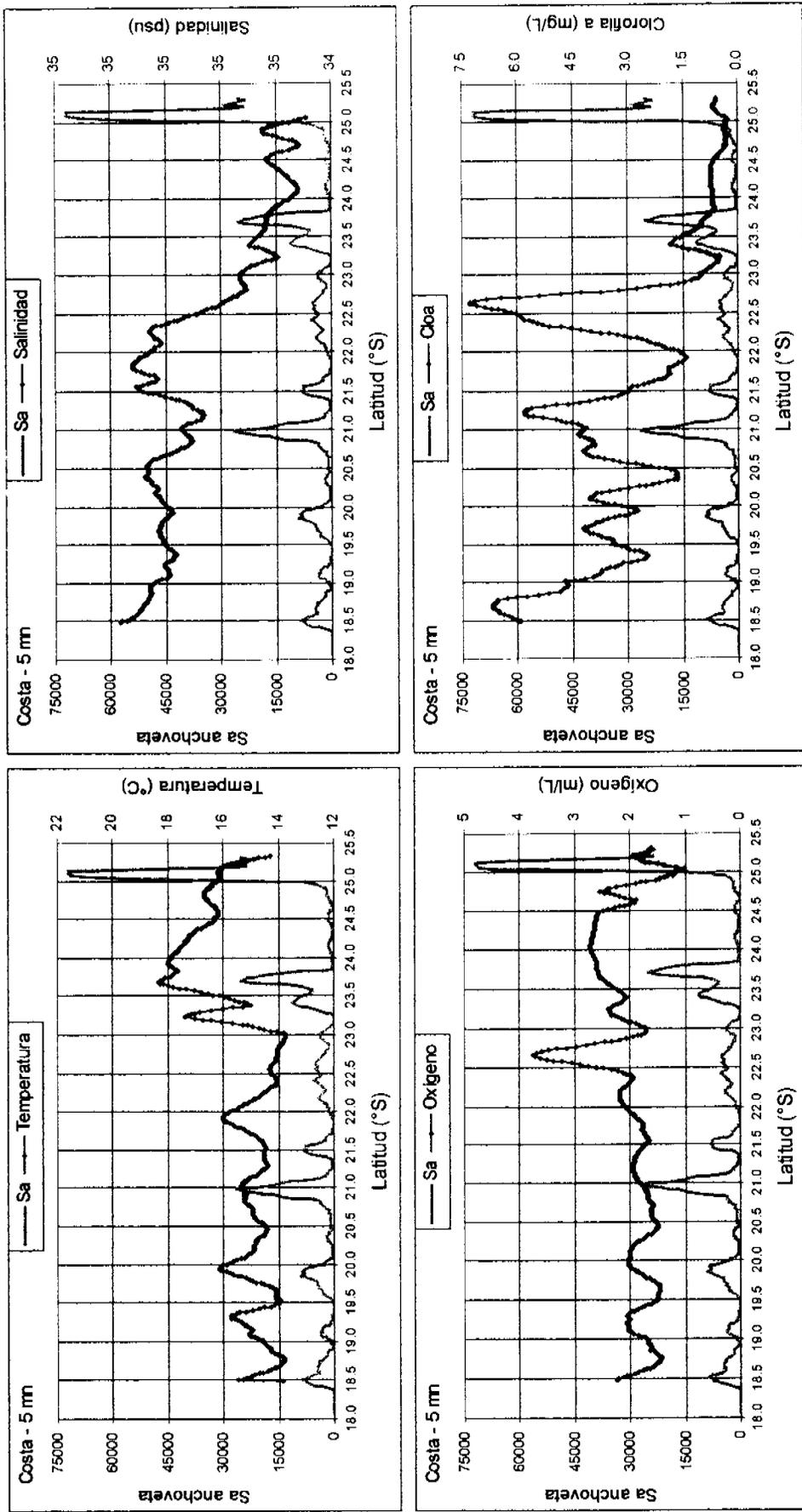
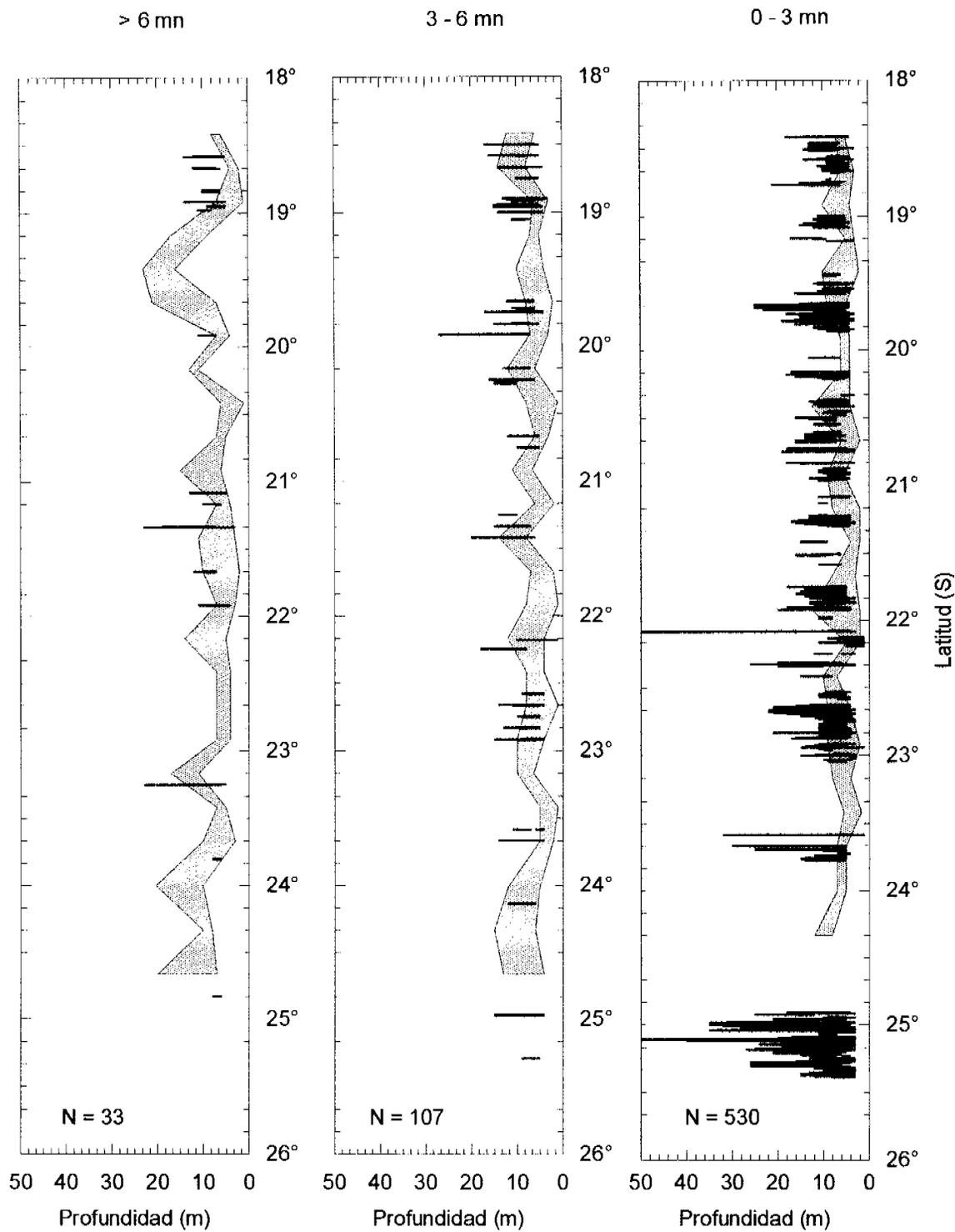


Figura 54. Señal latitudinal de la densidad acústica respecto de las variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila "a"), en la capa de 11 metros.



	Límites superior e inferior de la termoclina		Distribución vertical de la anchoveta
--	--	--	---------------------------------------

Figura 55. Distribución batimétrica de anchoveta respecto de los límites de la termoclina. Crucero RECLAN 0012.

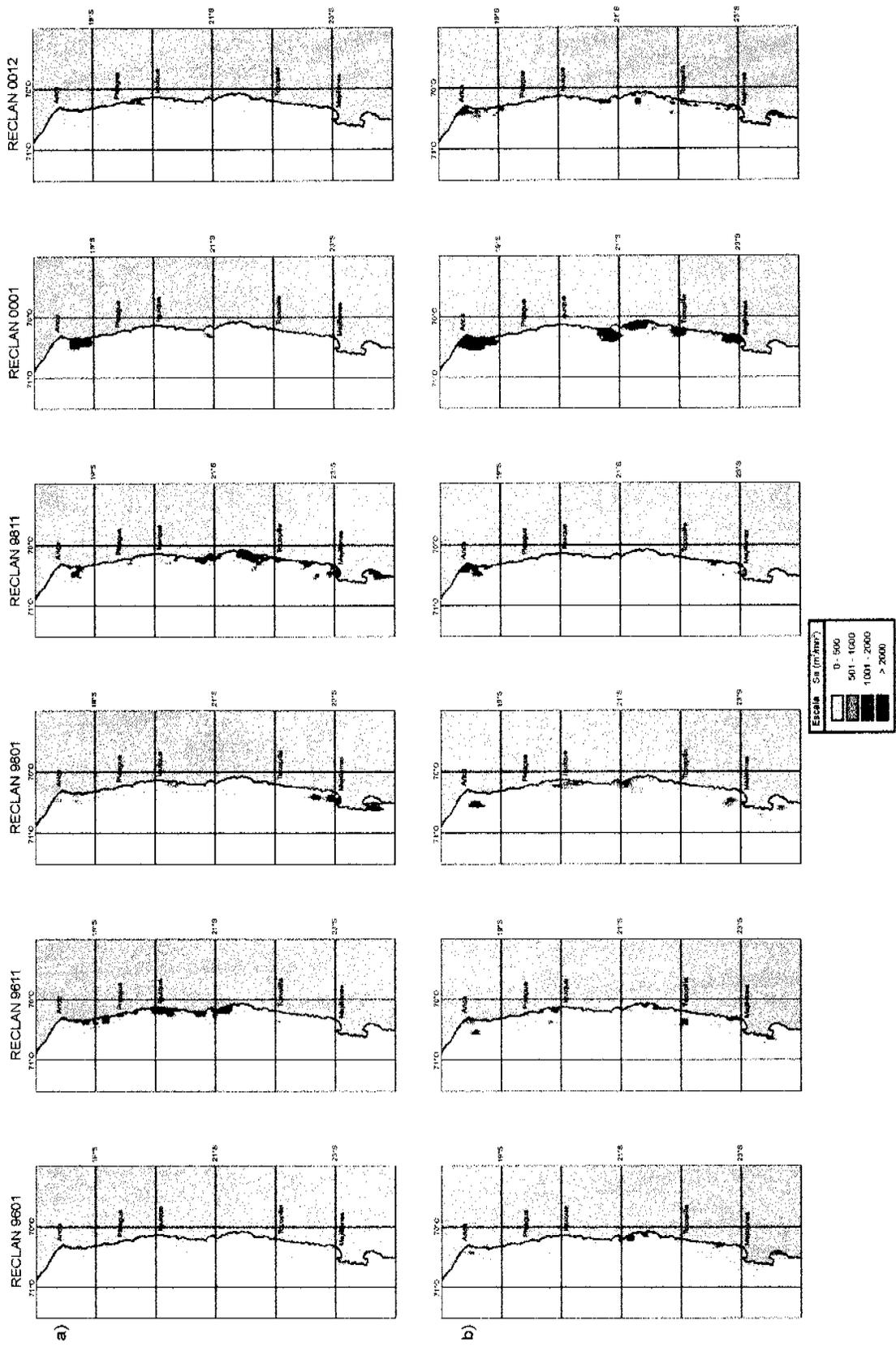


Figura 56. Distribución espacial de: a) reclutas y b) adultos de anchoveta en la zona norte de Chile. Cruceros 9601, 9611, 9801, 9811, 0001 y 0012.

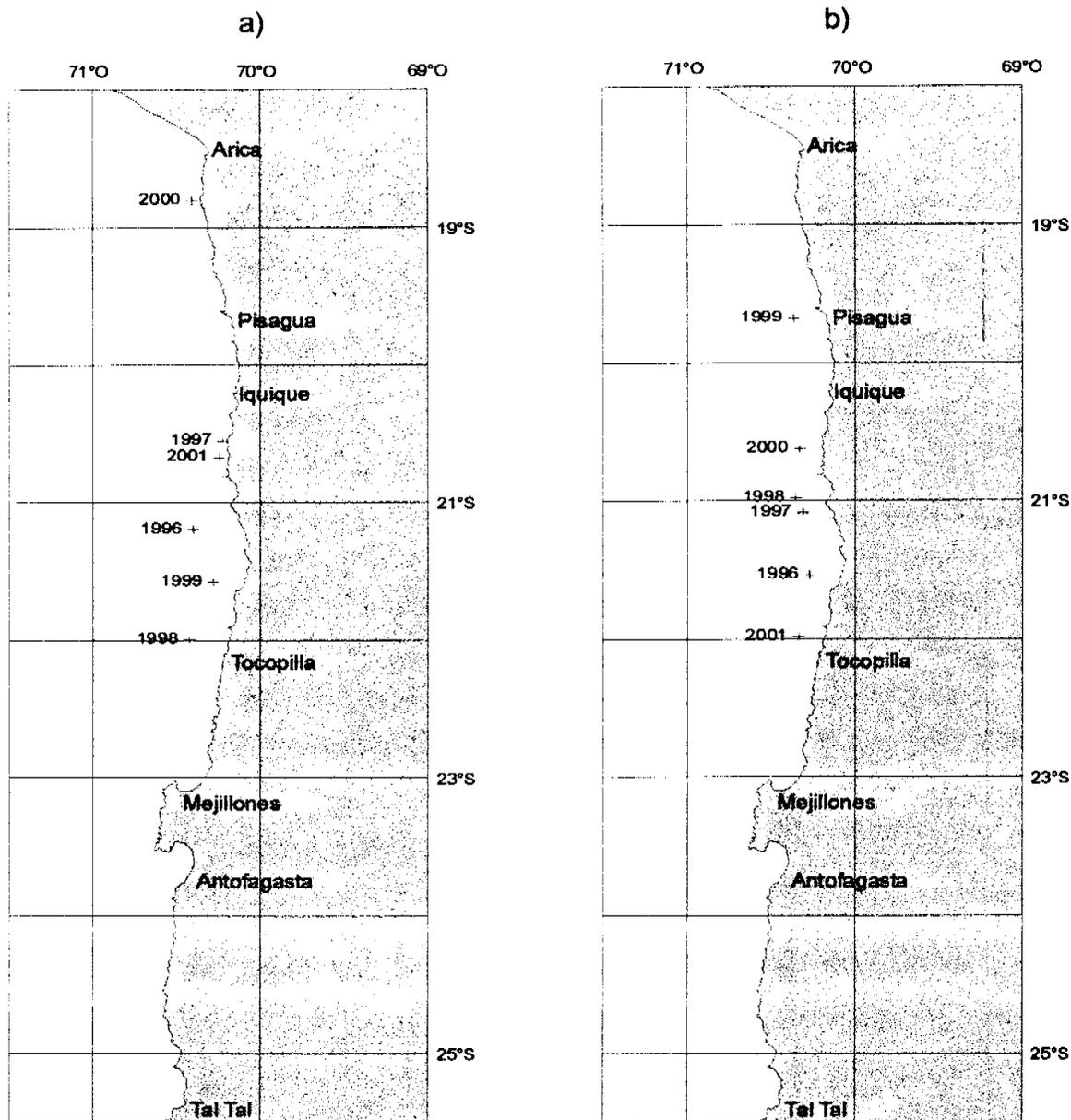
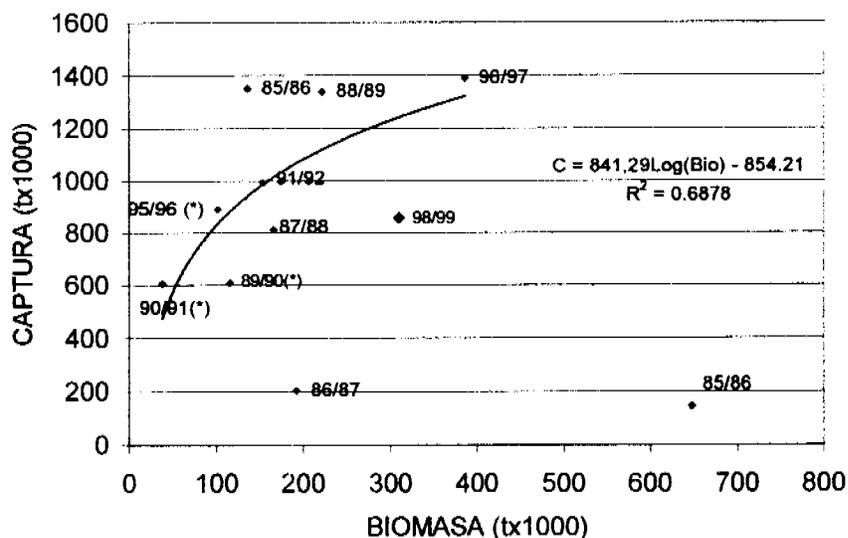
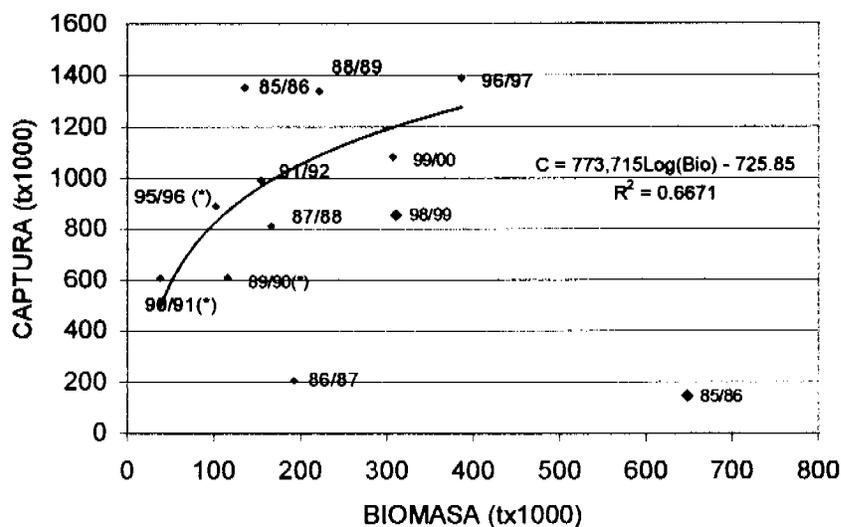


Figura 57. Localización de los centros de gravedad históricos de las distribuciones de: a) reclutas y b) adultos de anchoveta en los cruceros 9601, 9611, 9801, 9811, 0001 y 0012.



(A)



(B)

Figura 58 Relación funcional entre la biomasa de anchoveta primavera-verano y la captura de la temporada de pesca siguiente. Los datos (\*) corresponden a cruceros de verano realizados a principio del año en que se consideró la captura. Se descartaron de la relación funcional ajustada los datos 85/86, 86/87, 97/98 y 98/99. En el gráfico (A) se ajustó la relación  $C = 841,29 \text{ Log}(\text{Bio}) - 854,21$  ( $r^2 = 0,688$ ,  $n = 7$ ). En (B) se actualizó la relación con la prospección del verano del 2000 (RECLAN 0001), la ecuación ajustada fue  $C = 773,72 \text{ Log}(\text{Bio}) - 725,85$  ( $r^2 = 0,667$ ,  $n = 8$ )

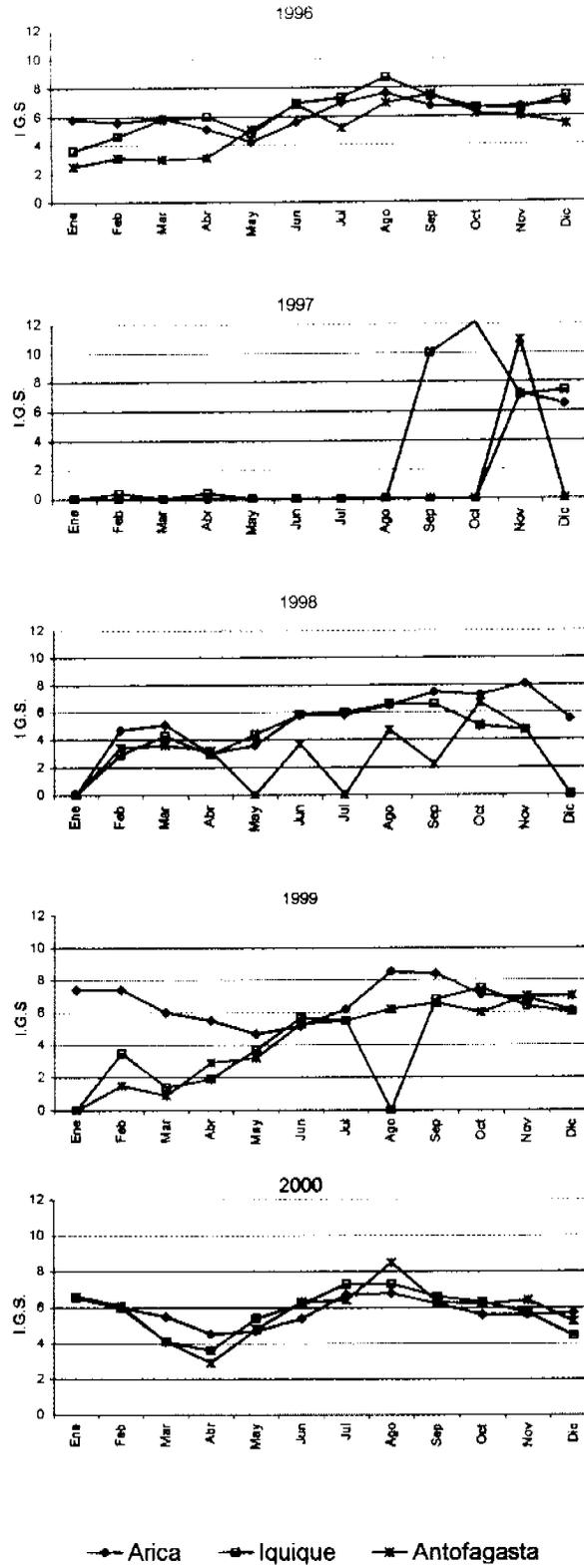


Figura 59 Índice gonadosomático de anchoveta desde los años 1996 a 2000, por zona de pesca en forma mensual.

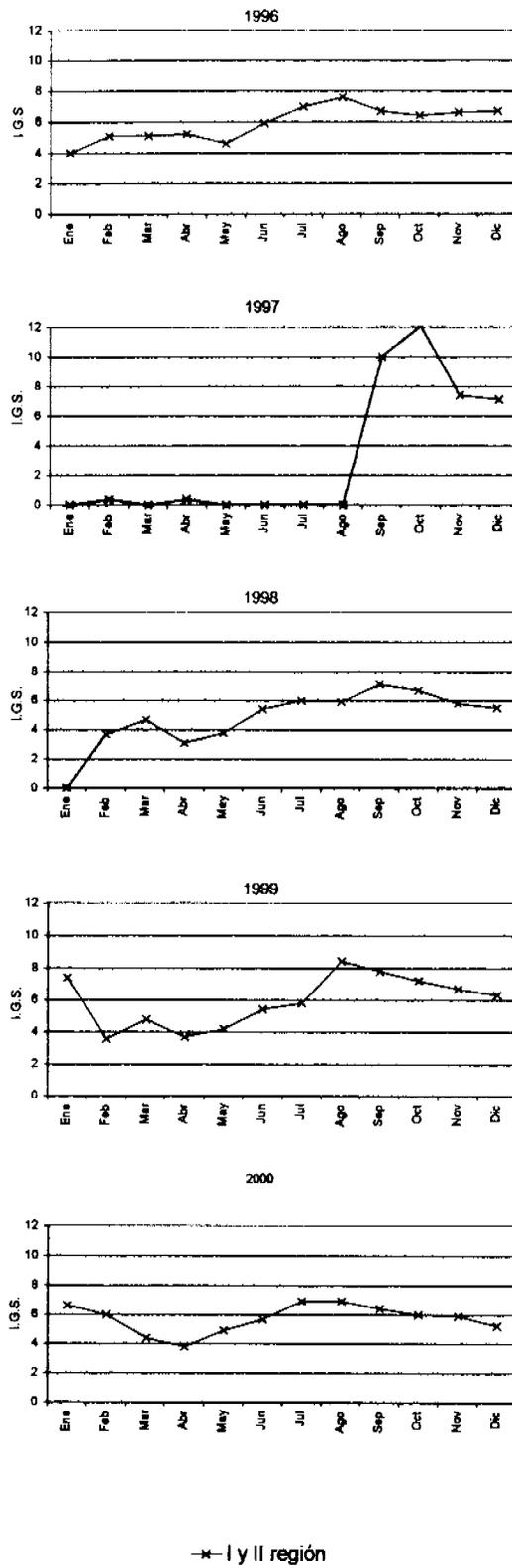


Figura 60. Índice gonadosomático de anchoveta desde los años 1996 a 2000 para la zona norte del país.

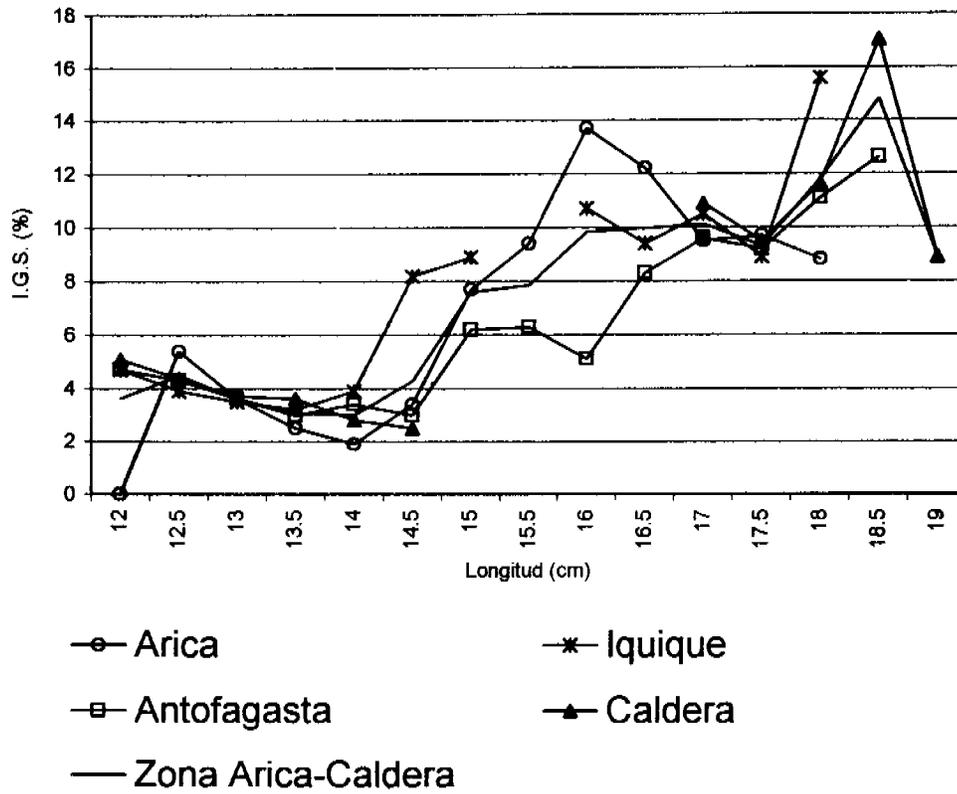


Figura 61. Índice gonadosomático por zona de las hembras capturadas con red de media-agua en el Crucero Reclan 0012.

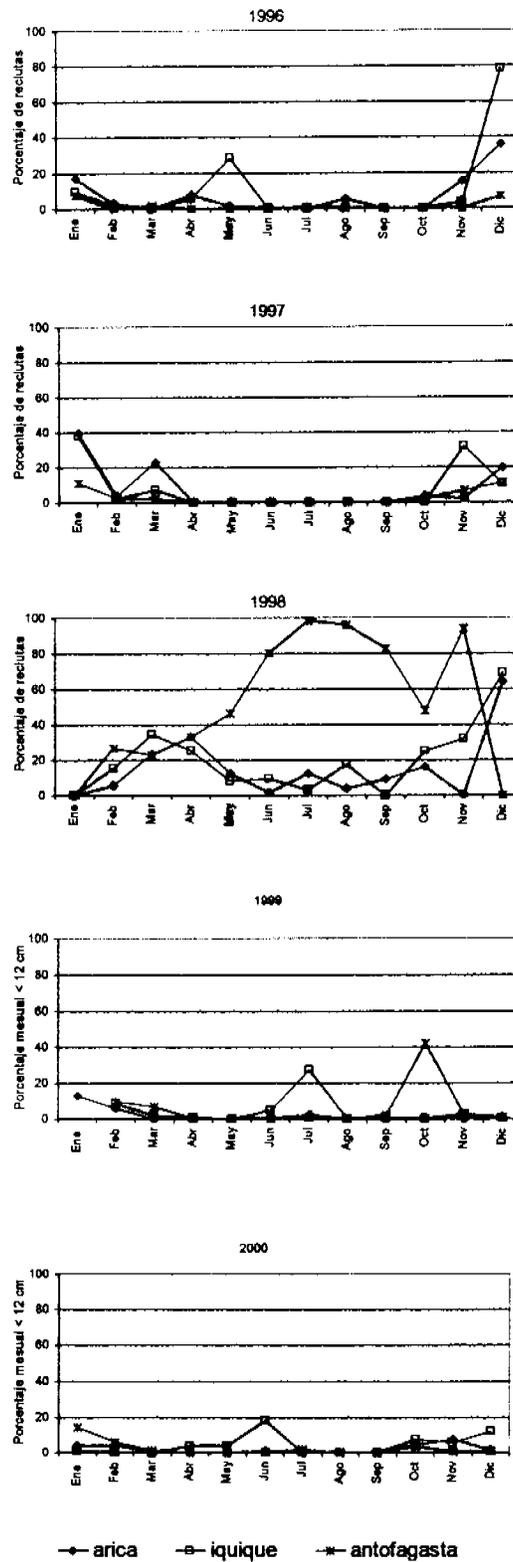


Figura 62. Porcentaje de reclutas provenientes de las capturas de anchoveta por mes y año en la zona Arica-Antofagasta.

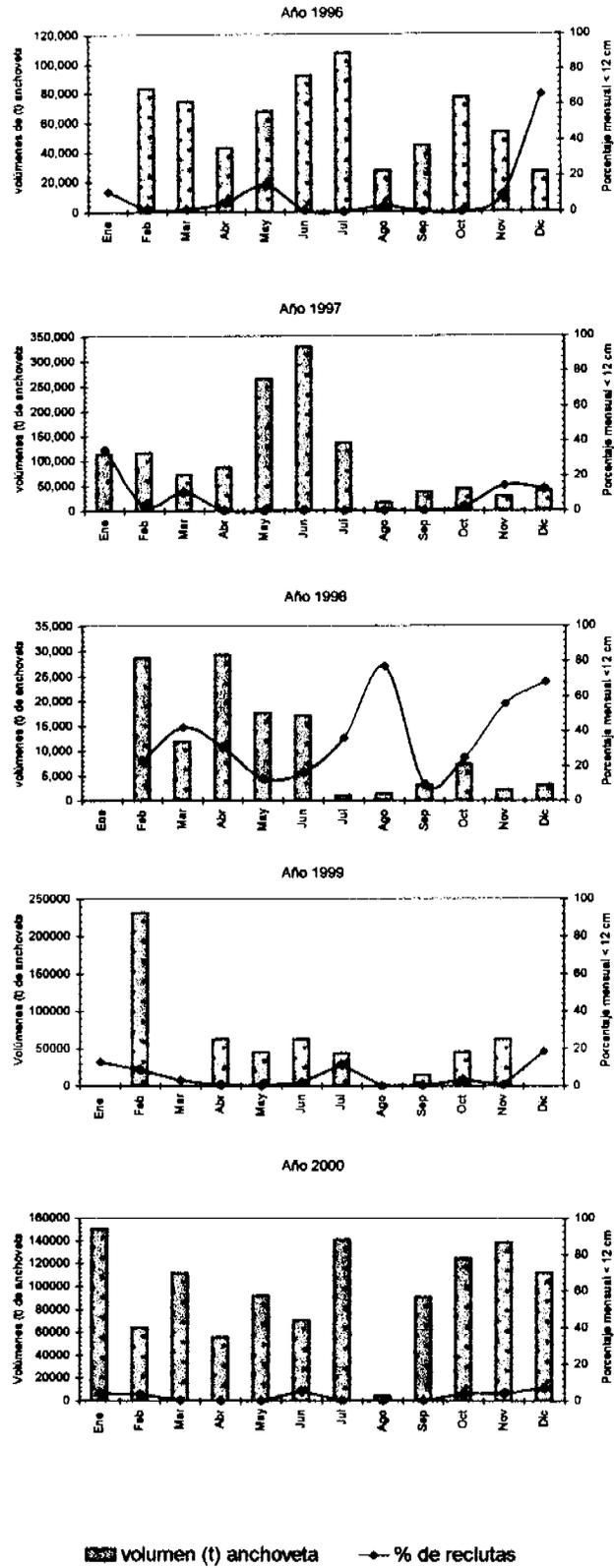
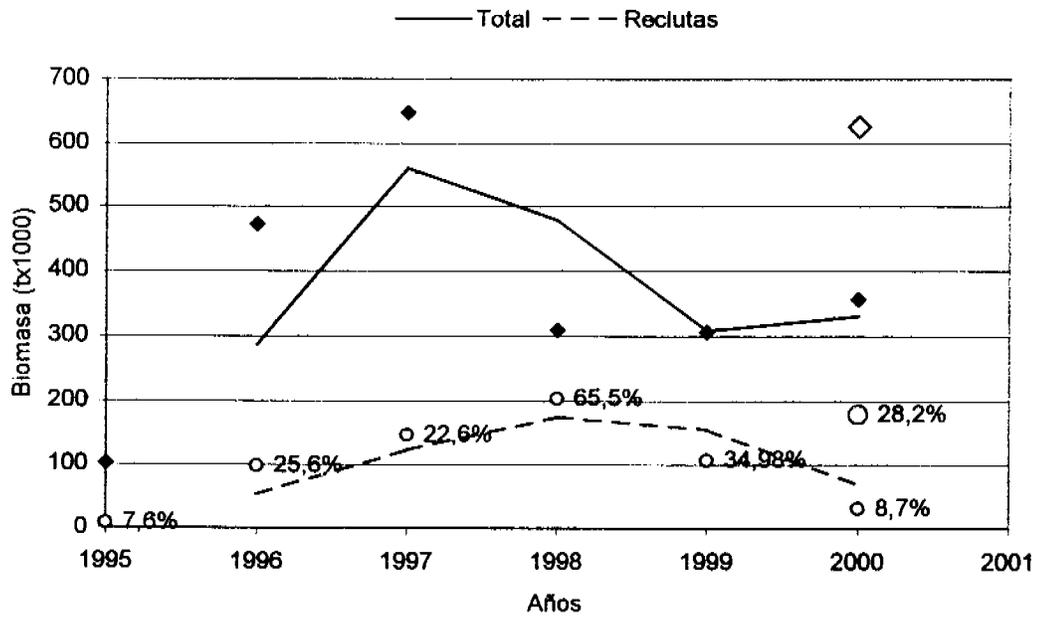
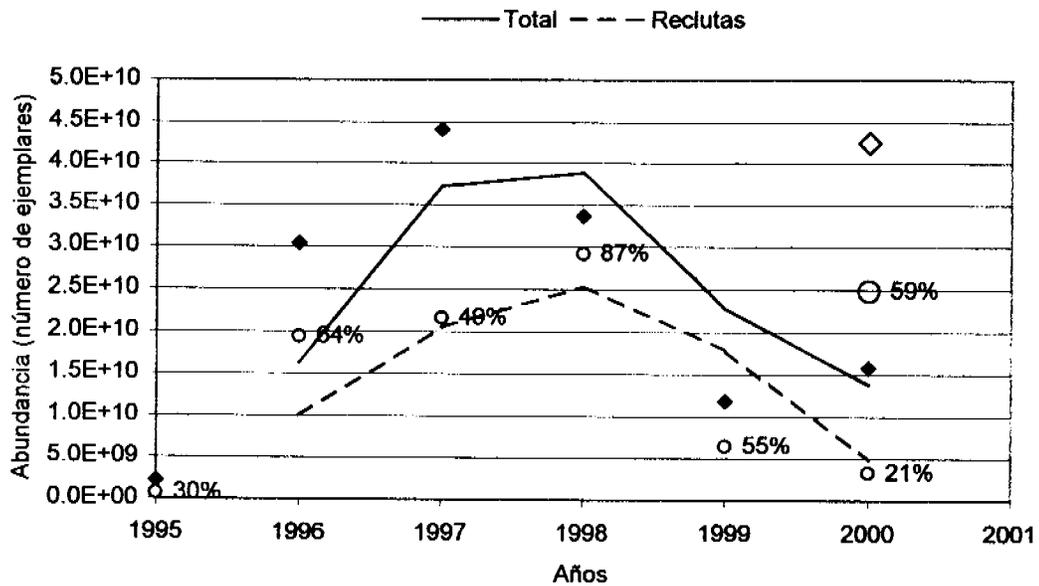


Figura 63 Presencia de juveniles de anchoveta en las capturas mensuales de la zona norte por mes y año.



(A)



(B)

◆ Total ○ Recluta

Figura 64. Estimados de biomasa (A) y abundancia (B) de anchoveta total y reclutas por años. Se indica el porcentaje de reclutas y la línea de tendencia de promedio móvil.

# **T A B L A S**

---

**Tabla 1.** Categorías por densidad

Categoría	Intervalo (t/mn <sup>2</sup> )	Calificación de densidad
I	1 - 75	Presencia
II	76 - 150	Baja
III	151 - 300	Media
IV	301 - >	Alta

**Tabla 2.** Biomasa fitoplanctónica discreta e integrada y el gradiente térmico por transecta.

Transecta	clorofila a (µg/L)	clorofila a int (mg/m <sup>2</sup> )	gradiente térmico (°C/mn)
1	2,78	38,72	0,548
4	7,20	118,91	0,143
7	1,85	71,29	0,340
10	7,04	129,71	0,486
13	3,46	76,62	0,219
16	7,27	108,93	0,322
19	3,27	94,82	0,349
22	3,19	104,62	0,249
25	2,09	52,83	0,445
28	2,99	80,74	0,233
31	1,75	114,74	
34	0,62	66,88	0,134
37	0,71	56,12	0,082
40	1,14	147,53	0,200
43	0,87	47,98	0,577
46	0,57	49,17	0,406
49	3,07	171,25	0,161
52	3,51	193,93	0,085
55	3,43	32,15	-0,357
58	1,18	20,89	0,525
61	3,13	44,74	0,341
64	0,77	38,38	-0,115
67	0,36	21,25	0,372
69	0,67	27,52	-0,058
71	0,89	18,68	0,275

**Tabla 3.** Distribución porcentual del gradiente térmico por rango y transecta.

Gradiente	N	% del total	% acumulado	transectas
<0	3	12,50	12,5	55, 64, 69
<0,1	2	8,33	20,8	37, 52
<0,2	3	12,50	33,3	34, 4, 49
<0,3	5	20,83	54,2	40, 13, 28, 22, 71
<0,4	5	20,83	75,0	16, 7, 61, 19, 67
<0,5	3	12,50	87,5	46, 25, 10
<0,6	3	12,50	100,0	58, 1, 43
<b>Totales</b>	<b>24</b>	<b>100</b>		<b>24</b>

**Tabla 4. Resumen de operación por lance de pesca en el crucero RECLAN 0012**

LANCE	FECHA	HORA		POSICION				PROFUNDIDAD DE ARRASTRE	TSM (°C)	CAPTURA (Kg.)	TOTAL
		CALADO	VIRADO	CALADO		VIRADO					
3	04.12.2000	20:32	20:59	18°2'04	70°23'66	18°32'04	70°22'00	5.8	189.0	1209	
4	04.12.2000	22:19	22:51	18°29'53	70°22'32	18°27'53	70°22'33	4	1212.6	1432	
6	05.12.2000	20:23	20:57	18°45'03	70°24'53	18°46'94	70°24'68	9	150.0	760	
7	05.12.2000	22:56	23:25	18°37'50	70°21'67	18°35'75	70°21'40	2	481.0	674	
10 (a)	06.12.2000	22:25	22:51	19°04'1	70°20'9	19°02'4	70°21'3	4	48.9	71	
13	07.12.2000	16:23	17:03	19°33'85	70°14'63	19°31'62	70°14'51	3.5	152.8	188	
14	07.12.2000	19:48	20:37	19°48'66	70°12'72	19°45'68	70°12'82	3.4	157.9	261.0	
18	08.12.2000	15:18	16:07	19°55'76	70°14'25	19°52'74	70°14'50	7.1	150.9	264.0	
19	08.12.2000	19:01	19:43	19°47'40	70°11'29	19°44'91	70°11'37	4.2	347.7	3477.0	
20	08.12.2000	20:44	21:23	19°39'85	70°11'67	19°42'23	70°11'89	4.8	246.3	248.0	
25	10.12.2000	14:07	15:11	20°41'15	70°12'81	20°37'31	70°13'52	7.4	383	384.0	
28	11.12.2000	06:58	07:08	20°44'59	70°13'47	20°44'00	70°13'33	3.8	414.9	427.0	
30	11.12.2000	19:38	20:40	20°55'52	70°10'23	20°51'80	70°10'39	7.6	96.4	678.0	
31	12.12.2000	11:36	12:30	21°17'38	70°05'90	21°14'13	70°06'32	2.3	268.6	436.0	
33	12.12.2000	22:07	22:59	20°57'02	70°09'99	20°53'96	70°09'56	3.2	223	390.0	
35	13.12.2000	22:39	23:18	21°25'10	70°06'43	21°24'91	70°07'68	4	324.9	631.0	
38	14.12.2000	21:04	21:21	21°57'32	70°13'67	21°54'88	70°13'10	5	767	808.0	
40	15.12.2000	18:04	18:51	22°12'52	70°16'10	22°10'05	70°17'06	12	1.08	15.0	
41	15.12.2000	20:19	20:59	22°15'93	70°16'11	22°13'81	70°15'93	6	49.2	245.0	
42	16.12.2000	06:48	07:33	22°19'91	70°19'92	22°17'24	70°17'45	10	424.8	532.0	
43	16.12.2000	08:49	09:28	22°13'11	70°16'71	22°10'96	70°16'29	6	9.5	375.0	
44	16.12.2000	11:59	12:27	22°21'10	70°16'38	22°23'02	70°16'82	8	62.6	291.0	
46	16.12.2000	19:58	21:17	22°40'01	70°18'57	22°35'25	70°19'10	4	361.7	648.0	
49	17.12.2000	20:21	21:20	22°54'47	70°19'32	22°50'69	70°19'58	8	1650.0	1650.0	
51	18.12.2000	15:19	16:28	23°00'49	70°23'67	22°56'12	70°23'07	6	0.32	146.0	
52	18.12.2000	20:35	21:26	23°01'39	70°23'51	22°58'63	70°21'61	6.9	788	788.0	
58	20.12.2000	20:27	21:11	23°43'86	70°27'63	23°42'44	70°27'26	5	1399	1464.0	
59	21.12.2000	06:16	07:01	23°35'68	70°24'87	23°33'31	70°25'94	10.8	1032	1224.0	
60	21.12.2000	10:58	11:26	23°58'49	70°32'27	23°56'59	70°32'06	1.7	514	514.0	
61	22.12.2000	08:56	09:59	24°58'62	70°31'88	24°55'20	70°33'50		130	136.0	
62	22.12.2000	11:46	12:50	25°02'53	70°30'16	24°59'03	70°30'52		1990	1990.0	
64	23.12.2000	20:12	20:35	25°11'40	70°29'78	25°10'08	70°30'06		14000	14000.0	
Volumen total de las capturas de los lances en los que no se encontró anchoveta											
Total								1.7 - 12	16.1 - 20.7	31156	54100.0

**Tabla 5.** Resumen de ocurrencia de ejemplares reclutas y comparación de pesos y tallas promedio para los ejemplares de anchoveta capturados con red de media-agua

Zona	Arica	Iquique	Antofagasta	Caldera	Arica-Caldera
Lances totales	13	22	26	4	65
Lances exitosos	5	11	13	3	32
% lances exitosos	38,5	50,0	50,0	75,0	49,2
% de reclutas en N°	11,0	29,3	16,6	61,3	47,7
P. Prom. (gr)	20,1	19,6	22,8	17,7	18,7
L. Prom. (cm)	15,6	11,9	14,5	14,3	13,6
P. prom. Recl (gr)	5,7	8,7	9,8	6,2	7,7
L. prom. Recl (cm)	9,4	10,8	11,2	9,6	10,3



**Tabla 7.** Estimación de parámetros de la relación longitud-peso por zona de pesca y total de la zona de estudio. Crucero RECLAN0012

Parámetros Modelo In- lineal	Arica	Iquique	Antofagasta	Caldera	Total In-lineal	Total Modelo no lineal
a=	0,002919	0,011283	0,004194	0,005703	0,005824	0,005364
b=	3,352120	2,841538	3,212037	3,104929	3,096013	3,128400
R^2 ajustado	0,978970	0,933298	0,963850	0,981730	0,974339	0,965600
N	398	1101	1072	300	2871	2871
g.l.	397	1100	1071	299	2870	
RSS	2,86	8,45	9,62	6,32	29,67	
RDF	397	1100	1071	299	2870	
Sum X^2	2886,75	7160,06	7966,16	1790,47	19803,45	

Comparación de b	g.l.	Tc	t(g.l.;0,975)	Diferencia
Arica-Iquique	1497	266,43	1,96	D.S.
Iquique-Antofagasta	2171	-249,34	1,96	D.S.
Antofagasta-Caldera	1370	37,97	1,96	D.S.
Arica-Caldera	696	-71,58	1,96	D.S.
Arica-Antofagasta	1468	-69,94	1,96	D.S.
Iquique-Caldera	1399	97,01	1,96	D.S.

N.S.= no significativa  
D.S.= diferencia significativa

**Tabla 8.** Límites latitudinales de las subzonas en que se agruparon las estructuras de tallas de anchoveta.

SUBZONA	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
1	18° 22,5'S	18° 32,5'S
2	18° 32,5	18° 52,5
3	18° 52,5 (19° 52,5)	21° 22,5
4	19° 37,5	19° 52,5
5	21° 22,5	23° 12,5
6	23° 12,5	23° 37,5
7	23° 37,5	23° 55,0
8	23° 55,0	25° 05,0
9	25° 05,0	25° 24,6

**Tabla 9.** Chi-cuadrados resultante del test Décima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de anchoveta, agrupadas por zona

	Zonas	X2	Resultados
X2 Crítico	1	94,25	N/A
38	2	66,26	N/A
Num grupos	3	338,69	N/A
9	4	425,65	N/A
Num categorías	5	63,06	N/A
26	6	98,68	N/A
	7	284,18	N/A
	8	1446,49	N/A
	9	156,14	N/A
	% de aprobación		0.00%

A = Aprobada

N/A = No Aprobada

**Tabla 10.** Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de anchoveta, agrupadas por lance para cada zona

Zona 1				Zona 6			
	Lances	X2	Resultados		Lances	X2	Resultados
X2 Crítico	3	0.85	A	X2 Crítico	59	0	A
15	4	1.06	A	15			
Num grupos				Num grupos			
2				1			
Num categorías				Num categorías			
% de aprobación			100.00%	8			
Zona 2				Zona 7			
	Lances	X2	Resultados		Lances	X2	Resultados
X2 Crítico	6	14.17	A	X2 Crítico	58	0	A
30	7	8.85	A	21			
Num grupos				Num grupos			
2				1			
Num categorías				Num categorías			
19				12			
% de aprobación			100.00%				100.00%
Zona 3				Zona 8			
	Lances	X2	Resultados		Lances	X2	Resultados
X2 Crítico	10	23.62	N/A	X2 Crítico	60	55.38	N/A
22	10 <sup>a</sup>	6.86	A	27	61	38.21	N/A
Num grupos	13	2.8	A	Num grupos	62	152.19	N/A
9	18	2.74	A	3			
Num categorías	25	14.54	A	Num categorías			
13	28	19.68	A	17			
	30	6.93	A	% de aprobación			0.00%
	31	11.48	A				
	33	1.41	A	Zona 9			
% de aprobación			88.89%		Lances	X2	Resultados
Zona 4				X2 Crítico	64	0	A
	Lances	X2	Resultados	18			
X2 Crítico	14	7.05	A	Num grupos			
19	19	35.62	N/A	1			
Num grupos	20	4.7	A	Num categorías			
3				10			
Num categorías				% de aprobación			100.00%
11							
% de aprobación			66.67%				
Zona 5							
	Lances	X2	Resultados				
X2 Crítico	35	5.91	A				
31	38	15.74	A				
Num grupos	41	38.5	N/A				
10	42	2.88	A				
Num categorías	43	4.72	A				
20	44	2.43	A				
	46	10.61	A				
	49	23.65	A				
	51	42.85	N/A				
	52	5.56	A				
% de aprobación			80.00%				

A = Aprobada  
N/A = No Aprobada

**Tabla 11.** Resultados de la calibración del sistema de ecointegración. Crucero RECLAN 0012.

FRECUENCIA	GANANCIA TRANSDUCTOR (TS)			GANANCIA TRANSDUCTOR (Sv)		
	PULSO CORTO	PULSO MEDIO	PULSO LARGO	PULSO CORTO	PULSO MEDIO	PULSO LARGO
38 Khz	26,34	27,65		26,86	27,38	
120 Khz	24,70	25,48		25,29	25,00	

**Tabla 12.** Resultados de las calibraciones hidroacústicas históricas del sistema Simrad EK-500 del B/I "Abate Molina", para la frecuencia de 38 Khz, por longitudes de pulso.

Fecha	Lugar	TS-transducer gain			Sv-transducer gain		
		Corto	Medio	Largo	Corto	Medio	Largo
01.10.92	Quintero	26,9	27,9	28,1	27,0	27,5	27,9
20.06.93	Valparaíso	26,8	27,9	27,9	26,9	27,5	27,6
09.11.93	Valparaíso	26,5	27,2	27,4	26,9	27,2	27,6
27.02.94	Mejillones	26,0	27,0	27,0	26,1	26,7	27,0
15.05.94	Mejillones	26,1	27,1	27,1	26,2	27,0	27,2
06.01.95	Mejillones	27,0	27,6	27,8	27,1	27,7	28,1
12.07.95	Valparaíso	27,1	28,1	28,0	27,2	28,0	28,1
04.09.96	Pto. Yates	26,8	27,9	27,9	26,9	27,6	28,1
19.11.96	Mejillones	26,7	27,9	27,9	26,9	27,7	28,0
18.04.97	Valparaíso	26,8	27,5	27,6	27,3	27,7	27,8
29.12.97	Valparaíso	26,8	27,7	27,7	27,2	27,5	27,9
21.11.98	Valparaíso	26,9	27,4	27,2	27,1	27,2	27,3
21.12.99	Valparaíso	26,34	27,52		27,02	27,32	

**Tabla 13.** Valores de  $TS_{mo}$  seleccionados y ajustados con el método del sistema EK-500 del B/I Abate Molina para la frecuencia de 38 KHz, por longitudes de pulso (ms).

Archivo	Pulso	Talla	TS	Archivo	Pulso	Talla	TS
Lance-04	Medio	16,5	-50,0	Test-30-2	Corto	14,5	-50,0
Lance-06	Medio	11,0	-53,0	Test-30-2	Medio	13,0	-51,0
Lance-06	Medio	15,0	-50,5	Test-30-2	Medio	14,5	-49,5
Lance-06	Medio	16,5	-49,5	Test-33	Medio	13,5	-50,5
Lance-07	Medio	9,0	-54,5	Test-35	Corto	14,5	-50,5
Lance-07	Medio	15,0	-50,0	Test-35	Corto	17,0	-48,5
Lance-07	Medio	16,5	-49,0	Test-38	Corto	14,5	-50,5
Lance-10	Medio	13,5	-51,0	Test-38	Corto	17,0	-49,5
Lance-10a	Medio	13,5	-50,5	Test-49-1	Corto	14,5	-51,0
Lance-13	Medio	13,0	-51,0	Test-49-1	Corto	17,0	-48,5
Lance-20	Medio	12,0	-52,0	Test-49-1	Medio	14,5	-50,0
Lance-31	Medio	13,5	-51,0	Test-49-1	Medio	17,0	-48,5
Lance-33	Medio	13,5	-51,0	Test-49-2	Corto	14,5	-50,5
Lance-35	Medio	14,5	-50,0	Test-49-2	Corto	17,0	-48,0
Lance-35	Medio	17,0	-49,0	Test-49-2	Medio	14,5	-50,0
Lance-38	Medio	14,5	-50,0	Test-49-2	Medio	17,0	-48,0
Lance-38	Medio	17,0	-48,5	Test-49-3	Medio	17,0	-48,0
Lance-4	Medio	15,0	-51,0	Test-49-3	Medio	14,5	-50,0
Lance-41	Medio	12,0	-52,0	Test-58-1	Medio	13,5	-51,5
Lance-41	Medio	17,5	-49,5	Test-62	Corto	9,0	-55,0
Lance-46	Medio	14,5	-51,0	Test-62	Corto	10,0	-53,5
Lance-46	Medio	17,0	-48,5	Test-62	Corto	12,5	-51,5
Lance-52	Medio	14,5	-50,5	Test-62	Medio	9,0	-53,5
Lance-52	Medio	17,0	-48,5	Test-62	Medio	11,5	-52,5
Test-20-1	Medio	11,5	-52,5	Test-62	Medio	12,5	-51,0
Test-20-2	Corto	12,5	-51,5	Test-64	Medio	14,0	-50,5
Test-30-1	Medio	13,0	-50,5	Test-65	Medio	17,5	-47,5
Test-30-2	Corto	13,0	-51,0				

**Tabla 14.** Análisis de varianza de la regresión  $TS = 20,74 \log(L) - 74,291$ .

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	127,7554434	127,755443	522,7129	4,03442E-29
Residuos	53	12,9536475	0,244408		
Total	54	140,7090909			

**Tabla 15 .** Número de cuadrículas ocupadas e Índices de Cobertura de anchoveta por categorías de densidad.

Categorías	n° de cuadrículas	IC (índice de cobertura)
Presencia	2029	0,173
Baja	369	0,031
Media	336	0,029
Alta	287	0,024
Total positivos	3021	0,257
Total	11735	

Tabla 16. Estimados de biomasa (toneladas) de anchoveta por subzona y tallas, según el método de Hansen y Walter. Cruceiro RECLAN 0012.

Talla	Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3	Subzona 4	Subzona 5	Subzona 6	Subzona 7	Subzona 8	Subzona 9	Total
5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
6,5	0	0	0	0	0	0	0	99,8	0	99,8
7,0	0	0	0	0	0	0	0	2.946,6	0	2.946,6
7,5	0	0	0	0	0	0	0	2.778,5	0	2.778,5
8,0	0	0	0	0	0	0	0	9.050,2	0	9.050,2
8,5	0	786,0	0	0	0	0	0	9.383,0	0	10.169,0
9,0	0	958,4	0	82,2	0	0	0	19.397,7	0	20.436,3
9,5	0	507,4	0	1.495,2	0,3	0	0	7.042,8	0	9.045,7
10,0	0	310,2	18,6	2.630,3	1,5	0	383,5	15.976,2	0	19.320,4
10,5	0	220,7	45,0	2.612,0	39,1	0	89,9	12.002,1	0	15.008,8
11,0	0	325,2	277,4	3.683,8	17,4	0	283,8	17.826,2	0	22.413,7
11,5	0	195,1	2.456,3	2.170,4	202,6	0	446,9	27.444,7	0	32.916,1
12,0	0	102,2	6.471,7	2.829,4	552,4	0	780,5	24.295,4	0	35.031,5
12,5	0	106,9	10.061,9	2.709,8	1.515,3	0	2.067,7	25.788,1	0	42.249,6
13,0	0	111,6	18.621,0	4.121,1	1.979,4	0	2.328,9	10.805,5	0	37.967,5
13,5	0	58,1	31.986,3	1.953,8	4.168,8	0	3.433,7	5.971,2	1.083,4	48.655,4
14,0	260,7	121,0	14.526,3	209,7	5.051,0	0	2.464,4	0,0	1.127,4	23.760,5
14,5	2.401,1	0	5.681,3	0	8.837,9	0	1.536,6	1.471,9	585,8	20.514,6
15,0	3.335,6	3.125,6	911,0	0	4.362,4	0	388,7	0,0	0,0	12.133,3
15,5	1.284,4	1.586,2	110,1	0	4.372,2	619,3	206,6	0,0	630,2	8.809,0
16,0	2.393,7	3.480,4	9,4	0	4.428,5	7.053,5	820	0,0	1.305,1	19.490,5
16,5	7.427,6	6.777,4	0	0	13.439,6	11.938,1	0	0	12.149,1	51.731,7
17,0	7.106,1	4.932,8	0	0	22.486,9	19.873,3	0	0	18.132,4	72.531,4
17,5	2.386,9	2.971,0	0	0	18.219,4	20.514,9	0	0	33.116,0	77.208,3
18,0	0	590,8	0	0	8.858,1	9.484,7	0	0	11.137,3	30.071,0
18,5	0	0	0	0	1.626,5	1.503,7	0	0	5.355,9	8.486,1
19,0	0	0	0	0	121,6	1.548,3	0	0	0	1.668,9
19,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Total	26.596,2	27.265,0	91.176,4	24.497,6	100.280,9	72.535,7	14.421,2	193.099,6	84.622,6	634.495,2
<= 12	0,0	3.403,2	9.269,1	15.503,2	8.13,2	0,0	1.984,6	148.243,2	0,0	179.216,5
% <= 12	0,0	12,5	10,2	63,3	0,8	0,0	13,8	76,8	0,0	28,2
Area	94,0	191,1	1.355,3	52,0	1.120,0	259,5	189,8	656,8	44,2	4.042,0
σ(t/mm²)	282,9	142,7	67,3	161,2	89,5	279,5	84,9	294,3	1914,5	157,0
LC	59,3	39,7	19,0	57,5	25,0	10,9	27,8	9,0	61,2	24,0
ID	2.216,1	1.822,5	2.049,0	1.893,4	1.676,8	11.192,8	1.779,5	24.132,0	13.606,4	4.177,3

**Tabla 17. Estimados de biomasa (toneladas) de anchoveta por subzona y tallas, según el método Bootstrap. Crucero RECLAN 0012.**

Talla	Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3	Subzona 4	Subzona 5	Subzona 6	Subzona 7	Subzona 8	Subzona 9	Total
5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	0	0	0	0	0	0	0	110,0	0	110,0
7,0	0	0	0	0	0	0	0	3.249,2	0	3.249,2
7,5	0	0	0	0	0	0	0	3.063,8	0	3.063,8
8,0	0	0	0	0	0	0	0	9.979,3	0	9.979,3
8,5	0	790,4	0	0	0	0	0	10.346,3	0	11.136,7
9,0	0	961,8	0	82,6	0	0	0	21.389,2	0	22.433,5
9,5	0	510,2	0	1.501,9	0,3	0	0	7.765,9	0	9.778,3
10,0	0	312,0	18,8	2.642,1	1,5	0	389,1	17.616,5	0	20.979,9
10,5	0	222,0	45,3	2.623,7	39,2	0	91,2	13.234,3	0	16.255,7
11,0	0	327,0	279,2	3.700,3	17,4	0	288,0	19.656,3	0	24.268,1
11,5	0	196,2	2.471,7	2.180,1	203,3	0	453,5	30.262,4	0	35.767,2
12,0	0	102,8	6.512,2	2.842,1	554,4	0	791,9	26.789,7	0	37.593,1
12,5	0	107,5	10.124,9	2.721,9	1.520,7	0	2.098,0	28.435,6	0	45.008,7
13,0	0	112,2	18.737,6	4.139,6	1.986,5	0	2.363,1	11.914,9	0	39.253,8
13,5	0	58,5	32.186,6	1.962,6	4.183,8	0	3.484,1	6.584,2	1.037,8	49.497,5
14,0	255,1	121,7	14.617,3	210,6	5.069,1	0	2.500,5	0,0	1.080,0	23.854,4
14,5	2.349,6	0	5.716,8	0	8.869,7	0	1.559,2	1.623,0	561,2	20.679,4
15,0	3.264,1	3.143,2	916,7	0	4.378,0	0	404,5	0,0	0,0	12.106,6
15,5	1.256,8	1.595,1	110,8	0	4.387,9	632,4	209,7	0,0	603,7	8.796,5
16,0	2.342,4	3.500,0	9,5	0	4.444,4	7.203,3	0	904	1.250,2	19.653,7
16,5	7.268,3	6.815,6	0	0	13.487,9	12.191,5	0	0	11.638,1	51.401,3
17,0	6.953,8	4.960,5	0	0	22.567,6	20.295,2	0	0	17.369,7	72.146,8
17,5	2.335,8	2.987,8	0	0	18.284,8	20.950,4	0	0	31.723,2	76.281,9
18,0	0	594,2	0	0	8.889,9	9.686,1	0	0	10.668,9	29.839,1
18,5	0	0	0	0	1.632,4	1.535,6	0	0	5.130,6	8.298,6
19,0	0	0	0	0	122,1	1.581,1	0	0	0	1.703,2
19,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	26.025,9	27.418,6	91.747,3	24.607,3	100.640,9	74.075,7	14.632,9	212.924,3	81.063,4	653.136,2
<= 12	0,0	3422,4	9327,1	15.572,7	816,1	0,0	2.013,7	163.462,7	0,0	194.614,7
% <= 12	0,0	12,5	10,2	63,3	0,8	0,0	13,8	76,8	0,0	29,8

**Tabla 18.** Estimados de biomasa (toneladas) de anchoveta por subzona y tallas, según el método las variables regionalizadas. Crucero RECLAN 0012.

Talla	Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3	Subzona 4	Subzona 5	Subzona 6	Subzona 7	Subzona 8	Subzona 9	Total
5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	0	0	0	0	0	0	0	98,6	0	98,6
7,0	0	0	0	0	0	0	0	2.910,1	0	2.910,1
7,5	0	0	0	0	0	0	0	2.744,0	0	2.744,0
8,0	0	0	0	0	0	0	0	8.937,9	0	8.937,9
8,5	0	569,9	0	0	0	0	0	9.286,5	0	9.836,4
9,0	0	693,4	0	72,0	0	0	0	19.157,0	0	19.922,3
9,5	0	367,9	0	1.309,5	0,2	0	0	6.955,4	0	8.632,9
10,0	0	224,9	10,2	2.303,7	0,8	0	1.977,9	15.778,0	0	20.295,6
10,5	0	160,0	24,8	2.287,6	22,6	0	463,7	11.853,1	0	14.811,8
11,0	0	235,8	152,6	3.226,2	10,0	0	1.463,8	17.604,9	0	22.693,4
11,5	0	141,5	1.350,8	1.900,8	117,0	0	2.305,4	27.104,1	0	32.919,7
12,0	0	74,1	3.559,2	2.478,0	319,0	0	4.025,8	23.993,9	0	34.449,9
12,5	0	77,5	5.533,6	2.373,2	875,0	0	10.665,4	25.468,1	0	44.992,8
13,0	0	80,9	10.240,7	3.609,3	1.143,0	0	12.012,8	10.671,4	0	37.758,2
13,5	0	42,2	17.591,1	1.711,1	2.407,2	0	17.711,6	5.897,1	1.121,1	46.481,4
14,0	192,6	87,7	7.988,8	183,6	2.916,7	0	12.711,7	0,0	1.166,7	25.247,8
14,5	1.773,2	0	3.124,4	0	5.103,4	0	7.926,1	1.453,6	606,2	19.986,9
15,0	2.463,3	2.266,1	501,0	0	2.519,0	0	2.056,5	0,0	0,0	9.806,0
15,5	948,5	1.150,0	60,6	0	2.524,7	0	1.065,9	0,0	652,2	6.401,8
16,0	1.767,8	2.523,4	5,2	0	2.557,2	0	0	810	1.350,5	9.013,7
16,5	5.485,2	4.913,8	0	0	7.760,6	0	0	0	12.571,9	30.731,5
17,0	5.247,8	3.576,4	0	0	12.984,9	0	0	0	18.763,4	40.572,5
17,5	1.762,7	2.154,1	0	0	10.520,7	0	0	0	34.268,6	48.706,0
18,0	0	428,4	0	0	5.115,1	0	0	0	11.525,0	17.068,4
18,5	0	0	0	0	939,2	0	0	0	5.542,3	6.481,5
19,0	0	0	0	0	70,2	0	0	0	0	70,2
19,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	19.641,0	19.767,9	50.143,0	21.455,0	57.906,4		74.386,9	190.703,2	87.567,8	521.571,2
<= 12	0,0	2467,4	5097,6	13.577,7	469,6		10.236,7	146.403,5	0,0	178.252,5
% <= 12	0,0	12,5	10,2	63,3	0,8		13,8	76,8	0,0	34,2

**Tabla 19. Estimados de abundancia (millones de ejemplares) de anchoeta por subzona y tallas, según el método de Hansen y Wolter. Crecero RECLAN 0012.**

Talla	Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3	Subzona 4	Subzona 5	Subzona 6	Subzona 7	Subzona 8	Subzona 9	Total
5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
6,5	0	0	0	0	0	0	0	52,3	0	52,3
7,0	0	0	0	0	0	0	0	1.228,5	0	1.228,5
7,5	0	0	0	0	0	0	0	935,6	0	935,6
8,0	0	0	0	0	0	0	0	2.495,6	0	2.495,6
8,5	0	179,7	0	0	0	0	0	2.144,6	0	2.324,2
9,0	0	183,1	0	15,7	0	0	0	3.714,4	0	3.913,3
9,5	0	82,2	0	242,2	0,0	0	0	1.140,7	0	1.465,2
10,0	0	42,9	2,6	363,5	0,2	0	53,0	2.207,7	0	2.669,9
10,5	0	26,2	5,4	310,3	4,6	0	10,7	1.426,0	0	1.783,3
11,0	0	33,5	28,5	379,0	1,8	0	29,2	1.833,9	0	2.305,8
11,5	0	17,5	220,2	194,6	18,2	0	40,1	2.460,4	0	2.950,9
12,0	0	8,0	508,6	222,3	43,4	0	61,3	1.909,2	0	2.752,8
12,5	0	7,4	696,8	187,7	104,9	0	143,2	1.785,9	0	2.925,8
13,0	0	6,8	1.142,1	252,8	121,4	0	142,8	662,7	0	2.328,6
13,5	0	3,2	1.745,5	106,6	227,5	0	187,4	325,8	59,1	2.655,1
14,0	12,7	5,9	708,3	10,2	246,3	0	120,2	0,0	55,0	1.158,5
14,5	105,0	0	248,5	0	386,6	0	67,2	64,4	25,6	897,3
15,0	131,4	123,1	35,9	0	171,8	0	15,7	0,0	0,0	477,8
15,5	45,7	56,4	3,9	0	155,6	0	7,4	0,0	22,4	313,4
16,0	77,2	112,2	0,3	0	142,8	22,0	0	26	42,1	628,5
16,5	217,8	198,7	0	0	394,0	350,0	0	0	356,2	1.516,6
17,0	189,9	131,8	0	0	601,0	531,2	0	0	484,7	1.938,7
17,5	58,3	72,6	0	0	445,2	501,3	0	0	809,2	1.886,5
18,0	0	13,2	0	0	198,4	212,4	0	0	249,4	673,4
18,5	0	0	0	0	33,5	30,9	0	0	110,2	174,6
19,0	0	0	0	0	2,3	29,3	0	0	0	31,6
19,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Total	838,0	1.304,5	5.346,4	2.284,9	3.299,4	1.904,6	878,1	24.414,3	2.213,8	42.484,0
<= 12	0,0	573,0	765,2	1.727,6	68,2	0,0	194,3	21.549,0	0,0	24.877,4
% <= 12	0,0	43,9	14,3	75,6	2,1	0,0	22,1	88,3	0,0	58,6

**Tabla 20.** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) de anchoveta por subzona y tallas, según el método Bootstrap. Crucero RECLAN 0012.

Talla	Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3	Subzona 4	Subzona 5	Subzona 6	Subzona 7	Subzona 8	Subzona 9	Total
5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	0	0	0	0	0	0	0	57,7	0	57,7
7,0	0	0	0	0	0	0	0	1.354,7	0	1.354,7
7,5	0	0	0	0	0	0	0	1.031,7	0	1.031,7
8,0	0	0	0	0	0	0	0	2.751,8	0	2.751,8
8,5	0	180,7	0	0	0	0	0	2.364,7	0	2.545,4
9,0	0	184,2	0	15,8	0	0	0	4.095,8	0	4.295,7
9,5	0	82,6	0	243,3	0,1	0	0	1.257,9	0	1.583,8
10,0	0	43,1	2,6	365,1	0,2	0	53,8	2.434,4	0	2.899,2
10,5	0	26,4	5,4	311,7	4,7	0	10,8	1.572,4	0	1.931,4
11,0	0	33,6	28,7	380,7	1,8	0	29,6	2.022,2	0	2.496,6
11,5	0	17,6	221,6	195,4	18,2	0	40,7	2.713,0	0	3.206,5
12,0	0	8,1	511,7	223,3	43,6	0	62,2	2.105,2	0	2.954,1
12,5	0	7,4	701,2	188,5	105,3	0	145,3	1.969,2	0	3.116,9
13,0	0	6,9	1.149,2	253,9	121,8	0	144,9	730,8	0	2.407,5
13,5	0	3,2	1.756,4	107,1	228,3	0	190,1	359,3	56,6	2.701,0
14,0	12,4	5,9	712,7	10,3	247,2	0	121,9	0,0	52,7	1.163,1
14,5	102,8	0	250,0	0	387,9	0	68,2	71,0	24,5	904,5
15,0	128,5	123,8	36,1	0	172,4	0	15,9	0,0	0,0	476,8
15,5	44,7	56,8	3,9	0	156,1	0	7,5	0,0	21,5	313,0
16,0	75,5	112,9	0,3	0	143,3	22,5	0	0,0	40,3	633,8
16,5	213,1	199,8	0	0	395,4	232,3	0	29	341,2	1.506,9
17,0	185,9	132,6	0	0	603,2	357,4	0	0	464,3	1.928,4
17,5	57,1	73,0	0	0	446,8	542,5	0	0	775,1	1.863,9
18,0	0	13,3	0	0	199,1	511,9	0	0	238,9	668,2
18,5	0	0	0	0	33,6	216,9	0	0	105,5	170,7
19,0	0	0	0	0	2,3	31,6	0	0	0	32,3
19,5	0	0	0	0	0	29,9	0	0	0	0
20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	820,0	1.311,8	5.379,9	2.295,1	3.311,3	1.945,0	891,0	26.920,8	2.120,7	44.995,6
<= 12	0,0	576,3	770,0	1.735,4	68,5	0,0	197,1	23.761,4	0,0	27.108,6
% <= 12	0,0	43,9	14,3	75,6	2,1	0,0	22,1	88,3	0,0	60,2

**Tabla 21. Estimados de abundancia (millones de ejemplares) de anchoveta por subzona y tallas, según el método de las variables regionalizadas. Cruceiro RECLAN 0012.**

Talla	Subzona 1	Subzona 2	Subzona 3	Subzona 4	Subzona 5	Subzona 6	Subzona 7	Subzona 8	Subzona 9	Total
5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	0	0	0	0	0	0	0	51,7	0	51,7
7,0	0	0	0	0	0	0	0	1.213,3	0	1.213,3
7,5	0	0	0	0	0	0	0	924,0	0	924,0
8,0	0	0	0	0	0	0	0	2.464,6	0	2.464,6
8,5	0	130,3	0	0	0	0	0	2.117,9	0	2.248,2
9,0	0	132,8	0	13,8	0	0	0	3.668,3	0	3.814,9
9,5	0	59,6	0	212,1	0,0	0	0	1.126,6	0	1.398,3
10,0	0	31,1	1,4	318,3	0,1	0	273,3	2.180,3	0	2.804,6
10,5	0	19,0	2,9	271,8	2,7	0	55,1	1.408,3	0	1.759,8
11,0	0	24,3	15,7	331,9	1,0	0	150,6	1.811,1	0	2.334,6
11,5	0	12,7	121,1	170,4	10,5	0	206,7	2.429,9	0	2.951,2
12,0	0	5,8	279,7	194,7	25,1	0	316,4	1.885,5	0	2.707,1
12,5	0	5,4	383,2	164,4	60,6	0	738,6	1.763,7	0	3.115,8
13,0	0	5,0	628,1	221,4	70,1	0	736,8	654,5	0	2.315,8
13,5	0	2,3	959,9	93,4	131,4	0	966,5	321,8	0	2.536,4
14,0	9,4	4,3	389,5	9,0	142,2	0	619,8	0,0	61,2	1.231,0
14,5	77,6	0	136,7	0	223,2	0	346,7	63,6	26,5	874,2
15,0	97,0	89,2	19,7	0	99,2	0	81,0	0,0	0,0	386,2
15,5	33,7	40,9	2,2	0	89,8	0	37,9	0,0	23,2	227,8
16,0	57,0	81,4	0,2	0	82,5	0	0	26	43,6	290,7
16,5	160,8	144,1	0	0	227,5	0	0	0	368,6	901,0
17,0	140,3	95,6	0	0	347,1	0	0	0	501,5	1.084,5
17,5	43,1	52,6	0	0	257,1	0	0	0	837,3	1.190,1
18,0	0	9,6	0	0	114,5	0	0	0	258,1	382,2
18,5	0	0	0	0	19,3	0	0	0	114,0	133,3
19,0	0	0	0	0	1,3	0	0	0	0	1,3
19,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	618,8	945,8	2.940,3	2.001,1	1.905,2		4.529,3	24.111,3	2.290,9	39.342,7
<= 12	0,0	415,5	420,8	1.513,0	39,4		1.002,0	21.281,6	0,0	24.672,4
% <= 12	0,0	43,9	14,3	75,6	2,1		22,1	88,3	0,0	62,7

**Tabla 22.** Varianzas de la abundancia y biomasa de anchoveta por talla, según el método utilizado. Crucero RECLAN 0012.

TALLA (cm)	HANSEN		WOLTER		BOOTSTRAP		GEOESTADISTICO	
	V(A)	V(B)	V(A)	V(B)	V(A)	V(B)	V(A)	V(B)
6,5	8,0622E+13	2,9384E+02	7,4633E+13	2,71339E+02	7,8798E+13	2,8648E+02	1,2090E+16	4,3954E+04
7,0	3,9660E+16	1,1831E+06	3,6165E+16	1,16530E+06	3,8249E+16	1,3877E+06	4,6157E+18	2,4510E+07
7,5	1,9473E+16	1,7173E+05	1,7385E+16	1,53313E+05	1,8441E+16	1,6263E+05	1,1948E+18	1,0536E+07
8,0	1,4610E+17	4,1704E+06	1,3137E+17	3,98223E+06	1,3921E+17	4,5796E+06	1,1675E+19	1,5147E+08
8,5	1,2658E+17	4,1747E+06	1,1408E+17	3,93953E+06	1,2085E+17	4,4245E+06	1,0848E+19	2,0575E+08
9,0	3,7886E+17	2,8393E+07	3,3972E+17	2,73728E+07	3,6014E+17	3,1701E+07	2,7504E+19	7,3443E+08
9,5	3,8780E+17	1,4933E+07	3,4858E+17	1,34412E+07	3,6940E+17	1,4264E+07	3,0599E+19	1,1639E+09
10,0	1,1016E+18	7,4306E+07	9,8613E+17	6,8577E+07	1,0456E+18	7,5051E+07	7,5220E+19	3,7533E+09
10,5	6,2189E+17	4,7085E+07	5,5714E+17	4,2575E+07	5,9070E+17	4,5565E+07	4,3728E+19	3,0494E+09
11,0	9,9047E+17	1,1012E+08	8,8605E+17	1,06652E+08	9,3961E+17	1,0901E+08	6,5904E+19	5,9960E+09
11,5	6,8313E+17	1,1549E+08	6,1095E+17	1,06773E+08	6,4782E+17	1,1721E+08	4,4715E+19	5,4269E+09
12,0	8,0669E+17	1,6290E+08	7,2107E+17	1,49446E+08	7,6474E+17	1,6178E+08	5,2010E+19	8,2098E+09
12,5	9,7714E+17	1,1894E+09	8,7287E+17	1,18123E+09	9,2582E+17	1,3355E+09	6,1420E+19	6,0958E+09
13,0	1,1035E+18	3,6948E+08	9,8562E+17	3,40212E+08	1,0454E+18	3,6164E+08	6,8950E+19	1,7209E+10
13,5	1,1712E+18	4,7644E+08	1,0499E+18	4,37412E+08	1,1130E+18	4,6121E+08	8,4101E+19	2,7145E+10
14,0	3,0423E+17	1,4795E+08	2,7563E+17	1,36472E+08	2,9177E+17	1,4316E+08	3,0238E+19	1,2166E+10
14,5	1,6816E+17	9,9489E+07	1,5218E+17	9,14243E+07	1,6112E+17	9,6171E+07	1,6211E+19	8,1932E+09
15,0	2,8880E+16	2,3762E+07	2,6104E+16	2,20438E+07	2,7642E+16	2,2970E+07	2,6945E+18	1,6719E+09
15,5	2,9844E+16	2,5849E+07	2,8178E+16	2,45888E+07	2,9660E+16	2,5702E+07	6,2456E+18	4,7282E+09
16,0	5,5259E+16	7,0629E+07	5,1965E+16	6,76310E+07	5,4729E+16	7,0489E+07	1,0964E+19	9,9830E+09
16,5	7,2957E+17	8,7581E+08	6,6748E+17	8,04644E+08	7,0562E+17	8,4786E+08	9,1221E+19	1,0458E+11
17,0	1,2244E+18	1,8122E+09	1,1121E+18	1,65939E+09	1,1768E+18	1,7459E+09	1,2975E+20	1,7662E+11
17,5	1,9861E+18	3,5889E+09	1,7965E+18	3,30298E+09	1,9021E+18	3,4482E+09	1,8916E+20	2,8552E+11
18,0	2,7229E+17	5,6766E+08	2,5300E+17	5,31829E+08	2,6689E+17	5,5669E+08	4,5231E+19	8,4054E+10
18,5	6,1769E+16	1,4550E+08	5,9529E+16	1,40241E+08	6,2491E+16	1,4718E+08	1,6405E+19	3,8527E+10
19,0	8,5349E+13	2,4074E+05	8,4920E+13	2,39542E+05	8,8777E+13	2,5041E+05	3,0338E+16	8,4461E+07
V(Total)	8,8584E+18	2,7462E+09	7,9326E+18	2,61341E+09	8,4109E+18	2,8666E+09	6,1274E+20	9,1331E+10
CV (Total)	7,0057E-02	8,2592E-02	6,6295E-02	8,05703E-02	6,4454E-02	8,1975E-02	6,2918E-01	5,7942E-01
V(<=12)	5,3023E+18	5,6293E+08	4,7486E+18	5,18078E+08	5,0349E+18	5,6514E+08	3,6803E+20	2,8726E+10
CV(<=12)	9,2561E-02	1,3239E-01	8,7595E-02	1,27005E-01	8,2773E-02	1,2215E-01	7,7755E-01	9,5083E-01

**Tabla 23.** Clave edad-talla en las capturas de anchoveta. Crucero RECLAN 0012.

TALLA (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD (Criterio cumpleaños arbitrario 1º de enero)					
		O	I	II	III	IV	V
6.0							
6.5	1	1					
7.0	1	1					
7.5	1	1					
8.0	1	1					
8.5	1	1					
9.0	1	1					
9.5	1	1					
10.0	4	4					
10.5	10	10					
11.0	1	1					
11.5	11	10	1				
12.0	12	8	4				
12.5	14	5	9				
13.0	17	4	13				
13.5	24	1	23				
14.0	13		13				
14.5	4		2	2			
15.0	3		2	1			
15.5	1		1				
16.0	8			8			
16.5	12			10	2		
17.0	12			8	4		
17.5	12			6	6		
18.0	2				1	1	
18.5	3				1	2	
19.0	1					1	
19.5							
<b>TOTAL</b>	<b>171</b>	<b>50</b>	<b>68</b>	<b>35</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	
<b>%</b>	<b>100.0</b>	<b>29.2</b>	<b>39.8</b>	<b>20.5</b>	<b>8.2</b>	<b>2.3</b>	

**Tabla 24.** Composición en número por grupo de edad en la captura de anchoveta. Crucero RECLAN 0012.

TALLAS (cm)	FREC. (Unidades)	GRUPOS DE EDAD (Criterio cumpleaños arbitrario 1° de enero)					
		O	I	II	III	IV	V
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							
6.5	273,606,048	273,606,048					
7.0	1,698,591,017	1,698,591,017					
7.5	4,891,103,320	4,891,103,320					
8.0	4,262,696,729	4,262,696,729					
8.5	1,616,843,988	1,616,843,988					
9.0	1,541,089,081	1,541,089,081					
9.5	1,536,571,153	1,536,571,153					
10.0	2,190,405,507	2,190,405,507					
10.5	1,959,426,390	1,959,426,390					
11.0	2,436,042,625	2,436,042,625					
11.5	2,880,080,763	2,618,255,239	261,825,524				
12.0	2,700,209,626	1,800,139,751	900,069,875				
12.5	2,946,108,276	1,052,181,527	1,893,926,749				
13.0	2,974,110,324	699,790,664	2,274,319,659				
13.5	3,581,366,429	149,223,601	3,432,142,827				
14.0	1,551,861,296		1,551,861,296				
14.5	1,014,840,963		507,420,482	507,420,482			
15.0	431,016,353		287,344,235	143,672,118			
15.5	210,969,421		210,969,421				
16.0	384,944,066			384,944,066			
16.5	863,922,850			719,935,708	143,987,142		
17.0	1,004,597,803			669,731,869	334,865,934		
17.5	699,179,944			349,589,972	349,589,972		
18.0	212,305,354				106,152,677	106,152,677	
18.5	36,843,200				12,281,067	24,562,133	
19.0	15,447,325					15,447,325	
19.5							
TOTAL	43,914,179,851	28,725,966,641	11,319,880,068	2,775,294,214	946,876,792	146,162,135	
%	100.00	65.41	25.78	6.32	2.16	0.33	
L.PR.(cm)	11.1	9.5	13.3	16.2	17.2	18.2	
VAR. (L)	7.971	3.284	0.640	0.998	0.214	0.112	
PESO	12.0	6.8	17.5	32.8	39.1	46.2	
PR.(g)							
PESO (ton)	529,688	196,512	198,275	91,091	37,064	6,746	
%	100.0	37.1	37.4	17.2	7.0	1.3	
VAR (N°)	1.17E+17	1.17E+20	7.20E+17	1.55E+17	5.39E+16	1.23E+16	
CV (N°)	0.00778	0.37694	0.07495	0.14207	0.24523	0.75779	

**Tabla 25.** Coeficientes de Cramer de las cartografías de anchoveta respecto de las variables ambientales, por áreas seleccionadas.

A. Zonas										
Crosstab	1	2	3a	3b	4	5	6	7	8	9
Temperatura Sup. Temperatura a 11m.	0.5214 0.4672	0.4709 0.4390	0.3547 0.3582	0.3717 0.3561	0.4835 0.4302	0.4031 0.3950	0.3994 0.4103	0.4442 0.3717	0.2251 0.2145	1.0000 0.8764
Salinidad Sup. Salinidad a 11m.	0.6985 0.4684	0.5519 0.4497	0.4578 0.3096	0.4926 0.3538	0.4960 0.5321	0.3882 0.3857	0.4227 0.4482	0.4071 0.4248	0.1997 0.1970	1.0000 0.8764
Oxígeno Sup. Oxígeno a 11m.	0.6451 0.6451	0.5446 0.5359	0.3563 0.4588	0.5148 0.4762	0.4467 0.5237	0.3926 0.3861	0.5920 0.5920	0.4996 0.4996	0.2332 0.2332	0.8764 0.8764
Clorofila "a" Sup. Clorofila "a" a 11m.	0.5196 0.5368	0.5247 0.4811	0.3162 0.3973	0.3845 0.3908	0.5269 0.5568	0.4079 0.4204	0.4050 0.4672	0.5055 0.4188	0.2606 0.2886	1.0000 1.0000

**Tabla 26.** Area de distribución en mn<sup>2</sup> de reclutas y adultos de anchoveta por crucero

	<b>Cruceros</b>					
	<b>9601</b>	<b>9611</b>	<b>9801</b>	<b>9811</b>	<b>0001</b>	<b>0012</b>
<b>Reclutas</b>	203	500	126	923	0	5
<b>Adultos</b>	2172	912	256	6	1841	569
<b>Reclutas y adultos</b>	2125	2074	3189	2913	377	3875
<b>Total</b>	4500	3485	3571	3841	2218	4448

**Tabla 27.** Varianzas de la abundancia y biomasa de anchoveta según el método Geostadístico, por talla y zonas.  
Crucero RECLAN 0012.

TALLA (cm)	ANTOFAGASTA - TAL TAL		
	V(A)	V(B)	V(B)
6,5	3,8765E+13	2,3538E+01	3,0530E+01
7,0	1,4328E+16	6,5106E+04	9,7468E+05
7,5	3,2118E+15	2,5228E+04	1,1287E+04
8,0	3,3768E+16	3,8439E+05	2,3840E+06
8,5	3,1871E+16	5,3958E+05	1,6710E+06
9,0	7,7681E+16	1,8296E+06	1,6970E+07
9,5	8,8238E+16	2,9961E+06	1,1904E+06
10,0	2,0891E+17	1,0416E+07	1,6864E+07
10,5	1,2245E+17	7,7658E+06	5,3656E+06
11,0	1,8168E+17	1,5853E+07	1,8639E+07
11,5	1,2267E+17	1,4282E+07	2,7998E+07
12,0	1,4203E+17	2,3264E+07	2,5445E+07
12,5	1,6640E+17	2,5637E+08	4,0941E+08
13,0	1,8645E+17	9,1411E+07	2,5686E+07
13,5	2,3684E+17	1,3451E+08	2,8540E+07
14,0	9,1453E+16	5,9680E+07	1,0098E+07
14,5	4,8758E+16	3,3497E+07	7,0107E+06
15,0	8,0539E+15	8,4089E+06	1,4222E+06
15,5	2,0668E+16	1,5399E+07	2,9477E+06
16,0	3,6127E+16	3,1918E+07	6,5377E+06
16,5	2,8604E+17	2,9716E+08	8,0343E+07
17,0	3,9678E+17	4,9512E+08	1,5145E+08
17,5	5,6765E+17	7,8516E+08	3,5773E+08
18,0	1,4665E+17	2,4501E+08	6,5253E+07
18,5	5,5183E+16	1,1543E+08	2,2539E+07
19,0	1,0361E+14	2,5690E+05	4,5853E+04
V(Total)	3,2740E+18	2,6467E+09	1,2865E+09
CV (Total)	0,046	0,207	0,1289
V(<=12)	1,0269E+18	7,7421E+07	3,6698E+17
CV(<=12)	0,041	0,2649	0,0285
			1,1751E+08
			0,0740

**Tabla 28. Análisis de varianza de las regresiones C=773,708 Log(Bio)-725,85 y C=841,305 Log (Bio) – 854,208**

**C=773,708 Log (Bio) - 725,85**

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,817
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,667
R <sup>2</sup> ajustado	0,612
Error típico	185,407
Observaciones	8

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	413351,074	413351,074	12,024	0,0133
Residuos	6	206255,589	34375,9316		
Total	7	619606,663			

**C = 841,305 Log (B) - 854,208**

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,829
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,688
R <sup>2</sup> ajustado	0,625
Error típico	194,140
Observaciones	7

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	415158,59	415158,59	11,015	0,0210
Residuos	5	188452,02	37690,404		
Total	6	603610,61			



---

**Unidad Técnica Promoción y  
Ediciones**

---

**IFOP  
Valparaíso**