



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS FIP**

FIP - IT / 2000 - 09

INFORME : EVALUACION ACUSTICA DEL RECLUTAMIENTO  
FINAL DE ANCHOVETA Y SARDINA COMUN EN LA ZONA  
CENTRO-SUR, AÑO 2000

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO  
EJECUTORA



---

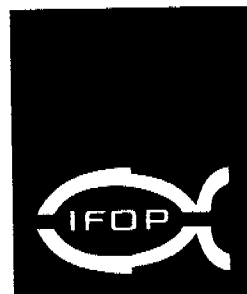
## **INFORME FINAL**

---

**FIP 2000-09**

**Evaluación acústica  
del reclutamiento de  
anchoveta y sardina  
común en la zona  
centro-sur, año 2000**

• 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**



## **JEFE DE PROYECTO**

---

**JORGE CASTILLO PIZARRO**

## **AUTORES**

---

*Evaluación acústica de la biomasa, abundancia y distribución espacial de anchoveta y sardina común en el periodo del reclutamiento. Verano 2001.*

**JORGE CASTILLO  
MARÍA ANGELA BARBIERI  
MARCOS ESPEJO  
VICTOR CATASTI**

*Condiciones hidrográficas y climatológicas de la zona centro-sur durante el reclutamiento de anchoveta y sardina común. Verano 2001.*

**SERGIO NÚÑEZ  
JOSÉ ORTÍZ R.  
PATRICIO TORRES R.**

*Biología Pesquera de la anchoveta y sardina común en la zona centro sur durante el periodo del reclutamiento. Verano 2001.*

**GLORIA ARRIAGADA B.  
RODOLFO SERRA B.**

• Noviembre, 2001 •





**PERSONAL PARTICIPANTE**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

***EVALUACIÓN ACUSTICA  
GEOREFERENCIACION Y  
ANALISIS CONJUNTO***

Jorge Castillo P.  
M. Angela Barbieri B.  
Marcos Espejo V.  
Sergio Lillo V.  
Hernán Miranda P.  
Patricio Gálvez G.  
Víctor Correa  
Manuel Rojas G.

***BIOLOGÍA PESQUERA***

Patricio Barría M.  
Rodolfo Serra B.  
Gloria Arriagada B.  
René Riffo C.  
Osvaldo Castillo A.

**INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA VIII REGION**

***OCEANOGRAFÍA***

Sergio Núñez E.  
Luís Cubillos S.  
José Ortíz R.  
Patricio Torres R.



## I. RESUMEN EJECUTIVO

---

Se presentan los resultados de la evaluación de la biomasa, abundancia y distribución espacial de la anchoveta y sardina común en la fracción adulta y reclutas, mediante métodos acústicos y las condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento, durante el verano de 2001.

Los datos se recolectaron en un crucero de investigación realizado a bordo del B/I "Abate Molina", entre el 3 y el 23 de enero de 2001, correspondiente a la época de reclutamiento de sardina común y anchoveta en la zona de estudio. El área de estudio correspondió al litoral marítimo comprendido entre la desembocadura del río Rapel ( $34^{\circ}00' S$ ) y punta Galera ( $40^{\circ}00' S$ ).

La evaluación acústica se realizó con el sistema de eointegración SIMRAD EK 500, utilizando la frecuencia de 38 KHz, con transductor de haz dividido. El muestreo acústico se efectuó aplicando dos estrategias, la primera correspondió a un diseño sistemático con 26 transectas paralelas entre sí y perpendiculares a la costa separadas por 15 mn y con una longitud variable en el sentido oriente-occidente determinada por los veriles de 25 y 500 m; la segunda se aplicó en aquellos sectores en que la distribución de los recursos sugería una mayor asociación con la costa y consistió en aumentar la cobertura del muestreo mediante transectas paralelas a la costa con una mayor aproximación a la orilla.

Las condiciones oceanográficas se midieron por medio de un muestreo sistemático en estaciones dispuestas sobre las transectas impares del "track" hidroacústico, distanciadas latitudinalmente por 30 mn. En cada estación oceanográfica se obtuvieron registros continuos de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia, hasta una profundidad máxima de 5-10 m sobre el fondo del mar medido con el ecosonda, también se midieron las variables oceanográficas físicas de superficie en forma continua durante la navegación con el perfilador EPCS.



La estimación de la biomasa de anchoveta varió entre 412.103 t y 450.818 t según el método utilizado, alcanzándose el mayor valor con el método geoestadístico. Se observa una clara estratificación latitudinal de la biomasa y en las tallas hacia el sur de la zona de estudio. Los menores CV se registraron con el método bootstrap y estratos agrupados, alcanzando a 0,097 y 0,098, respectivamente. La fracción reclutas de anchoveta en peso, varió entre 183.585 y 212.766 t, según el método de estimación aplicado, equivalente a alrededor del 50% de la biomasa total, la que se localizó principalmente al norte del Golfo de Arauco, con un CV entre 0,1 y 0,23. La abundancia total de anchoveta fluctuó entre 76.668,48 y 90.201,59 millones de ejemplares, siendo los mayores estimados con los métodos geoestadístico y bootstrap con un CV entre 0,21 y 0,44. La fracción reclutas correspondió a alrededor del 84% de esta abundancia, variando entre 74.835,76 y 64.875,43 millones de ejemplares según el método aplicado con CV entre 0,24 y 0,53.

La biomasa de sardina común estuvo constituida en mas de un 99 % por ejemplares juveniles estimándose entre 601.373,2 y 567.818,5 t. Los coeficientes de variación (CV) fluctuaron entre 0,098 y 0,193 según el método de estimación utilizado. La abundancia de sardina común se estimó entre 174.878,6 y 186.397,7 millones de ejemplares, siendo los mayores valores los alcanzados con los métodos geoestadísticos y bootstrap. El CV de estas estimaciones fluctuó entre 0,11 y 0,14, obteniéndose el menor valor con el método bootstrap.

Tanto en anchoveta como en sardina común la estructura de edad se caracterizó por ser prácticamente "monoetaria" para el período del crucero. En efecto, en anchoveta el grupo de edad dominante correspondió al I (clase anual 2000) con el 91% del número de ejemplares, por su parte en sardina común el grupo más importante fue el 0 (clase anual biológica 2000-2001), con el 99% del número de ejemplares.

La sardina presentó una distribución espacial muy costera y prácticamente continúa desde la latitud 35°S al sur, concentrándose en tres áreas: la primera se localizó en los alrededores de Constitución, la segunda se ubicó entre el golfo de Arauco y la bahía de San Vicente y el tercer foco se encontró en la desembocadura del río Imperial. Batimetricamente, el 80% de la



especie se presentó entre los 8 y los 13 metros con un alto porcentaje de la sardina localizada entre y bajo la termoclina.

La anchoveta se distribuyó en sectores netamente ribereños y localizándose en tres focos principales: el primero a la salida del estero de Paredones ( $34^{\circ}30'S$ ) a unas 5 mn de la costa, el segundo se centró al interior del golfo de Arauco y el tercer centro en el estuario del río Toltén. Batimétricamente, los ejemplares se registraron mayoritariamente entre los 8 y 14 metros, con sobre el 90% de los individuos bajo el límite superior de la termoclina.

Al igual que en cruceros realizados en la misma zona en estaciones estivales, los resultados oceanográficos obtenidos en este estudio sugieren un comportamiento diferencial en la distribución de las variables oceanográficas medidas en el campo latitudinal (norte-sur), destacándose, en la distribución horizontal de las variables oceanográficas medidas, la presencia de aguas superficiales más cálidas en el extremo norte y oceánico del área de prospección y, aguas comparativamente más frías al sur de los  $37^{\circ}S$ . Al sur de los  $36^{\circ}30'S$  predominaron gradientes longitudinales (costa-océano), observándose aguas superficiales más frías, salinas y densas, así como menos oxigenadas ( $< 1$  ml/l) en el sector costero, vinculadas a la presencia de focos de surgencia costera, *e.g.*, cabo Carranza ( $35^{\circ}34'S$ ), punta Nugurne ( $36^{\circ}S$ ), punta Tumbes ( $36^{\circ}38'S$ ), punta Lavapie ( $37^{\circ}08'S$ ), punta Morguilla ( $37^{\circ}43'S$ ) y punta Galera ( $40^{\circ}00'S$ ).

La dinámica espacial relacionada con eventos activos de surgencia fue verificada, tanto por el análisis de secciones oceanográficas (*i.g.*, ascenso hacia la costa de las isotermas de 11 y  $12^{\circ}S$ , y de las isopicnas de 26,4 y  $26,6 \sigma_t$ ), así como por la interpretación sinóptica de la temperatura superficial del mar a través de la serie de tiempo de imágenes satelitales de alta resolución. Al sur de los  $38^{\circ}S$  se observó una disminución de los valores superficiales de salinidad, debido a la influencia local de mezcla de las ASAA con aguas de origen continental. En el sector estudiado se distinguió el dominio de dos masas de agua: Agua Subantártica (ASAA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS).



La distribución superficial de la clorofila-a evidenció valores que fluctuaron entre los 0,5 y 8 mg/ m<sup>-3</sup>. Los valores máximos de clorofila-a superficial fueron detectados en las estaciones correspondientes al Golfo de Arauco; así como valores comparativamente altos fueron descritos en forma adyacente a focos locales de surgencia inducido por salientes topográficas.

Se realizaron un total de 52 lances de pesca con red de mediagua, obteniéndose en 27 de ellos (52%) capturas de anchoveta y en 32 (62%) sardina común. Los tamaños de anchoveta fluctuaron entre los 4,5 y 17,0 cm con una distribución de frecuencia de longitud esencialmente unimodal, con un grupo principal de adultos situado en 13,0 cm con presencia de pequeños picos a tallas menores. El porcentaje de reclutas fue de 71 % en número. La longitud promedio para los reclutas fue de 10,8 cm y para el total de los ejemplares 12,7 cm. El peso promedio de los reclutas fue de 5,2 g y del total de ejemplares de 8,6 gramos.

Los tamaños de sardina común fluctuaron entre los 4,0 y 16 cm, con una distribución de frecuencia de longitud unimodal, con un grupo principal de reclutas situado en 8,5 cm y uno secundario en 5,5 cm. El peso promedio de los reclutas fue de 4,8 g y del total de ejemplares de 4,9 g. El porcentaje de reclutas en número fue de 93 %.

Respecto a la proporción sexual de anchoveta las hembras contribuyeron con un 49,2 %, las que presentaron su mayor ocurrencia en las tallas 11,0, 13,5 y 15,5 cm, en los rangos de talla intermedia hubo un marcado predominio de machos. El 40,2 % de los ejemplares muestreados se catalogó como indeterminado, de la fracción restante que corresponde a ejemplares con sexo identificado el 82 % se encontraban en estado 2, el 17,8 % en estado 3 y el 0,1 en estado 5.

Los ejemplares de sardina alcanzaron un 95 % de indeterminados; las hembras registraron un 47 % del total de ejemplares con sexo identificado. Con respecto a la madurez sexual en la totalidad del área de estudio se observó un 95 % de ejemplares indeterminados, el 5 % restante correspondiente a machos y hembras se encontraba en estado 2.



Las TSM que limitaron la distribución de sardina fluctuaron entre 10°C y 18°C con una clara preferencia por aguas de 14°C y 15°C; mientras que la salinidad varió en un rango de 33,0 a 34,4 psu, prefiriendo los 34,07 a 34,2 psu; los valores de las oxiclinas que limitaron a la especie variaron entre 0,01 y 9,0 ml/L, con un claro dominio del rango 4,5-7,5 ml/L. Por su parte, la anchoveta se localizó en el rango de temperaturas entre 10 y 18°C, con una gran preferencia por las temperaturas de 11, 14 y 15°C; salinidades entre los 33,0 y 34,4 psu, con una inclinación por el rango 33,9-34,1 psu; y en zonas de contenido intermedio de oxígeno, con un extenso rango de preferencia que varió entre 3,0 y 7,5 ml/L.



## II. INDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO -----	1
II. INDICE GENERAL -----	7
III. INDICE DE FIG.S Y TABLAS -----	11
IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO -----	21
A. Objetivo general -----	21
B. Objetivos específicos -----	21
V. ANTECEDENTES -----	23
VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO -----	27
1. Objetivo B.1 -----	27
1.1 Zona de estudio y plan de muestreo -----	27
1.2 Muestreo de las capturas obtenidas con lances a mediagua -----	27
1.2.1 Composición por talla -----	27
1.2.2 Composición por pesos -----	29
1.2.3 Expansión a la zona de estudio -----	30
1.2.4 Muestreo biológico -----	31
1.3 Estimación de la biomasa y abundancia de anchoveta y sardina común mediante el método acústico -----	37
1.3.1 Muestreo acústico -----	37
1.3.2 Calibración del sistema acústico -----	39
1.3.3 Identificación de especies -----	42
1.3.4 Procesamiento de la información acústica -----	44
1.3.5 Estimación de la biomasa -----	44
1.3.6 Indices de cobertura y abundancia relativa -----	59
1.4 Determinación de edad de sardina común y anchoveta -----	57
1.4.1 Lectura de otolitos -----	57
1.4.2 Estimador de la proporción y número a la edad -----	58
1.4.3 Estimador del número de peces por edad y su varianza $V(\hat{X}_i)$ -----	58
1.4.4 Coeficientes de variación e intervalos de confianza -----	59
1.5 Integración de la estimación hidroacústica del reclutamiento a los modelos de evaluación indirecta. -----	59



<b>2. Objetivo B.2.</b>	<b>59</b>
2.1 Distribución espacial de los recursos	59
2.2 Distribución espacial de la sardina común y anchoveta respecto a las variables hidrográficas y topográficas	60
2.2.1 Procesamiento de la información	60
2.2.2 Distribución geográfica de anchoveta y sardina común, a escala diaria, respecto a temperatura superficial del mar (TSM) y clorofila-a (Cloa), obtenidas mediante sensores remotos	62
<b>3. Objetivo 3.</b>	<b>62</b>
3.1 Area de estudio y diseño de muestreo	62
3.2 Análisis de las muestras y de la información oceanográfica y meteorológica	64
3.3 Análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar	65
3.4 Estructuras oceanográficas superficiales	66
<b>VII. RESULTADOS</b>	<b>67</b>
1. Condiciones hidrográficas asociadas a la distribución de los recursos (Objetivo específico B3)	67
1.1 Condiciones atmosféricas	67
1.1.1 Temperatura del aire, Presión atmosférica y Altura de olas	67
1.1.2 Dinámica de los vientos	68
1.2 Distribución horizontal de las variables oceanográficas	68
1.2.1 Temperatura	68
1.2.2 Salinidad	69
1.2.3 Densidad	70
1.2.4 Oxígeno disuelto	71
1.2.5 Clorofila-a	72
1.2.6 Distribución horizontal en el Golfo de Arauco	72
1.2.7 Análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)	73
1.3 Distribución vertical de las variables oceanográficas	75
1.3.1 Secciones oceanográficas	75
1.3.2 Perfiles verticales promedio	84
1.3.3 Estabilidad vertical	87
1.3.4 Profundidad base de la termoclina (PBT), profundidad de la capa de mezcla (PCM) y profundidad del mínimo de oxígeno (PMO).	88
1.3.5 Distribución espacial superficial medida con EPCS	89
1.3.6 Diagramas TS	90





2.	Biología pesquera. -----	91
2.1	Resultados de los lances de pesca. -----	91
2.2	Determinación de la estructura de tamaños de anchoveta. -----	92
2.3	Determinación de la estructura de tamaños de sardina común. -----	93
2.4	Determinación de la proporción y madurez sexual de anchoveta. -----	94
2.5	Determinación de la proporción y madurez sexual de sardina común. -----	95
2.6	Comparación de las balanzas utilizadas -----	95
2.7	Determinación de los pesos medios de anchoveta. -----	96
2.8	Determinación de los pesos medios de sardina común. -----	96
2.9	Análisis estadístico de las subzonas mediante la Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG)-----	97
2.9.1	Anchoveta -----	98
2.9.2	Sardina común -----	98
3.	Estimación de la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción juvenil de anchoveta y sardina común que se incorporan en el período de máximo reclutamiento a la pesquería. -----	98
3.1	Calibración hidroacústica. -----	98
3.2	Calibración de la intensidad de blanco TS <i>in situ</i> de anchoveta y sardina común. -----	99
3.3.	Estimación de la biomasa -----	101
3.3.1	Anchoveta -----	102
3.3.2	Sardina común -----	102
3.4	Precisión de los estimados de biomasa -----	103
3.5	Determinación de edad de sardina común y anchoveta. -----	104
3.5.1	Elaboración de la clave edad-talla de anchoveta. -----	104
3.5.2	Elaboración de la clave edad-talla de Sardina común -----	104
3.5.3	Composición en número por grupo de edad -----	104
4.	Distribución espacial del reclutamiento de anchoveta y sardina común en el área de estudio (Objetivo B2) -----	105
4.1	Total de especies -----	105
4.2	Mote ( <i>Normanichthys crockeri</i> ) -----	105
4.3	Sardina Común ( <i>Strangomera bentincki</i> )-----	105
4.4	Anchoveta -----	107



5.	Distribución de la sardina común y anchoveta respecto a las variables hidrográficas y topográficas del fondo del mar.-----	108
5.1	Sardina común-----	108
5.2	Anchoveta-----	111
5.3	Distribución espacial de los recursos y su relación con la temperatura y clorofila "a" superficial recolectadas por satélite-----	114
5.3.1	Sardina común-----	114
5.3.2	Anchoveta-----	115
5.4	Señal latitudinal de los recursos y su relación con las variables oceanográficas-----	116
5.4.1	Sardina común-----	116
5.4.2	Anchoveta-----	117
<b>VIII.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS-----</b>	<b>119</b>
1.	Análisis comparativo de la hidrografía con cruceros anteriores de similar naturaleza-----	119
2.	Biología pesquera y relaciones longitud-peso.-----	123
2.1	Biología Pesquera-----	123
2.2	Modelos no lineales en el ajuste de la relación longitud-peso de anchoveta y sardina común.-----	124
3.	Distribución espacial de los recursos-----	126
4.	Estimados de biomasa de anchoveta sardina común y de la fracción reclutas y su precisión.-----	128
4.1	Sardina común-----	128
4.2	Anchoveta-----	129
5.	Integración de la estimación hidroacústica del reclutamiento a los modelos de evaluación indirecta-----	130
6.	Consideración final-----	132
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES-----</b>	<b>135</b>
<b>X.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----</b>	<b>141</b>

**FIGURAS**

**TABLAS**



### III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

#### FIGURAS

- Figura 1.** Zonación del área de estudio para analizar las distribuciones de frecuencia de tamaños de sardina común en las capturas de la flota artesanal e industrial.
- Figura 2.** Distribuciones de frecuencia de tamaños de sardina común por zonas (Fuente: INPESCA).
- Figura 3.** Distribuciones de frecuencia de tamaños de anchoveta por zonas (Fuente: INPESCA).
- Figura 4** Track de navegación, b) ubicación de los lances de pesca de media agua y c) estaciones oceanográficas. Crucero RECLAS 9912, diciembre 1999.
- Figura 5.** Series de tiempo de (a) temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) Presión atmosférica (bar) y (c) altura de olas.
- Figura 6.** Series de tiempo de (a) rapidez (m/s) , (b) componente este-oeste (m/s) y (c) componente norte-sur.
- Figura 7.** Rosa de vientos de ocho puntas para el período de estudio.
- Figura 8.** Carta de viento superficial (m/s) en cada una de las estaciones de muestreo.
- Figura 9** Distribución de temperatura del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ): a) estrato de 5 m; b) estrato de 25 m; c) estrato de 50 m y d) estrato de 100 m de profundidad.
- Figura 10.** Distribución de salinidad del mar (psu); a) estratos de 5; b) estrato de 25; c) estrato de 50m y d) estrato de 100 m de profundidad.
- Figura 11.** Distribución de densidad del mar ( $\sigma_t$ ): a) estrato de 5 m; b) estrato de 25 m); estrato de 50 m y d) estrato de 100m de profundidad.
- Figura 12.** Distribución de oxígeno disuelto (ml/l): a) estratos de 5 m; b) estrato de 25 m; c) estrato de 50 m y d) estrato 100 m de profundidad.
- Figura 13.** a) Relación bivariada entre la fluorescencia *in vivo* y la clorofila-a superficial ( $\text{mg m}^{-3}$ ), b) Distribución horizontal superficial de la clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ).
- Figura 14.** Distribución horizontal en el Golfo de Arauco. A) temperatura, b) salinidad y c) densidad.



- Figura 15.** Imágenes satelitales de alta resolución de temperatura superficial del mar para los días 4, 9, 10 y 11 de Enero del 2001.
- Figura 15.** (continuación) Imágenes satelitales de alta resolución de temperatura superficial del mar para los días 13, 14, 15 y 17 de Enero del 2001.
- Figura 15.** (continuación) Imágenes satelitales de alta resolución de temperatura superficial del mar para los días 20, 22, 28 y 31 de Enero del 2001.
- Figura 16.** Imagen promedio de la temperatura superficial del mar de todas las imágenes validadas en el periodo de estudio.
- Figura 17.** Evolución temporal de la cobertura areal para las isotermas de 10, 11, 12, 13 y 14 °C en el área de estudio.
- Figura 18.** Filamentos de surgencia determinados a partir de imágenes satelitales de TSM para el periodo y área de estudio.
- Figura 19.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg/m}^3$ ). Transecta 1.
- Figura 20.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg/m}^3$ ). Transecta 2.
- Figura 21.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) densidad ( $\sigma_t$ ) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 3.
- Figura 22.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg/m}^3$ ). Transecta 4.
- Figura 23.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg/m}^3$ ). Transecta 5.
- Figura 24.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 6.
- Figura 25.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg/m}^3$ ). Transecta 7.
- Figura 26.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg/m}^3$ ). Transecta 8.
- Figura 27.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg/m}^3$ ). Transecta 9.



- Figura 28.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Transecta 10.
- Figura 29.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu) y c) densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 11.
- Figura 30.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Transecta 12.
- Figura 31.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Transecta 13.
- Figura 32.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta longitudinal costera.
- Figura 33.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta longitudinal oceánica.
- Figura 33.** (Continuación) Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta longitudinal oceánica.
- Figura 34.** Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ) al interior del Golfo de Arauco. Transecta norte.
- Figura 34.** (Continuación) Distribución vertical de las variables: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y b) salinidad (psu), c) densidad ( $\sigma_t$ ) al interior del Golfo de Arauco. Transecta sur.
- Figura 35.** Perfiles verticales promedio de: (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ) para cada una de las transecta realizadas.
- Figura 35.** (Continuación) Perfiles verticales promedio de (d) oxígeno disuelto (ml/l) y (e) clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) para cada una de las transecta realizadas.
- Figura 36.** Perfiles verticales promedio de: (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), (d) oxígeno disuelto (ml/l) y (e) clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) para las transectas realizadas al interior del Golfo de Arauco.
- Figura 37.** Perfiles verticales de estabilidad ( $10^{-5}/\text{m}$ ) para las estaciones que componen la transecta 1.
- Figura 38.** Perfiles verticales de estabilidad ( $10^{-5}/\text{m}$ ) para las estaciones que componen la transecta 6.
- Figura 39.** Perfiles verticales de estabilidad ( $10^{-5}/\text{m}$ ) para las estaciones que componen la transecta 12.



- Figura 40.** Distribución horizontal superficial de la (a) Profundidad de la Capa de Mezcla (PCM), (b) Profundidad Base de termoclina (PBT) y (c) Profundidad del Mínimo de Oxígeno.
- Figura 41.** Distribución espacial de las transectas realizadas con el EPCS (Electronic Plankton Counting and Sizing System).
- Figura 42.** Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las transectas 1 a la 9.
- Figura 43.** Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las transectas 11 a la 19.
- Figura 44.** Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las transectas 20 a la 25.
- Figura 45.** Distribución horizontal superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las intertransectas situadas entre los 34°00'S y los 36°01'S.
- Figura 46.** Distribución horizontal superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las intertransectas situadas entre los 34°03'S y los 38°51'S.
- Figura 47.** Distribución horizontal superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las intertransectas situadas entre los 38°60'S y los 40°01'S.
- Figura 48.** Diagrama TS para las estaciones oceanográficas realizadas durante el crucero.
- Figura 49.** Distribución de frecuencias de longitud de anchoveta capturada con red de mediana, durante el crucero RECLAS 0101 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).
- Figura 50.** Distribución de frecuencias de longitud de anchoveta capturada con red de mediana, durante el crucero RECLAS 0101 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).
- Figura 51.** Distribución de frecuencias de longitud de anchoveta capturada con red de mediana, durante el crucero RECLAS 0101 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).
- Figura 52.** Distribución de frecuencias de longitud de anchoveta capturada con red de mediana, durante el crucero RECLAS 0101 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).
- Figura 53.** Frecuencia ponderada a la captura de anchoveta: A) en toneladas y B) en porcentajes.
- Figura 54.** Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de mediana, en el crucero RECLAS 0101 (fracción recluta  $\leq 11,5$  cm).
- Figura 55.** Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de mediana, en el crucero RECLAS 0101 (fracción recluta  $\leq 11,5$  cm).



- Figura 56.** Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de mediagua, en el crucero RECLAS 0101 (fracción recluta  $\leq 11,5$  cm).
- Figura 57.** Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de mediagua, en el crucero RECLAS 0101 (fracción recluta  $\leq 11,5$  cm).
- Figura 58.** Frecuencia ponderada a la captura de sardina común: A) en toneladas y B) en porcentaje.
- Figura 59.** Estados de madurez de anchoveta capturada en el crucero RECLAS 0101 por zonas de pesca, sexo y para el total de ejemplares muestreados.
- Figura 60.** I.G.S. de anchoveta y sardina común en el crucero RECLAS 0101.
- Figura 61.** Índice gonadosomático históricos en el Zona Centro-Sur desde 1997 a 2000 para A) anchoveta y B) sardina común.
- Figura 62.** Estados de madurez de sardina común capturada en el crucero RECLAS 0101 por zonas de pesca, sexo y para el total de ejemplares muestreados.
- Figura 63.** I.G.S. para sardina común desde 1999 a 2000 por zona de pesca.
- Figura 64.** Comparación de las mediciones de peso de anchoveta realizados con balanza de palanca y balanza digital.
- Figura 65.** Relaciones longitud-peso de anchoveta, por zonas de pesca y total zona de estudio.
- Figura 66.** Relaciones longitud-peso de anchoveta, por zonas de pesca y total zona de estudio.
- Figura 67.** Histogramas de intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 8, 10, 14 y 21). Crucero RECLAS 0101.
- Figura 68.** Histogramas de intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 25, 26, 31 y 34). Crucero RECLAS 0101.
- Figura 69.** Histogramas de intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 38, 40, 41 y 42). Crucero RECLAS 0101.
- Figura 70.** Histogramas de intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de sardina común (lances 6, 10, 26 y 28). Crucero RECLAS 0101.
- Figura 71.** Histogramas de intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de sardina común (lances 35, 37, 39 y 42). Crucero RECLAS 0101.



- Figura 72.** a) Relación funcional de la intensidad de blanco (TS) y b) relación funcional de intensidad de blanco por kilo (TS kilo) con respecto a la longitud (cm) de anchoveta. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 73.** a) Relación funcional de la intensidad de blanco (TS) y b) relación funcional de intensidad de blanco por kilo (TS kilo) con respecto a la longitud (cm) de sardina común. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 74a.** Biomasa y abundancia estimada de anchoveta por subzonas según el método de las tallas. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 74b.** Biomasa y abundancia estimada de anchoveta en la subzona Golfo de Arauco y Total según el método de las tallas. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 75a.** Biomasa y abundancia estimada de sardina común por subzona según el método de las tallas. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 75b.** Biomasa y abundancia estimada de sardina común total según el método de las tallas. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 76.** Distribución espacial del bacaladillo (mote) y total de especies. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 77.** Distribución espacial de sardina común y anchoveta. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 78.** Distribución batimétrica de marcas de sardina: (a) frecuencia de marcas por profundidad promedio y (b) Sa ponderados por frecuencias de marcas a la profundidad promedio.
- Figura 79.** Distribución batimétrica de marcas de anchoveta: (a) frecuencia de marcas por profundidad promedio y (b) Sa ponderados por frecuencias de marcas a la profundidad promedio.
- Figura 80.** Sa de sardina común y anchoveta respecto de la profundidad del fondo marino. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 81.** Distribución batimétrica de sardina común respecto a la gradiente de temperatura. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 82.** Distribución batimétrica de anchoveta respecto a la gradiente de temperatura. Crucero RECLAS 0101.
- Figura 83.** Distribución de los principales focos de sardina y anchoveta respecto de: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad (sigma-t).





- Figura 84.** Número de celdas de sardina común respecto de las variables ambientales: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ).
- Figura 85.** Número de celdas de anchoveta respecto de las variables ambientales: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ).
- Figura 86.** Ejemplos diarios de la distribución espacial y diaria de la TSM registrada por satélites NOAA de la repartición de las especies.
- Figura 87.** Número de celdas de sardina común respecto a la temperatura registrada por satélites.
- Figura 88.** Ejemplos diarios de la distribución espacial y diaria de la clorofila registrada por satélites Seawifs y de la repartición de las especies.
- Figura 89.** Número de celdas de sardina común respecto de la clorofila registrada por satélites: a) sardina y b) anchoveta.
- Figura 90.** Número de celdas de anchoveta respecto a la temperatura registrada por satélites.
- Figura 91.** Señal latitudinal de sardina común y su relación con: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad y c) clorofila ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).
- Figura 92.** Señal latitudinal de sardina común y su relación con: a) gradiente térmico ( $^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ ), b) gradiente salino (psu/mn) y c) gradiente de clorofila ( $\text{mg}/\text{m}^3/\text{mn}$ ).
- Figura 93.** Señal latitudinal de anchoveta y su relación con: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad y c) clorofila ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).
- Figura 94.** Señal latitudinal de anchoveta y su relación con: a) gradiente térmico ( $^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ ), b) gradiente salino (psu/mn) y c) gradiente de clorofila ( $\text{mg}/\text{m}^3/\text{mn}$ ).
- Figura 95.** Rango de distribución preferencial de la sardina respecto de: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ).
- Figura 96.** Rango de distribución preferencial de la anchoveta respecto de: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ).



## TABLAS

- Tabla 1.** Categorías por densidad
- Tabla 2.** Condiciones atmosféricas registradas durante el crucero de prospección. Se indica el promedio diario de las observaciones y su desviación estándar.
- Tabla 3.** Resumen de ocurrencia de ejemplares reclutas y composición de pesos y tallas promedio para los ejemplares de anchoveta durante el crucero RECLAS 0101.
- Tabla 4.** Resumen de ocurrencia de ejemplares reclutas y composición de pesos y tallas promedio para los ejemplares de sardina común durante el crucero RECLAS 0101.
- Tabla 5.** Resumen de operación por lance de pesca en el crucero RECLAS 0101.
- Tabla 6.** Pesos promedio (g) de anchoveta obtenidos por zona de pesca en el crucero RECLAS 0101 y comparación con crucero anterior. Parámetros **a** y **b** estimados de la relación ln – lineal.
- Tabla 7.** Pesos promedio (g) de sardina común obtenidos por zona de pesca en el crucero RECLAS 0101 y comparación con crucero anterior. Parámetros **a** y **b** estimados de la relación ln – lineal.
- Tabla 8a.** Estimación de parámetros de la relación longitud-peso para anchoveta, por zona de pesca y total de la zona de estudio. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 8b.** Estimación de parámetros de la relación longitud-peso para sardina común, por zona de pesca y total de la zona de estudio. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 9a.** Resultado del test **F** para anchoveta (San Antonio, Corral y Talcahuano), comparación entre dos regresiones
- Tabla 9b.** Resultado del test **F** para sardina común (San Antonio, Corral y Talcahuano),
- Tabla 10** Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de anchoveta, agrupadas por zona ( $H_0$  = igualdad entre zonas).
- Tabla 11.** Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de sardina, agrupadas por zona ( $H_0$  = igualdad entre zonas).
- Tabla 12.** Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de anchoveta, agrupadas por lance para cada subzona.



- Tabla 13.** Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de sardina, agrupadas por lance para cada subzona.
- Tabla 14.** Resultados de la calibración del sistema de eointegración. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 15.** 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.
- Tabla 16.** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de anchoveta, según el método de Hansen y Kish. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 17.** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de anchoveta, según el método Bootstrap. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 18.** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de anchoveta, según el método de las variables regionalizadas. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 19.** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de sardina, según el método de Hansen y Kish. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 20.** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de sardina, según el método Bootstrap. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 21.** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de sardina, según el método de las variables regionalizadas. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 22.** Varianza de la abundancia y biomasa de la sardina por talla, según el método utilizado. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 23.** Varianza de la abundancia y biomasa de la anchoveta por talla, según el método utilizado. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 24.** Clave talla-edad en las capturas de anchoveta. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 25.** Clave talla-edad en las capturas de sardina común. Crucero RECLAS 0101, B/I Abate Molina.
- Tabla 26.** Composición en número por grupo de edad en la captura de anchoveta. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 27.** Composición en número por grupo de edad en la captura de sardina común. Crucero RECLAS 0101.
- Tabla 28.** Número de pixeles e Índice de Ocupación (IOC) por especie, calificados por categorías. Crucero RECLAS 0101.



## IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO

---

### A. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar el reclutamiento de los recursos anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, a través de métodos acústicos.

### B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- B1. Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción juvenil de anchoveta y sardina común que se incorporan en el período de máximo reclutamiento a la pesquería, en los principales focos de abundancia.
- B2. Determinar la distribución espacio-temporal del reclutamiento de anchoveta y sardina común en el área de estudio.
- B3. Determinar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución del reclutamiento de anchoveta y sardina común en el área de estudio.



## V. ANTECEDENTES

Las pesquerías de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur son realizadas en forma conjunta por la flota cerquera artesanal e industrial, concentrándose sobre el 95 % de los desembarques en la V y VIII Regiones (Cubillos y Arancibia, 1993; SERNAPESCA, 1998).

En el periodo 1977-88 las capturas de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur se mantuvieron en niveles muy bajos, no superando las 40.000 t anuales por especie. A partir de 1988, se registró un significativo aumento que para el caso de la sardina común significó máximos históricos de desembarque en 1991 cercano a las 565.000 t, disminuyendo en 1992 y 1993 hasta 244.000 t, con un periodo de inestabilidad entre 1993 y 1995 y un nuevo incremento y estabilización en los desembarques en alrededor de 440.000 t en los años 1996 a 1998. En la pesquería en conjunto los máximos históricos se alcanzaron en 1999 con 1,6 millones de t, mientras que en el año 2000 se desembarcaron 408.000 t de anchoveta y 598.000 t de sardina común, respectivamente.

La característica principal de esta pesquería es su alta dependencia de los pulsos de reclutamiento, los cuales han presentado importantes fluctuaciones en los últimos años, especialmente en el caso de sardina común.

Estos recursos se caracterizan por presentar una distribución asociada con la intensidad de las surgencias costeras y en el caso de sardina común, con la variabilidad ambiental producto del aporte de aguas continentales provenientes de los grandes ríos de la región centro-sur de Chile, motivo por el cual el límite longitudinal de su distribución normalmente no supera las 30-40 millas náuticas desde la costa. (Serra, 1978; Aguayo y Soto, 1978; Arrizaga y Veloso, 1982; Yáñez *et al.*, 1990; Cubillos y Arancibia, 1993; Cubillos *et al.*, 1994).

Aún cuando ambas especies son consideradas como desovantes parciales durante todo el año, la máxima actividad reproductiva se presenta fundamentalmente en el segundo semestre,



iniciándose entre julio y agosto extendiéndose hasta enero (Serra *et al.*, 1978) (Cubillos y Arancibia, 1993; Cubillos *et al.*, 1994), pudiendo detectarse un máximo de densidad de estados larvales en el plancton entre septiembre y octubre (Sepúlveda, 1990). Al término del verano (febrero-marzo), ambos recursos exhiben un máximo secundario de actividad reproductiva y presencia de estados larvales en el plancton.

El reclutamiento a la pesquería de ambas especies se produce principalmente en los periodos de primavera-verano, centrándose entre diciembre de un año y febrero del año siguiente.

Varios antecedentes disponibles en la literatura formalmente publicada en informes finales de proyectos, sugieren que la época de reclutamiento de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur, ocurre entre los meses de noviembre y diciembre. Aunque la época de reclutamiento está bien definida en la escala temporal, la distribución espacial del reclutamiento está menos documentada y puede ser inferida a partir del análisis de distribución de frecuencias de tallas para una subdivisión arbitraria del área de estudio (Fig. 1).

En estas zonas, las distribuciones de frecuencia de tallas de sardina común, acumuladas en el período 1996-1998 para los meses de octubre a diciembre, sugieren que una fracción significativa de juveniles de tamaño modal centrado entre los 5 y 6 cm de longitud total ocurren entre noviembre y diciembre. Se observa también que al sur de los 37° de latitud sur, la presencia de juveniles de igual tamaño aumenta en diciembre (Fig. 2 y 3). En la anchoveta, los ejemplares con la longitud modal más pequeña se fortalecen entre octubre y noviembre, con una virtual ausencia en diciembre, pero incrementándose en enero.

En el caso de la sardina común, las distribuciones de frecuencia de tamaños en las zonas 4 y 5 no revelan una moda evidente de ejemplares juveniles menor a 10 cm en las capturas, situación que probablemente se debe a que las muestras provienen de la flota industrial (naves de más de 300 m<sup>3</sup> de CB) que no operan en zonas muy costeras donde se distribuyen los juveniles. No obstante, la presencia de juveniles se insinúa a partir de diciembre y en enero.



Se debe consignar que los resultados obtenidos en el mes de diciembre pueden estar afectados por la veda de reclutamiento de sardina común y anchoveta que rige desde 1996. En 1997 no hubo desembarques de sardina común y anchoveta, mientras que en 1998 estuvo restringido solamente a la primera semana del mes.

Los antecedentes de evaluaciones de la biomasa de estos recursos en la zona centro-sur son escasos y corresponden principalmente a estimaciones mediante métodos indirectos, disponiéndose solamente de dos evaluaciones acústicas realizadas en el marco de los proyectos FIP 95-08 y 99-13 en las primaveras de 1995 y 1999, respectivamente.

Los antecedentes recopilados en las evaluaciones acústicas de la biomasa de anchoveta y sardina realizados en las primaveras de 1996 y 1999, indican la sardina presentó una alta homogeneidad latitudinal en las estructuras de tallas, mientras que la anchoveta registró una tendencia a estratificarse latitudinalmente, con los de menor talla localizados hacia el norte de la zona de estudio e incrementándose hacia el sur.

De acuerdo con estos antecedentes, la hipótesis de trabajo es que el reclutamiento, particularmente para anchoveta tiene un sentido norte a sur, iniciándose en el sector norte a principios de la primavera y avanzando hacia el sur de los 37° S en noviembre, finalizando a fines de febrero hacia el sur del paralelo 39°S.

Las medidas adoptadas por la autoridad pesquera para el manejo de las pesquerías de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur han tendido a proteger los procesos de reclutamiento y a partir de 1998, del desove, mediante la aplicación de vedas en los períodos que se producen los picos de ambos procesos, vale decir en primavera-verano e invierno, respectivamente. De este modo se ha intentado permitir un mayor acceso de individuos juveniles al stock parental y la reducción de la mortalidad del stock en el período del desove. El nuevo régimen de administración pesquera, contempla el establecimiento a partir del 2001 de cuotas anuales de captura por especie.



## VI. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

---

**1. Objetivo B.1 Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción juvenil de anchoveta y sardina común que se incorporan en el periodo de máximo reclutamiento a la pesquería, en los principales focos de abundancia.**

### **1.1 Zona de estudio y plan de muestreo**

La zona de estudio se localizó entre el paralelo 34°S (sur de desembocadura del río Rapel) y punta Galera (40° S), entre la costa y el límite occidental de la plataforma continental, definida por el veril de 500 m (Fig. 4).

El crucero de evaluación se realizó a bordo del B/I "Abate Molina" entre el 3 y el 23 de enero de 2001.

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

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

En cada lance en que se capturó anchoveta o sardina común, 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 sub-muestra de ejemplares del lance.

#### **1.2.1 Composición por talla**

La composición por talla por estrato se obtuvo según:





### 1.2.1.1 Estimador de la composición en talla por estrato

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

donde:

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

#### Notación

- 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.

### 1.2.1.2 Estimador de la varianza de $p_{hk}$

$$\hat{V}(p_{hk}) = \left(\frac{1}{t_h} - \frac{1}{T_h}\right) \frac{1}{t_h - 1} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{X_h^2} (p_{hkl} - p_{hk})^2 +$$

$$+ \frac{1}{t_h} \frac{1}{T_h} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{X_h^2} \left(\frac{1}{n_{hl}} - \frac{1}{N_{hl}}\right) S_{hl}^2$$



donde:

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

$$S_{hl}^2 = \frac{1}{n_{hl} - 1} p_{hlk} (1 - p_{hlk})$$

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

## 1.2.2 +Composición por pesos

### 1.2.2.1 Pesos medios a la talla

El peso medio a la talla se obtuvo mediante la siguiente relación:

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

#### Notación

La notación es la misma que la presentada en el punto anterior, donde  $w$  representa el peso de cada ejemplar.

### 1.2.2.2 Estimador del peso medio a la talla por estrato:

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

donde:

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

### 1.2.2.3 Estimador para la Varianza de $\bar{w}_{hk}$

$$\hat{V}(\bar{w}_{hk}) = \left( \frac{1}{t_h} - \frac{1}{T_h} \right) \frac{1}{t_h - 1} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{x_h} (\bar{w}_{hkl} - \bar{w}_{hl})^2$$



$$+ \frac{1}{t_{hl} T_{hl}} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{x_h} \left( \frac{1}{n_{hl}} - \frac{1}{N_{hl}} \right) S_{hwl}^2$$

donde:

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

### 1.2.3 Expansión a la zona de estudio

#### 1.2.3.1 Composición por talla

##### a Estimador de la composición por talla

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

##### b. Estimador de la varianza $p_k$

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

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

#### 1.2.3.2 Composición en peso

##### a. Calibración de las balanzas utilizadas

A fin de determinar las diferencias entre las mediciones del peso de los pescados realizadas a bordo con balanzas de palanca respecto a balanzas electrónicas en laboratorio, posterior al crucero y en laboratorio en tierra, se efectuó un experimento de calibración instrumental, pesando con ambas balanzas los mismos pescados. Las balanzas de palanca y electrónica utilizadas tienen una precisión de 0,5 g y 0,1 g.



b. **Estimador del peso medio por talla**

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

c. **Estimador de la varianza  $w_k$**

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

**1.2.4 Muestreo biológico**

Se realizó a bordo, un muestreo biológico a los ejemplares de anchoveta y sardina común provenientes de los lances exitosos, midiéndose la longitud total, peso total, estado de madurez y sexo. En el caso de los individuos reclutas y dadas las dificultades para determinar macroscópicamente su estado de madurez y sexo a la mayoría de ellos sólo se les midió y pesó.

**1.2.4.1 Tamaño de la muestra**

Considerando el procedimiento establecido anteriormente, se muestreó a bordo del B/I Abate Molina los lances de pesca exitosos, determinando la captura total del lance, la composición específica y se realizó un muestreo biológico de las especies.

De la captura obtenida en cada lance exitoso se seleccionó 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. El 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, se realizó el análisis de los datos al nivel de los lances por zona de pesca: San Antonio, Talcahuano y Valdivia.



Para estimar la proporción sexual obtenidos tanto para anchoveta como de sardina común se utilizó la expresión:

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

donde:

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

#### 1.2.4.2 Relación longitud-peso

Para analizar la relación entre la longitud y el peso de la anchoveta y sardina común, se utilizaron dos procedimientos de ajuste, el primero corresponde al análisis de regresión lineal simple linearizado que se justifica por consistencia con la serie histórica de datos. Este modelo estima los parámetros de las curvas vía mínimos cuadrados ordinarios. Puesto que la variable peso se relaciona con la variable longitud a través de una relación potencial, para ajustar la regresión se utilizó una transformación logarítmica, el modelo corresponde a:

$$y = \beta_0 x^{\beta_1}$$

$$\log(y) = \log \beta_0 + \beta_1 \log(x)$$

donde  $y$  es el peso de los ejemplares, y  $x$  corresponde a la longitud de los individuos.  $\beta_0$  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, que en términos biológicos corresponde al índice o tasa de crecimiento relativo.

Los modelos se ajustaron por zona de pesca. Para conocer la significancia de las estimaciones se plantearon las hipótesis, entre zonas de pesca y entre los cruceros, de la siguiente forma:



$H_0$  :  $\beta_1$  es igual a  $\beta_2$

$H_1$  :  $\beta_1$  distinto a  $\beta_2$

Para verificar la existencia de diferencias significativas entre los modelos ajustados, se aplicó el test de comparación de múltiples regresiones mediante el análisis de covarianza y que utiliza el test F según (ZAR, 1974):

$$F = \frac{\left( \frac{SS_c - SS_p}{k - 1} \right)}{\frac{SS_p}{GL_p}}$$

Siendo:

- $SS_c$  = Suma de cuadrados común de todas las regresiones
- $SS_p$  = Suma de cuadrados residuales "pooled".
- $GL_p$  = Grados de libertad "pooled"
- $K$  = número de datos

Al detectarse diferencias entre todos los modelos ajustados, se compararon entre pares de regresiones mediante la siguiente expresión:

donde:

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

donde:

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

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



donde RSS1 y RSS2 corresponden a la suma residual de cuadrados de la regresión 1 y 2 respectivamente; RDF1 y RDF2 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).

El segundo procedimiento aplicado corresponde al ajuste mediante un método no lineal para determinar los parámetros de la relación Peso-Longitud, este procedimiento consiste en minimizar los errores residuales mediante una rutina iterativa que se inicia a partir de un valor inicial de  $\alpha$  y  $\beta$  provenientes de la ecuación. En este caso, el mejor ajuste de la relación longitud-peso se determinó en base a los coeficientes de determinación y al contraste entre los menores errores residuales.

**1.2.4.3 Dócima para comparar la igualdad simultánea de las distribuciones de tallas obtenidas en los diferentes muestreos (Dócima de Heterogeneidad Generalizada: DHG).**

Con el objeto de comparar las estructuras de tallas entre sí, se procedió a analizar una dócima basada en la distribución  $\chi^2$  (Zar, J. H., 1974; Mood, A. M., 1974). Se optó por esta dócima fundamentalmente, por la posibilidad de realizar una comparación múltiple de varias distribuciones en forma conjunta e incorporar una distribución referencial ponderada

La dócima para comparar la igualdad de la distribución o estructura de tallas obtenidas de los muestreos, con la distribución o estructura de tallas combinadas, puede ser planteada a partir de la siguiente hipótesis nula a probar:

**$H_0$ : La estructura de tallas de todos y cada uno de los muestreos es igual a la estructura de tallas combinadas,**

es decir:

$$H_0 : \hat{P}_{ki} = P_{pk} ;$$

para todo  $i = 1, 2, \dots, r$ . ;  $k = 1, 2, \dots, K$ .



Bajo esta premisa, un estimador de la distribución o estructura de tallas combinada está dado por la combinación lineal indicada en la expresión.

$$\hat{P}_{pk} = \sum_{i=1}^r \frac{X_i}{X_0} \hat{P}_{ki}$$

$$P_{ki} = \frac{n_{ki}}{n_i}$$

donde:

- $n_i$  : Muestra de ejemplares en el i-ésimo muestreo
- $n_{ki}$  : Ejemplares de talla "k" en el i-ésimo muestreo

$$X_0 = \sum_{i=1}^r X_i$$

Donde,

- $X_i$  : Captura en peso del i-ésimo muestreo realizado.
- $\hat{P}_{ki}$  : Proporción de ejemplares de talla k, estimado a partir del i-ésimo muestreo.
- $i$  : i-ésimo muestreo
- $i = 1, 2, \dots, r.$
- $k$  : clase de talla
- $k = 1, 2, \dots, K.$





Como se indicara la estadística de prueba a utilizar, se basa en la distribución  $\chi^2$  y está dada por la expresión:

$$X_i^2 = \sum_{k=1}^K \frac{[n_{ik} - n_i P_{pk}]^2}{n_i P_{pk}}$$

$$i = 1, 2, \dots, r$$

Estadística que se distribuye como una distribución  $X_{(K-1)}^2$

La estructura de la dócima de Heterogeneidad, en su versión generalizada está dada como sigue:

$$H_0 : P_{pk} = P_{pk};$$

para todo  $i$ ;

$$i = 1, 2, \dots, r.$$

$$H_1 : P_{ki} \neq P_{pk}$$

para todo  $i$ ;

$$i = 1, 2, \dots, r.$$

La estadística de prueba, que denominaremos, Estadística Resultante Generalizada de Heterogeneidad está dada por la relación siguiente:

$$X_{RH}^2 = \sum_{i=1}^r X_{i(k-1)}^2 - X_p^2$$



donde,

$$X_{RH}^2 \approx X_{(r-1)-(k-1)}^2$$

$$X_p^2 = \sum_{i=1}^r \frac{[n_k - n_k P_k]^2}{n_k P_k}$$

$$n_i = \sum_{k=1}^k n_{ik}$$

Como criterio de decisión respecto de la hipótesis nula  $H_0$ , esta es rechazada si el valor observado de  $\chi_{RH}^2 > \chi_{c(r-1)(k-1)}^2$  a un nivel de significación de 0.05.

### 1.3 Estimación de la biomasa y abundancia de anchoveta y sardina común mediante el método acústico.

#### 1.3.1 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 un gradiente de densidad en el sentido de las transectas.

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, permitieron la incorporación de 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.

El muestreo acústico se efectuó aplicando dos estrategias, en la primera se aplicó un diseño de prospección sistemático con 26 transectas paralelas entre sí y perpendiculares a la costa separadas por 15 mn y con una longitud variable en el sentido oriente-occidente determinada por los veriles de 25 y 500 m. La segunda tuvo por objeto delimitar los focos de abundancia y reducir al máximo el sesgo de orilla por lo que se aplicó en los sectores en que la distribución de los recursos sugería una alta asociación con la costa y consistió en aumentar la cobertura de muestreo mediante un barrido paralelo a la costa, con transectas a la menor distancia posible de ella (**Fig. 4**), llegándose hasta 0,4 mn. Un caso particular lo constituyó el sector comprendido desde las cercanías de Puerto Saavedra hasta el límite sur de la zona de estudio, donde se aplicaron transectas paralelas a la costa separadas entre sí por 1 mn y además grillas tipo cajón separadas por 5 mn. La estrategia aplicada permite mejorar sustantivamente el mapeo de los recursos y de los estimados de biomasa, especialmente en la aplicación de las variables regionalizadas.

Entre el límite norte de la zona de estudio y el paralelo 37°S, el muestreo acústico para la evaluación de los recursos se realizó durante el día, replicándose algunas transectas durante la noche. En este periodo la luna estaba en la fase llena a cuarto menguante, con la mitad del periodo con noches despejadas. Al sur del paralelo señalado, la prospección nocturna resultó mas adecuada para la evaluación de los recursos, en este periodo se presentaron noches oscuras con solo algunas horas de luminosidad lunar.

En el golfo de Arauco se intensificó el muestreo acústico, realizándose un recorrido con 5 transectas paralelas entre sí, separadas por 7,5 mn y una navegación exploratoria en sentido nor-oeste.

La información acústica relativa a las densidades de los peces 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 ecointegración con el navegador satelital GPS. Adicionalmente se midió y almacenó la profundidad del fondo del mar.



Los datos utilizados en la evaluación acústica fueron filtrados desde la información obtenida durante la prospección, teniendo como premisas que dichos datos se ajusten a un patrón de muestreo sistemático y que con ellos se pudiera construir de mejor manera los mapas de distribución de los recursos, especialmente en el caso del método de las variables regionalizadas.

### 1.3.2 Calibración del sistema acústico

#### 1.3.2.1 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  $\pm 0,1$  dB.

Con el objeto de minimizar el movimiento de la esfera en el proceso de calibración, ésta se ubicó en el haz acústico mediante tres líneas de nailon monofilamento, utilizándose carretes de cañas de pescar para variar y controlar la ubicación del blanco en el haz.

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

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

donde:

- $G_i$  = nueva ganancia del transductor
- $G_o$  = ganancia antigua
- $TS_m$  = intensidad de blanco medida (dB)
- $TS_b$  = 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).
- $\psi$  = ángulo equivalente del haz acústico (dB).
- $S_{a(t)}$  = salida teórica del econtegrador.
- $S_{a(m)}$  = salida medida del econtegrador.
- $\psi$  = ángulo equivalente del haz acústico

### 1.3.2.2 Medición del TS *in situ* de anchoveta y sardina común

Se recopilaron datos para determinar el TS *in situ* de anchoveta y sardina común durante los lances de pesca. En sectores en los que se estableció previamente la presencia de las especies objetivo mediante los lances de pesca, se realizaron experimentos nocturnos a bajas velocidades o con el barco detenido.

Los datos fueron recolectados ping a ping 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 típicamente una escala de 25 m, almacenándose en medios magnéticos. A fin de aumentar el filtraje de blancos resueltos del algoritmo de detección del EK-500, durante los



experimentos se ajustó el ángulo del haz en base a la talla promedio de los peces y a la profundidad de distribución de los ecos.

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

Posterior al crucero, los datos recolectados en cada experimento ó lance de pesca fueron procesados mediante el programa SONAR DATA, con el cual se analizaron y seleccionaron los TS correspondientes a las tallas modales de los peces.

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:

$$TS = 10 \log(\sigma/4\pi)$$

donde:

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



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 en número ( $C_n$ ) se calculó según:

$$C_n = (4\pi \times 10^{\frac{TS}{10}})^{-1}$$

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

$$C_b = \frac{(4\pi \times 10^{\frac{TS_{kg}}{10}})^{-1}}{1000}$$

### 1.3.3 Identificación de especies

La identificación de especies fue realizada mediante dos procedimientos, que en general se aplicaron consecutivamente, con una identificación preliminar con el método acústico, el que también se utilizó en los sectores en que no fue posible efectuar lances de pesca ó para discriminar otras especies como jurel, bacaladillo o merluza de cola y una corroboración con las capturas con lances de arrastre a media agua.

Se debe señalar que en atención al importante grado de mezcla de los recursos en estudio, se privilegió la identificación con lances de pesca.



### 1.3.3.1 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 expresión:

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

donde:

- $S_v$  = coeficiente volumétrico de dispersión de la agregación ó cardumen.
- $C1$  = constante de calibración electrónica del equipo. En el caso del EK 500 está incluida en la salida calibrada del ecoinTEGRADOR.
- $L$  = longitud de la agregación (m)
- $D$  = altura media de la señal remitida por la agregación (m).

### 1.3.3.2 Pescas de identificación

Con el objeto de validar la identificación efectuada mediante el método acústico y establecer el grado de mezcla interespecífico, en los sectores que las condiciones lo permitieron, se realizaron lances de pesca con una red de arrastre a media agua de 4 paneles de diseño ENGEL. Esta red es 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 cubrecopo 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 las capturas obtenidas en el crucero se determinaron 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 anchoveta y sardina común, 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 fue comparada con la identificación de las especies realizada mediante el método acústico.

Complementando a lo anterior, se dispuso de información proveniente de la flota pesquera que operó contemporáneamente y en la misma zona del crucero, la que se obtuvo en terreno y en algunos casos se dispuso de muestras para la estructura de tallas y muestreo biológico.

#### **1.3.4 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.

Posteriormente, la información fue filtrada, cuidando que los datos se ajustaran al muestreo sistemático, eliminando los remuestreos y asegurando que la información seleccionada permitiera construir los mapas de distribución que representaran de mejor modo a los recursos.

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

#### **1.3.5 Estimación de la biomasa**

##### **1.3.5.1 Estratificación de la estructura de tallas**

En atención a la estratificación latitudinal por tallas presentada por la anchoveta y al grado de agregación en focos de la sardina común, los estimados de biomasa y abundancia se realizaron considerando 5 subzonas para la anchoveta y 4 para la sardina común, según:



Anchoveta:

Subzona 1	34°00'S - 35°48,6'S
Subzona 2	35°48,6'S - 36°47'S
Subzona 3	37°27,4'S - 38°18,3'S
Subzona 4	38°18,3'S - 40°03,1'S
Subzona 5	36°42,6'S - 37°13,3'S (Golfo de Arauco).

Sardina Común:

Subzona 1	34°00'S - 35°48,6'S
Subzona 2	35°48,6'S - 36°47'S
Subzona 3	37°20'S - 40°03'S
Subzona 4	36°42,6'S - 37°13,3'S (Golfo de Arauco).

En cada subzona se agruparon los lances de pesca realizados, determinándose una estructura de tallas común, con la que se obtuvo el aporte por cada talla y el correspondiente peso, derivándose el TS y el coeficiente de ecointegración.

Las estratificaciones de las tallas por zonas o áreas de características similares se probaron mediante el método Dócima de Hipótesis Generalizada, el que compara mediante el  $\chi^2$ , (Conover, 1981) la homogeneidad en distribuciones de tallas.

### 1.3.5.2 Estimación de la biomasa total y fracción recluta

#### 1.3.5.2.1 Método tradicional

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

$$\hat{A} = a \hat{R} \hat{C}_n$$

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



donde:

- a = área de estudio (mn<sup>2</sup>)
- $\hat{R}$  = estimador de razón de densidad media por número de intervalos básicos de muestreo.
- $\hat{C}_b$  = coeficiente de eointegración en peso (t/mn<sup>2</sup>/Sa).
- $\hat{C}_n$  = coeficiente de eointegración en número (n/mn<sup>2</sup>/Sa).

Siendo la razón ( $\hat{R}$ ) correspondiente a las lecturas acústicas del eointegrador (Sa) por ESDU, calculándose según:

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

donde:

- n = número de transectas de la muestra
- x<sub>i</sub> = densidad de la transecta i-ésima.
- y<sub>i</sub> = número de ESDU (según la norma internacional), en la transecta i-ésima.

La lectura acústica del eointegrador por ESDU, entregado por el equipo, corresponde a la expresión:

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

donde:

- S<sub>a</sub> = lecturas del eointegrador por ESDU, en este caso se señala como la densidad (X<sub>i</sub>) para estimar la razón ( $\hat{R}$ ).
- S<sub>v</sub> = coeficiente volumétrico de dispersión (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>).
- R<sub>o</sub> = 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.  
 $TS_{kg}$  = intensidad de blanco por kg (dB/kg)  
TS = intensidad de blanco (dB)

### 1.3.5.2.2 Método de las variables regionalizadas (geoestadístico)

Este método considera que la biomasa depende de la geometría del área de distribución del recurso y estima su densidad (Z) sólo en dicha área (V) mediante la expresión (Petitgas, 1993):

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

$Z_v$  es un estimador de la media ponderada de las muestras, 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 obtiene como la media aritmética de los datos de Sa por intervalo básico de muestreo.

### 1.3.5.2.3 Método de las tallas

Al aplicar a las expresiones anteriores la estructura de tallas de las especies objetivo, obtenidas en los lances de pesca, se obtiene la biomasa y abundancia por tallas.

Este método distribuye las densidades acústicas expresada como la razón (R) ó  $Z_v$  de acuerdo a las estructuras de tallas determinada en cada subzona ponderada por las capturas en los lances y la relación TS-L.

De este modo la Abundancia ( $A_k$ ) en número por talla se calcula según:

$$A_k = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{Sa_j f_k}{4\pi f_j 10^{\frac{(a+b \log L_j)}{10}}}$$



Siendo:

$$f_k = \frac{\sum \left( \frac{C_k}{c_{mk}} \right) n_{jk}}{\sum \left( \frac{C_k}{c_{mk}} \right) N_k}$$

La biomasa en peso a la talla se calcula según:

$$B_{(w)} = A_k a_1 L_k^{b_1}$$

siendo:

- $A_k$  = número de ejemplares en la k-ésima talla
- $Sa_j$  = lectura acústica en la j-ésima ESDU
- $f_k$  = frecuencia de la talla k determinada desde los lances de reconocimiento o de la subzona.
- $T$  = total de tallas
- $a$  y  $b$  = parámetros de la relación TS-L
- $a_1$  y  $b_1$  = parámetros de relación peso-longitud
- $L_k$  = longitud de la k-ésima talla (cm)

### 1.3.5.3 Fracción recluta

La fracción en peso de los reclutas se calcula según:

$$\hat{B}_r = \sum_k^l \hat{B}_k$$

donde:

- $\hat{B}_r$  = biomasa en peso de los reclutas (t)
- $\hat{B}_k$  = biomasa a la talla k
- $l$  = talla de reclutamiento, 12 cm para anchoveta y 11,5 cm para sardina común.



La abundancia en número de los reclutas se calcula según:

$$A_r = \sum_k^l A_k$$

siendo:

$A_k$  = abundancia a la talla k (número de ejemplares)

l = talla de reclutamiento, 12 cm para anchoveta y 11,5 para sardina común.

#### 1.3.5.4 Estimación de la Varianza total

El estimador de varianza de la biomasa (B) o de la abundancia (A), dependiendo si el coeficiente de eointegración ( $C_b$ ) se expresa en número ó en peso, se describe según:

$$\hat{V}(\hat{B}_k) = a^2 \hat{V}_i(C_b, \hat{R})$$

al expandir,

$$\hat{V}(\hat{B}) = a^2 (C_b^2 \hat{V}(\hat{R}) + R^2 \hat{V}(\hat{C}_b) - \hat{V}(\hat{C}_b) \hat{V}(\hat{R}))$$

donde:  $\hat{V}(\hat{C}_b)$ , es la varianza de la constante de eointegración (en peso) (Miranda, 1999)

$$\hat{V}(\hat{C}_b) = \left[ \frac{2,302585 w_k}{4\pi 10^{\left(\frac{TS}{10} + 3\right)}} \right]^2 \left[ \frac{\hat{V}(\bar{w}_k)}{\bar{w}_k^2} + \frac{\hat{V}\left(\frac{TS}{10}\right)}{10^2} \right]$$

y,  $\hat{V}(\bar{w}_k)$  es la varianza del peso

$$\hat{V}(w_k) = \frac{1}{n_k} \frac{1}{n_k - 1} \sum_{i=1}^{n_k} [w_{ik} - \bar{w}]^2$$



- $n_k$  = número de datos observados en la talla  
 $w_{ik}$  = peso observado a la talla (promedio o mediana)  
 $w$  = peso estimado a la talla (promedio o mediana)

y,  $\hat{V}(\frac{TS}{10})$  es la varianza de la fuerza de blanco

$$\hat{V}(\frac{TS}{10}) = \frac{(\log(L_k))^2 \hat{V}(m) + \hat{V}(b) + 2(\log(L) Cov(m,b))}{10^2}$$

donde,  $\hat{V}(b)$  es la varianza del intercepto de la regresión TS-longitud

$$\hat{V}(b) = \sigma^2 \frac{\sum_{i=1}^n L_i^2}{n \sum_{i=1}^n [L_i - L]^2}$$

$\hat{V}(m)$ , es la varianza de la pendiente de la regresión TS –longitud

$$\hat{V}(m) = \sigma^2 \frac{1}{\sum_{i=1}^n [L_i - L]^2}$$

$Cov(b,m)$ , es la covarianza

$$Cov(b,m) = -\sigma^2 \frac{L}{\sum_{i=1}^n [L_i - L]^2}$$

$\sigma^2$ , es la varianza general de los residuos

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \frac{1}{(n-2)} \sum_{i=1}^n [TS_i - \hat{TS}_i]^2$$



donde,

$\bar{L}$  = longitud promedio o mediana

$L_i$  = longitud observada

$\hat{TS}_i$  = fuerza de blanco estimada por regresión TS - Longitud

$TS_i$  = fuerza de blanco observada

$n$  = número de datos observados

Para diseños sistemáticos como el aplicado en esta evaluación, donde se considera un único punto de arranque para la muestra, no es posible obtener un estimador de varianza de la razón que sea insesgado ni consistente, existiendo un amplio conjunto de estimadores aproximados que pueden ser usados con resultados razonablemente aceptables, particularmente cuando la población en estudio no presenta periodicidad respecto a la selección de la muestra sistemática. En este contexto, la varianza de la razón es estimada mediante los métodos de los conglomerados (Hansen *et al.*, 1954); estratos agrupados (Volter, 1985); bootstrap (Robotham y Castillo, 1990) y el de las variables regionalizadas.

#### 1.3.5.4.1 Conglomerado de tamaño desiguales (Hansen *et al.*, 1953)

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

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

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

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

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





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

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

**1.3.5.4.2 Estratos agrupados** ( Kirk M. Volter, 1985).

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

donde:

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

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

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

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

**1.3.5.4.3 Método bootstrap** ( Robotham y Castillo, 1990).

$$\hat{V}_2(\hat{R}) = \frac{1}{(G-1)} \sum_{i=1}^G (\hat{R}_i - \bar{\hat{R}})^2$$

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 biomasa  $\hat{B}$  ó abundancia ( $A$ ) se encuentra dado por el método Percentil Corregido (BC)

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

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

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

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.

#### 1.3.5.4.4 Método de las variables regionalizadas (geoestadístico)

Este método fue propuesto por Matheron (1971, *vide* Petitgas y Prampart, 1993) para datos geográficamente correlacionados mediante la ecuación:

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

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

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



$$\bar{\gamma}(S,V) = \frac{1}{n^2} \sum_u \sum_v \gamma(x_u - y_v)$$

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

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  $\sigma_v$  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  $\sigma_v$  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  $\bar{\gamma}(S,V)$ .

La estimación de la varianza se realizó mediante el software EVA (Petitgas y Prampart, 1993).

### 1.3.5.5 Varianza de la biomasa de la fracción recluta

#### 1.3.5.5.1 Varianza de la fracción recluta (en peso)

La varianza de la biomasa de reclutas se calculó según:

$$\hat{V}[\hat{B}_n] = \hat{B}^2 \hat{V}[\hat{P}_n] + \hat{P}_n^2 \hat{V}[\hat{B}] - \hat{V}[\hat{P}_n] \hat{V}[\hat{B}]$$



donde:

- $\hat{B}$  = biomasa total estimada de anchoveta (t)
- $P_{rl}$  = porcentaje de los reclutas
- $V(B)$  = varianza de la biomasa total
- $V(P_{rl})$  = varianza de la fracción de reclutas.

$V(P_{rl})$  está dada por:

$$\hat{V}[\hat{P}_{rl}] = \frac{1}{l_0} \frac{1}{y} [\hat{S}_{y(k \leq k_0)}^2 + \hat{P}_{rl}^2 \hat{S}_y^2 - 2 \hat{P}_{rl} \hat{S}_{yY(k \leq k_0)}]$$

donde:

La varianza de los pesos de reclutas es:

$$\hat{S}_{y(k \leq k_0)}^2 = \frac{1}{l_0 - 1} [\sum_{l=1}^{l_0} Y_{l(k \leq k_0)}^2 - l_0 \bar{Y}_{(k \leq k_0)}^2]$$

La varianza de los pesos por talla es:

$$\hat{S}_y^2 = \frac{1}{l_0 - 1} [\sum_{l=1}^{l_0} Y_l^2 - l_0 \bar{Y}^2]$$

La covarianza de los reclutas y peso total es:

$$\hat{S}_{yy(k \leq k_0)} = \frac{1}{l_0 - 1} [\sum_{l=1}^{l_0} Y_l Y_{l(k \leq k_0)} - l_0 \bar{Y} \bar{Y}_{(k \leq k_0)}]$$

donde:

- $l_0$  = número de lances
- $Y$  = peso de la anchoveta



### 1.3.5.5.2 Varianza de la abundancia de reclutas (en número)

La varianza de la abundancia (biomasa en número) se calcula según:

$$\hat{V}(\hat{B}_n) = \frac{\hat{B}^2}{w} \hat{V}(\bar{w}) + \left(\frac{1}{w}\right)^2 \hat{V}(\hat{B}) - \hat{V}(\hat{B}) \hat{V}\left(\frac{1}{w}\right)$$

donde:

$\hat{V}(\bar{w})$  = varianza del peso promedio obtenido en los lances de pesca de mediagua.

$\hat{V}(\hat{B})$  = varianza de la biomasa de la fracción reclutas.

### 1.3.5.6 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 utilizó 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 biomasa ó abundancia

$\hat{B}$  = biomasa ó abundancia

t = test de Student

$\alpha$  = nivel de significación.

Coeficiente de variación:

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



### 1.3.6 Índices de cobertura y abundancia relativa

Con el fin de establecer indicadores del grado de agregación relativo de las especies, se utilizaron los índices de Densidad y Cobertura (Castillo *et al.* 1986). El índice de cobertura 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:

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

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

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

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 de la j-ésima transecta
- C<sub>b</sub> = factor de eointegración (en peso).
- IC = índice de cobertura (%)
- ID = índice de densidad en t/mn<sup>2</sup>.

## 1.4 Determinación de edad de sardina común y anchoveta

### 1.4.1 Lectura de otolitos.

La lectura de los otolitos se realizó empleando un microscopio estereoscópico con aumento de 10X e iluminación incidente para la identificación de los anillos anuales de crecimiento.



La validación de la periodicidad de la formación de anillos fue realizada para sardina común por Aguayo y Soto (1978) y ratificada por Orrego (1993), y para anchoveta por Aguayo (1980).

La teoría de claves longitud - edad se basa en técnicas de muestreo doble (Kimura, 1977). La primera etapa considera un muestreo aleatorio simple para muestras de longitud. La segunda etapa considera un esquema de submuestreo de edad bajo un criterio de selección proporcional, criterio que genera estimadores más eficientes que el submuestreo de edad bajo criterio fijo.

#### 1.4.2 Estimador de la proporción y número a la edad

La proporción de peces por edad  $p_i$  y su varianza (Southward, 1976) se estiman por

$$P_i = \sum_j^L l_j q_{ij}$$

$$\hat{V}(p_i) = \sum_{j=1}^L \left( \frac{l_j^2 q_{ij} (1 - q_{ij})}{n_j} + \frac{l_j (q_{ij} - p_i)^2}{N} \right)$$

donde

- $l_j$  = Proporción de peces que pertenecen al estrato de longitud  $j$  (corresponde a la probabilidad "p" para estimar la composición de tallas)
- $N$  = Tamaño de la muestra de longitudes
- $n_j$  = Tamaño de la submuestra de edad en estrato de longitud  $j$
- $q_{ij}$  = Proporción de  $n_j$  peces clasificados en la clase edad  $i$
- $L$  = Número de estratos de longitud

#### 1.4.3 Estimador del número de peces por edad y su varianza $V(\hat{X}_i)$

$$\hat{X}_i = \hat{X} \hat{p}_i$$

$$\hat{V}(\hat{X}_i) = p_i^2 \hat{V}(\hat{X}) + \hat{X}^2 \hat{V}(p_i) - \hat{V}(\hat{X}) \hat{V}(p_i)$$



donde

$\hat{X}$  : Número total de peces estimados en la captura

#### 1.4.4 Coeficientes de variación e intervalos de confianza

Los coeficientes de variación se calculan según:

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

donde:

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

Los intervalos de confianza se obtienen, como

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

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

## 2. Objetivo B.2. Determinar la distribución espacio-temporal del reclutamiento de anchoveta y sardina común en el área de estudio.

### 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 Distribución espacial de la sardina común y anchoveta respecto a las variables hidrográficas y topográficas.**

Se efectúa un análisis espacial de la distribución y abundancia de los recursos anchoveta y sardina común a partir de la información generada en el crucero de prospección. La información considera la prospección acústica y su correspondiente valor de densidad de los recursos y las variables bio-oceanográficas: temperatura (°C) y salinidad (psu), información proveniente del sistema EPCS y oxígeno (ml/L) y densidad (sigma-t) que provienen de las estaciones bio-oceanográficas.

### **2.2.1 Procesamiento de la información**

Se generaron, para cada variable, archivos vectoriales compatibles con los Sistemas de Información Geográfico IDRISI for Windows (Eastman, 1995) y TNTmips (Microimages, 1997). Para realizar una descripción espacial y temporal de las variables acústicas y bio-oceanográficas se configuraron imágenes de cada una de dichas variables.



La generación de imágenes implicó realizar previamente la georreferenciación de la costa y de la zona de estudio. Luego se crearon los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplaron, para cada variable, la georreferencia con sus respectivos datos. Posteriormente se realizaron las interpolaciones, a través del método de Kriging, de dichos vectores.

Con el propósito de relacionar y sobreponer 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 que tuvieran similar cantidad de filas y columnas, esto se realizó a través del módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera se crearon imágenes en rasters de 180 columnas (sentido E-O) y 360 filas (sentido N-S)

Por último, para facilitar el análisis visual, las imágenes fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asociaron a diferentes colores. Para ello se utilizaron dos módulos: **a)** módulo HISTOGRAM, que permitió conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y **b)** módulo RECLASS, que permitió reclasificar los valores de las celdas de una imagen.

Para establecer las relaciones entre las variables, se realizó un análisis entre la distribución de las especies y de las variables bio-oceanográficas, para tal efecto se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de la especie con respecto a las variables bio-oceanográficas (temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila-a). Con esto se determinaron rangos óptimos de preferencia de la especie en relación dichos parámetros.

Con el propósito de contrastar la hipótesis de que la distribución y abundancia de los recursos se encuentra asociada a la distribución de variables bio-oceanográficas. Se estimó la señal latitudinal de las variables oceanográficas, para tal efecto se estableció una grilla con una resolución de 1 mn latitudinalmente y de 6 mn en el sentido longitudinal. Asimismo se estimaron los gradientes de las variables oceanográficas, para tal efecto se estableció una grilla con una cuadrícula de 1 mn latitudinal y 2 mn longitudinal, donde el gradiente es la diferencia entre cuadrículas vecinas.



### **2.2.2 Distribución geográfica de anchoveta y sardina común, a escala diaria, respecto a temperatura superficial del mar (TSM) y clorofila-a (Cloa), obtenidas mediante sensores remotos**

Las imágenes de TSM y Cloa, provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo de satélites NOAA y de clorofila, registradas por satélites SEAWIFS, procesadas y analizadas según procedimiento que se describe en el punto 3.3, fueron contrastadas con la distribución geográfica diaria de abundancia para ambas especies obtenidas mediante las lecturas acústicas.

Para tal efecto, se confeccionaron ejemplos diarios de ubicación de las especies respecto de las variables oceanográficas y se calcularon los rangos en las cuales dichas especies se distribuyeron en estos días.

### **3. Objetivo B3. Determinar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución del reclutamiento de anchoveta y sardina común en el área de estudio.**

#### **3.1 Area de estudio y diseño de muestreo**

La evaluación de las condiciones oceanográficas se efectuó por medio de un muestreo sistemático sobre estaciones oceanográficas dispuestas sobre el "track" hidroacústico. Este diseño involucró la ejecución de 13 transectos con estaciones oceanográficas, dispuestos en forma perpendicular a la línea de costa (transectas impares del "track" hidroacústico), distanciados latitudinalmente por 30 mn.

En el muestreo sistemático para oceanografía, las transectas estuvieron compuestas por un mínimo de 3 y un máximo de 5 estaciones de muestreo, dependiendo de la extensión longitudinal del veril de los 500 m de profundidad. Dependiendo de la disposición longitudinal del límite oeste de las transectas, las estaciones se situaron a 1, 5, 10, 20 y 40 mn desde la costa (Fig. 4). En cada una de las estaciones oceanográficas se obtuvo registros verticales continuos de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia, hasta una profundidad máxima de 500 m ó de



5-10 m sobre el fondo de ecosonda para las estaciones someras. Para el registro vertical de estas variables se utilizó una sonda oceanográfica CTD Neil Brown, Modelo Mark III y un fluorómetro Sea-Tech, conectado a un sistema de muestreo automático tipo roseta General Oceanics, provista de 12 botellas Niskin de 5 l de capacidad cada una.

En cada estación de muestreo se recolectó agua de mar, a las profundidades de 0, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400 y 500 m, dependiendo de la profundidad de ecosonda, para cuantificar la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua. Parte de estas muestras de agua de mar se utilizaron para la estimación de la biomasa fitoplanctónica (clorofila-a) por el método de fluorescencia extractiva (Parsons *et al.*, 1984), con el propósito de usar esta información como contramuestra para la transformación de las lecturas verticales de fluorescencia. Debido a problemas en el sensor vertical de fluorescencia detectados durante el crucero, a partir de la estación 22, la evaluación vertical de la clorofila-a se realizó desde perfiles discretos (profundidades de 0, 5, 10, 25, 50 y 100 m), analizando el agua recolectada en cada estación por el método de fluorescencia extractiva.

Debido a las malas condiciones ambientales imperantes en algunas estaciones de muestreo, cuando no pudo ser utilizado el sistema de roseta por razones operativas y de seguridad, se realizaron lances oceanográficos con un CTD Marca ALEC, obteniéndose registros continuos de temperatura y salinidad. En estas estaciones no se obtuvo información de concentración de oxígeno disuelto y clorofila-a, esta información fue comparada y validada con las obtenidas con el CTD Neil Brown.

Durante la navegación se registró en forma continua (cada 5 minutos) y superficial (ca., 2,5 m de profundidad) la variabilidad de las variables temperatura, salinidad y fluorescencia utilizando un sistema de muestreo horizontal (Electronic Plankton Counting and Sizing System, EPCS), con el propósito de delimitar de mejor manera estructuras espaciales de interés (e.g., regiones frontogénicas).

La información meteorológica se registró a bordo del buque, con una frecuencia horaria, para las variables altura y dirección de olas, dirección e intensidad del viento, temperatura del aire y presión



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

Las mediciones se realizaron mediante los equipos disponibles del Abate Molina: Barógrafo ISUZU Modelo BR-1513, Barómetro aneroirde con sistema de fijación mediante resortes para evitar ser afectado por vibraciones, con un rango entre 940 a 1.045 mB, precisión  $\pm 2$  mB, utilizado para la medición de la presión atmosférica, ubicado en el puente de mando. Psicrometro rango  $+ 1$  C, ubicado en la cubierta del puente de mando por la banda de estribor. El Termometro de aire tiene un rango  $\pm 0,1$  C y se encuentra ubicado en el puente a popa. El anemómetro remoto posee un rango  $\pm 0,1$  nudo y su sensor está ubicado en el extremo superior del mástil. La altura y dirección de las olas fueron evaluadas según apreciación del piloto de guardia, de acuerdo a la escala Beaufort.

### 3.2 Análisis de las muestras y de la información oceanográfica y meteorológica

La salinidad se determinó por medio de un salinómetro de inducción marca BECKMAN RS7C. La concentración de oxígeno disuelto por el método de Winkler (Parsons *et al.*, 1984). La cuantificación de la clorofila-a, se realizó por medio de la técnica de fluorescencia extractiva descrita en Parsons *et al.* (1984), para el método con y sin acidificación.

El cálculo de la densidad fue realizado utilizando la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (Millero & Poisson, 1981, UNESCO, 1981a, 1981b).

La estabilidad hidrostática ( $\times 10^{-8} \text{ m}^{-1}$ ) fue calculada utilizando la expresión:

$$E = -\frac{1}{\rho} (\Delta \sigma_t / \Delta z)$$

donde  $\rho$  (s, t, p) es la densidad *in situ*,  $\sigma_t$  la densidad a presión atmosférica y z es la profundidad (Pond & Pickard, 1983).



A partir de la información validada, se confeccionaron mapas de distribución de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y densidad, a nivel de superficie, y a las profundidades de 25, 50 y 100 m de profundidad. Además, se confeccionó una carta geográfica horizontal superficial con los valores de clorofila-a registrados en el crucero, y de estructuras verticales, e.g., profundidad de la capa de mezcla (PCM), la profundidad base de la termoclina (PBT) y la profundidad de la capa mínima de oxígeno (PMO). Para el cálculo de la PCM se siguió la metodología descrita en Kara (2000).

El análisis vertical de las variables oceanográficas medidas, se realizó a través de: a) secciones oceanográficas para cada una de las variables y en cada una de las 13 transectas realizadas y, b) perfiles verticales promediados entre todas las estaciones que comprendieron cada una de las transectas.

Las masas de agua presentes en la zona de prospección fueron determinadas a través de la confección de diagramas TS.

### 3.3 Análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar

Para el período comprendido en el crucero de prospección, se recepciónó, procesó y analizó imágenes satelitales de alta resolución de la temperatura superficial del mar (TSM), provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo del satélite NOAA-14 (1,1 x 1,1 km), las cuales fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente graficadas y georeferenciadas, obteniendo finalmente los valores de TSM para la región costera y oceánica de Chile centro-sur. Las imágenes fueron recepciónadas en el Instituto de Investigación Pesquera mediante el equipo Smart Track y procesadas con el programa de procesamiento digital ERDAS Imagine versión 8.0. La disponibilidad de imágenes de TSM fue condicionada por la nubosidad presente en el área de interés, contándose con un conjunto de 9 imágenes diarias (04, 09, 10, 11, 13, 14, 15, 17, y 22 de Enero de 2001), de un total de 15 imágenes disponibles, eliminando aquellas cuya cobertura de nubes fue superior a un 25% del total del área de estudio; no obstante se integró también, con propósitos comparativos, las imágenes del día 28 y 31 de enero, que exceden el período del crucero. Sobre estas imágenes, se realizó un análisis cartográfico, con el propósito de reconocer



estructuras espaciales de interés (e.g., focos locales de surgencia costera y filamentos de surgencia). Además, se elaboró una imagen promedio de las 9 disponibles, utilizando un promedio de los píxeles de cada una de las imágenes, considerando sólo aquellos cuyos valores de temperatura son mayores al valor 0 (cero) asignado a las nubes, situación que en un promedio simple no es considerada (modelo en módulo Spatial Modeler, software ERDAS Imagine versión 8.0). Una vez elaborada la imagen promedio, se aplicó un filtro de mediana (5x5) con el propósito de eliminar el ruido y facilitar la interpretación de la imagen resultante.

### 3.4 Estructuras oceanográficas superficiales

Con el objeto de evaluar sinópticamente los focos de surgencia costera reconocidos durante el período de muestreo, se calculó la cobertura areal de las isotermas de 10, 11, 12, 13 y 14 °C, además del número, extensión y dirección predominante de diferentes filamentos de surgencia detectados durante el período de estudio, utilizando como plataforma de trabajo el sistema de información geográfico (SIG) ArcView para PC. Las isotermas citadas han sido identificadas como la expresión espacial superficial de la evolución de eventos de surgencia activa en el sector costero de Chile centro-sur (Arcos *et al.*, 1987; Cáceres & Arcos, 1991; Cáceres, 1992; Arcos *et al.*, 1996), y han sido discutidas y/o utilizadas por Strub *et al.* (1998), Castro *et al.* (1997), Castro *et al.* (2000) y Sobarzo *et al.* (2001) para el período primaveral-estival en la región centro-sur de Chile. Lo anterior también es consistente con información no publicada del Programa Sinóptico de Pesca del Instituto de Investigación Pesquera en relación al análisis espacio-temporal de imágenes diarias de TSM de alta resolución, para el período 1997-2001 en Chile centro-sur.

Además en cada imagen en ArcView se identificaron filamentos de surgencia, a partir de la isóbata de 200 m (Ullman & Cornillon, 1999), determinándose su punto final y su extensión.



## VII. RESULTADOS

### 1. Condiciones hidrográficas asociadas a la distribución de los recursos (Objetivo específico B3).

#### 1.1 Condiciones atmosféricas

Los valores de las variables meteorológicas medidas en este estudio, *i.e.*, temperatura del aire, presión atmosférica, altura y dirección de olas, intensidad y dirección del viento, son resumidos en la **Tabla 2** a la forma de promedios diarios para cada variable.

##### 1.1.1 Temperatura del aire, Presión atmosférica y Altura de olas

La temperatura superficial del aire fluctuó en un amplio rango, entre los 10,7 y los 22,8°C ( $15,67 \pm 2,19$  °C,  $n=468$ ); con temperaturas promedio diarias mayores a los 17 °C asociadas a la región norte, evaluada entre los días 4 – 8 de enero de 2001. La **Fig. 5a** muestra la variación temporal de los promedios diarios de la temperatura superficial del aire para el período de estudio, notándose un decremento de los valores entre el inicio de la serie y el 20 de enero, para luego volver a incrementar en los días de evaluación del extremo sur del área de prospección.

La presión atmosférica reveló un rango de variación entre los 1013,5 y 1028 mb, con un valor promedio de  $1020,2 \pm 2,92$  mb,  $n=468$ ). La **Fig. 5b** muestra el comportamiento temporal de la serie de presión atmosférica registrada durante el crucero, evidenciando dos conspicuos máximos de altas presiones ( $>1026$  mb) los días 10 y 18 de enero de 2000 y una baja el día 6 de enero que sobrepasó los 1015 mb.

La **Fig. 5c** presenta la fluctuación temporal de la altura de las olas para todo el crucero. Esta variable fluctuó entre los 0,0 y 6,0 m ( $1,92 \pm 1,04$  m,  $n=432$ ), con un leve incremento hacia el sur del área de prospección.





### 1.1.2 Dinámica de los vientos

Las Fig. 6 (a,b,c) muestran la evolución temporal de la velocidad del viento durante el crucero, considerando también las componentes E-W y N-S. La velocidad del viento fluctuó entre períodos de calma y los  $4,1 \text{ m s}^{-1}$  con un valor promedio de  $2,12 \pm 0,83 \text{ m s}^{-1}$ , presentando las mayores intensidades en el sector central y centro-sur del área de estudio, específicamente entre los días 10-12 y 14-19, siendo coincidente con una mayor expresión del proceso de surgencia costera en esta región del área de estudio. De hecho, las Fig. 6 b,c evidencian la mayor importancia del componente N-S en el área de prospección, con un claro predominio de los vientos desde los cuadrantes sur en el período intermedio del crucero, lo que es consistente con el análisis de frecuencia por cuadrantes (rosa de vientos de ocho puntas) que revela casi un 75% de la información vinculada con vientos del cuadrante sur (Fig. 7).

Por último, la Fig. 8 muestra la evolución espacial de la rapidez y dirección del viento en el área de estudio evidenciando que, en gran parte, se observaron vientos centrado en los  $2 \text{ m s}^{-1}$  y fluyendo hacia el norte, lo que es particularmente válido hacia el sur de los  $36^{\circ}30'S$ . Sólo en área comprendida entre Constitución y las cercanías del río Itata presentaron vientos de baja intensidad fluyendo hacia el NE, NW, N y W.

## 1.2 Distribución horizontal de las variables oceanográficas

### 1.2.1 Temperatura

La Fig. 9a muestra la distribución espacial de la temperatura del mar en el estrato de 5 m de profundidad, observándose mayores temperaturas superficiales ( $> 15^{\circ}\text{C}$ ) al norte de los  $36^{\circ}30'S$ , situación que se asocia a la penetración de una lengua de agua cálida ( $> 16^{\circ}\text{C}$ ) desde el océano hasta alcanzar la zona costera entre los  $35^{\circ}20'$  y los  $36^{\circ}30'S$ .

En toda el área de estudio, aunque más evidentes hacia el sur de los  $37^{\circ}\text{S}$ , se detectó la presencia de gradientes laterales (costa-océano) de la temperatura superficial. Al norte de los  $35^{\circ}30'S$  se observó un gradiente térmico de aproximadamente  $2^{\circ}\text{C}$  en 25 mn, que fue comparativamente menor al gradiente descrito para la región sur, notándose claramente la



presencia de aguas más frías ( $< 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en la región costera ( $< 20\text{ mn}$ ), situación asociada a focos locales de surgencia costera, los que se expresan principalmente vinculadas a puntas y/o salientes topográficas como punta Nugurne ( $35^{\circ}58'S$ ), punta Tumbes ( $36^{\circ}43'S$ ), punta Lavapié ( $37^{\circ}08'S$ ), punta Morguilla ( $37^{\circ}43'S$ ) y punta Galera ( $40^{\circ}00'S$ ).

La distribución térmica horizontal a los 25 m de profundidad (Fig. 9b) muestra un comportamiento espacial similar al descrito para la temperatura superficial, no obstante la región norte del área de estudio presenta una distribución homoterma, quedando bien caracterizada por la isoterma de  $12^{\circ}\text{C}$ . Al sur de los  $37^{\circ}\text{S}$ , se destaca con mayor claridad el gradiente lateral costa-océano ( $2\text{-}3^{\circ}\text{C}$  en  $20\text{-}30\text{ mn}$ ), con aguas más frías asociadas al sector costero ( $< 10\text{ mn}$ ), alcanzando temperaturas menores a  $10^{\circ}\text{C}$  desde puerto Saavedra hacia el extremo sur del área prospectada.

Por el contrario, en los estratos de 50 y 100 m de profundidad, en la mayor parte de las estaciones, situados bajo la termoclina, la distribución horizontal de la temperatura (Fig. 9c y 9d) reveló un comportamiento homoterma, sin gradientes latitudinales ni longitudinales evidentes, quedando bien caracterizada por la isoterma de  $11\text{ }^{\circ}\text{C}$  y de  $10^{\circ}\text{C}$  al sur de los  $38^{\circ}\text{S}$ .

### 1.2.2 Salinidad

En el estrato de 5 m de profundidad se observó una clara variación clinal de la salinidad (Fig. 10a), con la presencia de aguas más salinas ( $34,2\text{-}34,4\text{ psu}$ ) al norte de los  $36^{\circ}30'S$  y aguas comparativamente menos salinas ( $33,4\text{-}34,2\text{ psu}$ ) en la región sur. Al igual que lo expresado para la temperatura, la salinidad evidenció importantes gradientes laterales (positivos a la costa) principalmente al sur de los  $37^{\circ}\text{S}$ , revelando una delgada franja costera ( $5\text{-}10\text{ mn}$ ) de aguas más salinas, principalmente entre punta Lavapié y Tirúa, situación que puede ser explicada por la presencia de focos locales de surgencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) hacia la superficie, en antagonismo con el aporte de aguas continentales fundamentalmente en el sector sur del área de estudio.

La situación a los 25 m de profundidad fue similar al patrón espacial descrito para el estrato superficial, no obstante los gradientes laterales se intensifican en toda la región de estudio,



revelando claramente aguas más salinas en la zona costera ( $< 20$  mn), las que alcanzan los 34.5 psu al norte de punta Lavapié, isohalina ausente en el estrato superficial. Al sur de los  $37^{\circ}\text{S}$ , se observó un gradiente lateral mayor que en la región norte, debido a la presencia de aguas menos salinas en el sector oceánico ( $> 20$  mn) de esta región y aguas más salinas ( $> 34.3$  psu) en una estrecha banda costera situada entre punta Lavapié y puerto Saavedra. Entre los  $39^{\circ}$  y los  $40^{\circ}\text{S}$  se detectó los mayores gradientes laterales de salinidad ( $0,7$  psu/20 mn) debido a la presencia de salinidades mayores a 34.5 en la zona costera (**Fig. 10b**).

En el estrato de 50 m se aprecia un patrón horizontal similar al reseñado para el nivel de 25 m; no obstante, las aguas con salinidades mayores a 34,5 psu, restringidas a la zona costera en el estrato anterior, se extienden abarcando el sector costero e intermedio (hasta las 25 mn) de la región norte (**Fig. 10c**). En la región sur, los claros gradientes costa-océano descritos para los 25 m de profundidad, disminuyen su intensidad debido principalmente a la ausencia de aguas con salinidades menores a 33,9 psu en el sector oceánico, así como en el sector costero dominan aguas más salinas ( $> 34,4$  psu). El estrato de 100 m de profundidad presentó una distribución homogénea en la región norte, dominada por la isohalina de 34,6 psu, en tanto que al sur de los  $38^{\circ}\text{S}$ , se observa un leve gradiente clinal hasta alcanzar salinidades menores a 34,3 psu en el extremo austral del área prospectada (**Fig. 10d**).

### 1.2.3 Densidad

El campo horizontal superficial de densidad, al igual que la temperatura, evidenció un claro gradiente costa-océano en prácticamente toda el área de estudio. En la región oceánica del sector norte dominaron aguas menos densas ( $< 25,2 \sigma_t$ ), en tanto que en el sector costero se detectó aguas más densas ( $> 25,6 \sigma_t$ ) entre los  $34^{\circ}30'\text{S}$  y los  $36^{\circ}\text{S}$ . Al sur de Punta Lavapié, se intensifica el gradiente lateral en la región costera debido principalmente a la presencia de aguas más densas entre la costa y las 15 mn por el ascenso de aguas de fondo producto de surgencia costera (**Fig. 11a**).

En los 25 m de profundidad, los gradientes laterales se intensifican, observándose aguas con densidades mayores a  $26,4 \sigma_t$  en casi toda el área de estudio, denotando el ascenso hacia la



costa de aguas de surgencia. (Fig. 11b). En tanto, el estrato de 50 m presentó densidades mayores a  $26,1 \sigma_t$  en toda el área prospectada, verificándose, de igual manera, un gradiente costa-océano aunque menor ( $0,4\sigma_t/30$  mn) comparado con los estratos más superficiales (Fig. 11c). Por último, y al igual que la distribución de la temperatura y salinidad, en el estrato de 100 m de profundidad presentó una distribución horizontal homogénea de la densidad, sin la presencia de gradientes longitudinales (Fig. 11d), quedando bien caracterizada por las isopícnas de  $26,4$  y  $26,6 \sigma_t$ .

#### 1.2.4 Oxígeno disuelto

La distribución horizontal de la concentración de oxígeno disuelto en el estrato de 5 m de profundidad (Fig. 12a) presentó, en general, gradientes laterales que se intensifican claramente al sur de los  $37^\circ\text{S}$ , observándose concentraciones menores a  $3,5 \text{ ml l}^{-1}$  en una estrecha banda costera ( $< 10$  mn) al sur de los  $37^\circ\text{S}$ . Las mayores concentraciones de oxígeno disuelto ( $> 7 \text{ ml l}^{-1}$ ) fueron detectadas en la región oceánica del sector norte ( $> 20$  mn). Este patrón de comportamiento espacial de la variable se intensifica aún más al analizar el estrato de 25 m de profundidad (Fig. 12b), donde es claro el gradiente costa-océano en toda el área de estudio, con la presencia muy pegada a la costa de las AESS caracterizadas por bajas concentraciones de oxígeno disuelto ( $< 1 \text{ ml l}^{-1}$ ).

En el estrato de 50 m de profundidad (Fig. 12c) se detectó concentraciones bajas de oxígeno disuelto en la región norte del área de estudio, las cuales no sobrepasaron los  $2 \text{ ml l}^{-1}$ , destacando aguas con concentraciones mínimas de oxígeno ( $< 1 \text{ ml l}^{-1}$ ) asociadas al sector adyacente a punta Nugurne, denotando un foco local de surgencia costera. Aguas con concentraciones mínimas de oxígeno también se observaron en el sector costero entre punta Tumbes y punta Morguilla (incluyendo el golfo de Arauco), y en el extremo austral del área de prospección, siendo coincidentes con la distribución espacial de aguas más frías y salinas indicando el efecto de AESS sobre la hidrografía local. En el oceánico al sur de los  $38^\circ\text{S}$ , fueron detectadas las concentraciones más altas en este estrato ( $> 3,5 \text{ ml l}^{-1}$ ).



A la profundidad de 100 m, todo el sector situado al norte de los 38°S presentó concentraciones mínimas de oxígeno, dominando en la banda costera (< 20 mn) concentraciones incluso menores a 0,5 ml l<sup>-1</sup>. Sólo en el sector oceánico del extremo sur del área de estudio se detectaron concentraciones mayores a 2 ml l<sup>-1</sup> (Fig. 12d).

### 1.2.5 Clorofila-a

La distribución horizontal superficial de la biomasa fitoplanctónica (estimada como clorofila-a) evidenció valores que fluctuaron entre los 0,5 y los 7,0 mg m<sup>-3</sup> (Fig. 13a). El extremo norte del área de estudio (< 35°30'S) presentó valores relativamente altos, entre 1,0 y 3,5 mg m<sup>-3</sup>; destacando un núcleo costero situado al norte de Constitución, levemente desfasado espacialmente del foco de surgencia costera asociado a punta Nugurne, caracterizado superficialmente por aguas más frías (< 13 °C), salinas (> 34,4 psu) y densas (> 25,6  $\sigma_t$ ). Por el contrario, entre los 35°30'S y los 36°40'S se observa una menor concentración de clorofila-a, que no sobrepasa los 1,0 mg m<sup>-3</sup>. Las mayores concentraciones detectadas superficialmente se encontraron asociadas al Golfo de Arauco, con un núcleo de concentraciones mayores a 7,0 mg m<sup>-3</sup>. Al sur de Punta Lavapié, las concentraciones de clorofila-a disminuyeron paulatinamente hasta alcanzar valores menores a 1,0 mg m<sup>-3</sup> al sur de los 39°S.

La relación bivariada entre la fluorescencia *in vivo* (u.r.) y la clorofila-a (mg m<sup>-3</sup>) presentó un buen ajuste logarítmico con un coeficiente de determinación igual a 0,83 (Fig. 13b).

### 1.2.6 Distribución horizontal en el golfo de Arauco

La Fig. 14 muestra la distribución horizontal superficial de las variables temperatura, salinidad y densidad medidas en el golfo de Arauco, correspondientes a tres transectos de tres estaciones cada uno. Cabe destacar que el tiempo imperante en este sector (predominio de fuertes vientos del Sur) restringieron el uso de la roseta de muestreo en todas las estaciones, por lo que en un 45% de las estaciones de muestreo se usó el CTD Alec para el registro continuo de temperatura y salinidad. Por lo anterior no fue posible graficar la distribución horizontal de las variables oxígeno disuelto y clorofila-a.



La distribución horizontal superficial de la temperatura evidenció aguas levemente más cálidas asociadas al sector occidental del golfo, adyacente al sector norte de isla Santa María, en tanto que en el sector suroriental, se observó la presencia de aguas más frías, menores a 13 °C. La distribución superficial de la salinidad también mostró gradientes W-E, con aguas menos salinas (< 33,7 psu) asociadas al sector occidental y aguas más salinas (> 34,1 psu) en el sector oriental del fondo de saco (**Fig. 14b**). Un patrón similar de comportamiento espacial se obtuvo en la densidad, con aguas levemente más densas hacia el sector SE del golfo de Arauco.

### 1.2.7 Análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

Se analizaron 9 imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) de alta resolución, intentando generar una visión global de la evolución de las estructuras superficiales durante el período de muestreo.

La **Fig. 15** muestra claramente la distribución espacial de aguas frías en la región costera del área de estudio, producto de eventos activos de surgencia, lo cual es consistente con las distribuciones horizontales y verticales (secciones oceanográficas) de las variables físicas medidas a bordo. La presencia de aguas de 11 y 12 °C en la región costera, asociadas a puntas o salientes topográficas conspicuas (e.g., pta. Topocalma, cabo Carranza, pta. Nugurne, pta. Lavapié, pta. Morguilla, punta Galera), generando un gradiente importante con la región oceánica, se evidenció en gran parte del período de estudio, observándose también en el análisis de la imagen promedio de TSM (**Fig. 16**): No obstante lo anterior, en el inicio del crucero (imagen del día 04/01/01) se observó un sistema relajado de surgencia, sin la presencia de aguas frías (<14.0 °C), salvo en un pequeño foco asociado a pta. Topocalma, situación que fue válida hasta el día 9/01/01. En ambas imágenes se observó la presencia de aguas muy cálidas (> 18°C) penetrando hacia la costa en un sentido NW-SE, lo que es consistente con lo descrito en la distribución superficial de la temperatura (**Fig. 15**).

A partir del día 10 y hasta el 17 de enero de 2001, se aprecia la evolución de la fase activa del proceso de surgencia en gran parte de la región costera prospectada en el estudio, con la activación incipiente de la región norte el día 10, la respuesta de Punta Nugurne y Punta Lavapié



el día 11, situación que se mantiene el día 13 de enero, incrementándose claramente los días 14 y 15, revelando la presencia de aguas frías (11 °C) como respuesta de punta Topocalma, cabo Carranza, pta. Nugurne, pta. Tumbes, pta. Lavapié y pta Morguilla (Fig. 15), para posteriormente (día 17 de enero) verificarse la presencia de aguas frías en toda el área costera de prospección, incluyendo el extremo sur asociado a pta. Morguilla y pta. Galera. Por último, el día 22 de enero se verificó una relajación del evento anteriormente descrito, con aguas centradas en los 13 °C asociadas sólo a la región norte del área de estudio. Aunque no corresponden al período de muestreo, las imágenes del día 28 y 31 de enero (Fig. 15) revelan un nuevo evento activo y relajación del proceso de surgencia en la región de estudio.

Lo reseñado en el párrafo anterior es confirmado por la evolución temporal de la cobertura areal para las isotermas de 10, 11, 12, 13 y 14 °C calculada a partir de las imágenes satelitales (Fig. 17). La representación areal de estas isotermas muestra la ausencia de aguas frías en el inicio del crucero (día 4 de enero) y la presencia incipiente de aguas de 10 y 11°C con valores muy bajos de cobertura (<2000 km<sup>2</sup>) los días 10, 11 y 14 de enero. Por el contrario, el período comprendido entre los días 14 y 17 de enero evidenciaron una mayor representación areal de las isotermas de 10, 11 y 12 °C, sobrepasando los 3000, 6000 y 10000 km<sup>2</sup>, respectivamente. El día 22 de enero la cobertura para las isotermas representativas de surgencia activa (10 y 11 °C) evidenciaron un claro decremento para hacerse mínimos (< 500 km<sup>2</sup>) y, posteriormente (28 de enero) volver a incrementar su cobertura (1000 y 3000 km<sup>2</sup>, respectivamente).

En forma complementaria se observaron filamentos de surgencia (Fig. 18) determinados (número, extensión y orientación) a partir de las imágenes satelitales de TSM. En general, los filamentos se distribuyeron al norte de los 37°S, como respuesta dinámica a salientes topográficas, y tuvieron una orientación W y NW, fluctuando entre los 36,4 y los 147,8 km de longitud (76,7±26,9 km). Los filamentos más extensos fueron detectados los días 14, 15 y 28 de enero coincidente con eventos de surgencia más activos asociados a pta Lavapié en el área de estudio.



### 1.3 Distribución vertical de las variables oceanográficas

#### 1.3.1 Secciones oceanográficas

A continuación se presenta la distribución vertical de la temperatura, salinidad, densidad, concentración de oxígeno disuelto y concentración de clorofila-a, medidas a lo largo de cada una de las transectas realizadas en el crucero.

#### Transectas 1, 2, 3 y 4 (Fig. 19, 20, 21 y 22)

Aunque las transectas de la región norte del área de estudio (transectas 1, 2, 3 y 4), situadas entre pta. Topocalma y pta Nugurne, presentan diferencias en la extensión de la plataforma continental, esto es, las transectas 1 y 2 tienen plataforma estrecha (<12 mn) y las transectas 3 y 4 una plataforma más extensa (> 20 mn), éstas presentaron un patrón similar de distribución vertical en todas las variables medidas, el cual estuvo caracterizado principalmente por:

- a) la presencia de gradientes costa-océano en el estrato superficial (0-30 m) de la columna de agua, con aguas más frías (< 13°C), salinas (34,5 psu) y densas (> 26,4  $\sigma_t$ ) vinculadas al sector costero (< 10 mn) y, aguas comparativamente más cálidas (> 14°C), menos salinas (<34,3 psu) y menos densas (< 25,8  $\sigma_t$ ) en el extremo occidental de las transectas;
- b) un mayor grado de estratificación vertical en el sector oceánico, con una termoclina/picnoclina superficial (0-30 m) y una haloclina extensa, que se situó entre los 0 y 70 m de profundidad. Se destaca también la virtual ausencia de capa de mezcla en las estaciones situadas principalmente en las transectas 3 y 4.
- c) la presencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) bajo el estrato de los 100 m y hasta los 350 m de profundidad (estaciones más oceánicas), caracterizadas por la presencia de aguas frías (< 11 °C), salinas (> 34,6 psu) y densas (26,4  $\sigma_t$ ) y, por la detección de concentraciones mínimas de oxígeno (< 1,0 ml l<sup>-1</sup>), aguas que también se advierten sobre la plataforma continental, bajo los 40 m de profundidad, revelando la





presencia de un proceso local de surgencia costera en este sector, con el ascenso de las isoterms de 11 y 12°C, y la isohalinas de 34,5 y 34,6 psu, situación que se expresó principalmente en las transectas 2 y 3.

- d) La distribución vertical de oxígeno disuelto evidenció un ascenso hacia la costa de las isolíneas de concentración de 3 y 2 ml l<sup>-1</sup>, verificando un estrato superficial (< 30 m) más oxigenado en el sector oceánico. La oxiclina, situada entre la superficie y los 50 m de profundidad fue mucho más intensa en los transectos 3 y 4 y más extensa verticalmente en el transecto 2.
- e) La concentración de clorofila-a considera sólo los primeros 100 m de profundidad. Los valores de clorofila-a en la transecta 1 (Fig. 17e) presentó valores superficiales (< 20 m) centrados en los 1,5 mg m<sup>-3</sup>, no obstante en la transecta 2 los valores fueron mucho menores, no sobrepasando los 0,5 mg m<sup>-3</sup>. dos núcleos de concentraciones mayores a 1.0 mg/m<sup>3</sup>. Por el contrario, las transectas 3 y 4 presentaron concentraciones mayores a 3,5 y 2,5 mg m<sup>-3</sup>, respectivamente, en tanto que, bajo los 40 m de profundidad la variable presenta valores menores a 0.5 mg m<sup>-3</sup> a lo largo de todo el transecto.

**Transecta 5 (Fig. 23).** La transecta 5, situada a la cuadra de pta. Nugurne, presentó una plataforma continental más estrecha (<15 mn) que las transectas 3 y 4, evidenciando: **a)** la ausencia de diferencias laterales en la distribución térmica superficial, con temperaturas cercanas a los 15 y 16 °C y un marcado gradiente vertical de temperatura (termoclina situada entre los 0-20 m) a lo largo de todo el transecto (Fig. 23a); **b)** una distribución vertical de salinidad con poca diferencia costa-oceano, evidenciando aguas levemente más salinas (>34,5 psu) en el sector costero y muy poca estratificación vertical la cual tiende a aumentar hacia el sector oceánico, **c)** ausencia de capa de mezcla, una picnoclina marcada, situada superficialmente (0-20 m), que se profundiza levemente hacia el océano, **d)** un estrato superficial bien oxigenado (> 5 ml l<sup>-1</sup>) a lo largo de todo el transecto, con una oxiclina situada entre los 0-40 m en la región costera que se profundiza hasta los 60 m en la estación 17, **e)** el ascenso hacia la región costera, de la isoterma de 11 °C, la isohalina de 34,5 psu y la isopicna de 26,4 σ<sub>t</sub>, que en conjunto con la presencia de aguas con mínima de oxígeno (< 1 ml l<sup>-1</sup>) revelan la presencia sobre la plataforma continental de las AECS, asociado a un foco local de



surgencia en punta Nugume. En el sector oceánico, el flujo hacia el sur de las AESS abarcó entre los 100 y aproximadamente los 350 m de profundidad, **f**) un conspicuo núcleo oceánico (20 mn) y subsuperficial (10-20 m) de concentraciones mayores a  $2,5 \text{ mg m}^{-3}$  de clorofila-a, revelando valores menores a  $0,5 \text{ mg m}^{-3}$  en el resto del transecto (**Fig. 23e**).

**Transecta 6 (Fig. 24).** A diferencia de la sección anterior, la transecta 6 se encuentra situada sobre la terraza del Itata, caracterizada por una plataforma continental que sobrepasa las 20 mn desde la costa. El patrón de distribución vertical de las variables oceanográficas medidas en este transecto, se resume en: **a**) la ausencia de diferencias laterales en el estrato superficial, con la presencia de aguas más cálidas ( $> 14 \text{ }^\circ\text{C}$ ) sólo en la superficie y una termoclina muy somera localizada entre los 0 y los 20 m de profundidad, a lo largo de todo el transecto, **b**) la presencia de fuerte estratificación vertical de densidad en todo el transecto, con una picnoclina situada en el estrato de 15-40 m y una somera capa de mezcla que no sobrepasó los 15 m de profundidad, a diferencia de lo descrito para la salinidad, que exhibió una leve y extensa haloclina (0-70 m) principalmente en el sector oceánico; **c**) un estrato superficial bien oxigenado ( $> 5 \text{ ml l}^{-1}$ ) en todo el estrato superficial de la sección, que se incrementa en la región costera por efecto del aporte de aguas continentales a través del río Itata, con una oxiclina somera (0-20 m) entre la costa y las 15 mn que se profundiza hasta alcanzar los 70 m en el sector oceánico; **d**) la presencia costera ( $< 5 \text{ mn}$ ) de aguas de mezcla por efecto de la cercanía de la desembocadura del río Itata, dilución local que se manifiesta en la presencia de salinidades menores a 34,1 psu, densidades menores a  $25,6 \sigma_t$  y aguas bien oxigenadas ( $> 4 \text{ ml l}^{-1}$ ), **e**) la presencia de aguas frías ( $< 11 \text{ }^\circ\text{C}$ ), salinas ( $> 34,5 \text{ psu}$ ), densas ( $> 26,4 \sigma_t$ ) y con baja concentración de oxígeno disuelto ( $< 1 \text{ ml l}^{-1}$ ) situadas sobre la plataforma continental (bajo los 40 m de profundidad), denotando la presencia de AESS en este sector, situación que genera frentes verticales y longitudinales en relación a la dilución costera; **f**) bajos valores de clorofila-a ( $< 1,5 \text{ mg m}^{-3}$ ) a lo largo de todo el transecto.

**Transecta 7 (Fig. 25).** La transecta 7 está situada a la cuadra del Golfo de Arauco. El patrón de distribución vertical de las variables oceanográficas medidas en este transecto, se resumen en: **a**) diferencias laterales en el estrato superficial ( $< 20 \text{ m}$ ), principalmente en relación a la distribución de salinidad, siendo consistente con la proximidad de la desembocadura del río Bío-Bío, observándose aguas menos salinas ( $< 34,0 \text{ psu}$ ) y menos densas ( $< 25,6 \sigma_t$ ) sobre la somera



plataforma continental y al interior del golfo de Arauco; **b)** lo anterior revela la presencia de fuerte estratificación vertical de salinidad y densidad en las estaciones del golfo de Arauco y la plataforma continental adyacente, con una haloclina y picnoclina muy somera, situada entre los 10 y los 30 m, y una capa de mezcla menor a 10 m de profundidad.; **c)** un estrato superficial bien oxigenado ( $> 5 \text{ ml l}^{-1}$ ) al interior del golfo de Arauco, sin la presencia de diferencias laterales en este sector ni concentraciones mínimas de oxígeno ( $< 1 \text{ ml l}^{-1}$ ); **f)** valores altos (los mayores registrados en el crucero) de concentración de clorofila-a al interior del Golfo de Arauco, los que sobrepasaron superficialmente los  $6 \text{ mg m}^{-3}$ .

**Transecta 8 (Fig. 26).** Esta transecta, situada inmediatamente al norte de pta. Lebu, presenta una plataforma continental muy estrecha, la que no supera las 10 mn desde la costa. El patrón de comportamiento vertical de las variables medidas en esta transecta se presenta en la Fig. 26 y se resume en: **a)** la presencia de gradientes laterales en todas las variables medidas, evidenciando aguas más cálidas ( $> 13 \text{ }^\circ\text{C}$ ), menos salinas ( $< 34,1 \text{ psu}$ ) y menos densas ( $25,6 \sigma_t$ ) vinculadas con el sector oceánico y, aguas comparativamente más frías ( $< 11 \text{ }^\circ\text{C}$ ), salinas ( $> 34,5 \text{ psu}$ ) y densas ( $26,4 \sigma_t$ ) en la región costera, **b)** este gradiente entre la costa y el océano se explica por el ascenso de la isoterma de  $11^\circ\text{C}$ , las isohalinas de 34,4 y 34,5 psu y la isopicna de  $26,4 \sigma_t$ , revelando la presencia de AESS en la región costera debido al proceso de surgencia en este sector (Fig. 15), lo que es consistente también con la presencia de bajas concentraciones de oxígeno disuelto ( $< 1 \text{ ml l}^{-1}$ ), **c)** la presencia de un mayor grado de estratificación vertical, aunque mucho menor que en las transectas precedentes, hacia el sector oceánico, como consecuencia del ascenso de AESS hacia la costa; **f)** la muy baja concentración de clorofila-a que no sobrepasó los  $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ .

**Transecta 9 (Fig. 27).** La transecta 9, situada en los  $38^\circ\text{S}$ , presentó un patrón similar de distribución vertical a la transecta 8, esto es: **a)** la presencia de un fuerte gradiente lateral de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto entre la costa y el sector oceánico, observándose aguas más frías, salinas, densas y con baja concentración de oxígeno disuelto entre la costa y las 10 mn, **b)** gradientes verticales importantes que se expresaron solamente en las dos estaciones más oceánicas (estaciones 44 y 45), con una termoclina/picnoclina situada entre los 20-60 m de profundidad, una capa de mezcla que superó los 20 m y, una extensa haloclina situada



verticalmente entre los 30 y los 110 m de profundidad, **c**) la distribución de la concentración de oxígeno disuelto y la salinidad muestran, a diferencia de lo reseñado en las transectas anteriores, la escasa influencia de AESS sobre la plataforma continental en este sector, la que sólo se detecta bajo los 90 m de profundidad, **f**) la presencia de un núcleo superficial de mayores concentraciones de clorofila-a ( $> 2,5 \text{ mg m}^{-3}$ ) asociado al sector intermedio del transecto (estación 44, 15 mn desde la costa).

**Transectas 10 y 11 (Fig. 28 y 29).** Las transectas 10 y 11, situadas entre Tirúa y el sur de pto. Saavedra, se caracterizaron por presentar una muy somera plataforma continental, que no superó los 70 m en ambos casos. El campo vertical de las variables medidas en estas dos transectas fue muy similar (Fig. 28 y 29) y se resume a continuación: **a**) en el sector oceánico, ambas transectas presentaron aguas superficiales (0-20 m) más cálidas ( $> 15$  y  $14^\circ\text{C}$  para las transectas 10 y 11, respectivamente), temperatura que disminuyó hacia la costa hasta alcanzar valores menores a  $12^\circ\text{C}$ ; a su vez, este sector presentó aguas superficiales menos salinas ( $< 33,8$  psu) y densas ( $< 25,2 \sigma_t$ ), **b**) una termoclina situada entre los 0 y 50 m de profundidad y una haloclina/picnoclina más extensas que abarcaron desde los 10 hasta los 80 m, revelando una capa de mezcla menor que en las transectas anteriores, **c**) la baja profundidad comprime las isolíneas de temperatura, salinidad y densidad sobre la plataforma continental, donde se observaron gradientes verticales mayores y virtual ausencia de capa de mezcla, **d**) la ausencia (enunciada en forma incipiente en la transecta anterior) de AESS sobre la plataforma continental, revelada fundamentalmente por salinidades de 34,1 psu y una columna de agua bien oxigenada (entre 5 y 3  $\text{ml l}^{-1}$ ), **e**) aguas con presencia de mínima de oxígeno ( $< 1 \text{ ml l}^{-1}$ ) y salinidades mayores a 34,5 psu sólo fueron detectadas en la estación más oceánica (estación 46), abarcando el estrato entre los 150 y los 300 m de profundidad, **g**) la presencia de valores menores a lo descrito en la transecta anterior, con un estrato superficial caracterizado por la isolínea de  $1 \text{ mg m}^{-3}$ , a excepción del sector oceánico donde se observó valores mayores a  $1,5 \text{ mg m}^{-3}$ .

**Transectas 12 (Fig. 30).** La transecta 12 se situó al norte de la desembocadura de la bahía de Corral (estuario de los ríos Valdivia y Tornagaleones) y corresponde a una transecta con una extensa y somera plataforma, que supera las 20 mn y alcanza los 70 m de profundidad. Las características oceanográficas de esta sección se resume en la presencia de aguas más cálidas



(>13 °C), menos salinas (<33,6 psu), menos densas (<25,6  $\sigma_t$ ) y más oxigenadas, vinculadas sólo con la estación más oceánica, generando una zona de estratificación mayor en esta región del transecto, producto probablemente a las aguas más diluídas provenientes de las cercanías de bahía de Corral y de la región de los fiordos y canales del sur de Chile. Por el contrario, sobre la somera plataforma continental se observó la presencia de aguas frías (10°C), salinas (34,4 psu) y densas (<26,4  $\sigma_t$ ), revelando la intrusión de aguas de surgencia costera en esta localidad, lo que es consistente también con las bajas concentraciones de oxígeno disuelto detectadas sobre la plataforma continental. Los valores de clorofila-a fueron bajos, no sobrepasando los 1 mg m<sup>-3</sup>, a excepción del sector oceánico.

**Transecta 13 (Fig. 31).** La transecta 13 corresponde a la sección más austral realizada en el área de prospección acústica. El comportamiento de distribución vertical de las variables medidas en esta transecta se resumen en: **a)** la presencia de un fuerte gradiente lateral entre la costa y el sector oceánico, revelando aguas superficiales más cálidas (>15 °C), menos salinas (<33,5 psu), menos densas (<25,2 $\sigma_t$ ) y más oxigenadas (>6 ml l<sup>-1</sup>) en el sector oceánico de la transecta, y aguas comparativamente más frías, salinas y densas en el sector costero, sobre la plataforma continental; no obstante en la región más superficial (hasta 10 m) se observó una fuerte efecto de mezcla entre aguas marinas y continentales, **b)** la presencia de una termoclina situada entre los 10 y 20 m, que se profundiza y debilita hacia la estación oceánica; en tanto que, a lo largo de todo el transecto se observó un fuerte gradiente vertical de salinidad y densidad, situado entre los 10 y los 30 m de profundidad en las estaciones costeras e intermedias del transecto, debilitándose y profundizándose hacia el extremo oceánico, donde se sitúa 30 y 100 m de profundidad, **c)** la profundidad de la capa de mezcla se profundiza desde aproximadamente los 10-15 m en la costa hasta alcanzar los 20-30 m en la estación más oceánica, **d)** el ascenso hacia la costa de la isoterma de 10°C, las isohalinas de 34,3 y 34,4 psu, las isopicnas de 26,2 y 26,4 $\sigma_t$  y las isolíneas de concentración de oxígeno de 1 y 0,5 ml l<sup>-1</sup>, reflejan el ascenso y penetración de AESS en la plataforma continental de esta transecta. Bajo los 150 m de profundidad, la temperatura y densidad disminuyeron a una tasa constante con la profundidad hasta alcanzar valores menores a 7 °C y mayores a 26,8  $\sigma_t$  hacia las máximas profundidades de muestreo; **e)** destaca los bajos valores de clorofila-a, los que fueron menores a 0,5 mg m<sup>-3</sup> a lo largo de todo el transecto.



## Transectas Longitudinales

**Transecta costera.** La Fig. 32 muestra la distribución espacial de las variables medidas en un corte paralelo a la costa, incorporando las siguientes estaciones costeras (de norte a sur) 2, 7, 11, 14, 20, 23, 36, 40, 43, 48, 52, 55 y 60. El campo oceanográfico vertical permite el reconocimiento, en el estrato superficial (0-50 m) de escasa variación térmica, tanto latitudinal como vertical (Fig. 32a), y la presencia de un estrato homotermo bajo los 50 m de profundidad, con temperaturas menores a 11°C.

Por el contrario, las secciones longitudinales de salinidad y densidad (Fig. 32b y 32c) presentaron un claro gradiente latitudinal, dividiendo el área de estudio en dos sectores; uno situado al norte de los 37° y otro desde esa latitud hacia el extremo sur del área de prospección. En el estrato superficial (0-50 m), la región norte presentó aguas más salinas (34,4 – 34,6 psu) y densas (26,0 – 26,4 $\sigma_t$ ), destacando el ascenso de las isohalinas de 34,5 y 34,6 psu vinculadas con Cabo Carranza y pnta Lavapié, revelando focos locales de surgencia costera, en tanto que, bajo los 50 m la región norte evidenció la presencia costera de AESS, con salinidades mayores a 34,5 y 34,6 psu y bajas temperaturas (< 11°C).

En el sector sur (entre los 37°30' y los 40 °S), en cambio, el estrato superficial se caracterizó por la presencia de salinidades y densidades menores, debido al efecto de mezcla de las ASAA con aguas de origen continental, lo que implicó un dominio superficial de las isohalinas de 33,8 y 34,0 psu y de las isopichnas de 25,4 y 25,8  $\sigma_t$  en este sector.

La distribución de oxígeno disuelto mostró un estrato superficial bien oxigenado (> 4 ml l), en prácticamente todo el transecto y la presencia, en la región norte, de concentraciones mínimas de oxígeno (AESS) bajo los 50 m de profundidad, que alcanzan casi los 38°S.

La distribución longitudinal de la clorofila-a mostró una variación clinal en la transecta longitudinal costera, con valores menores a 0,5 mg m<sup>-3</sup> en el extremo sur y, la presencia de dos núcleos subsuperficiales (10-20 m) de mayores concentraciones (> 2,0 mg m<sup>-3</sup>) asociados a la región costera adyacente a punta Nugurne y a punta Lavapié. Destaca las bajas concentraciones de clorofila-a



( $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ ) registradas entre los  $36^\circ$  y  $37^\circ$  S. A lo largo de toda la transecta. Bajo los 25-30 m de profundidad las concentraciones de clorofila-a fueron menores a  $0,5 \text{ mg m}^{-3}$  (Fig. 32e).

**Transecta oceánica.** De manera similar a lo reseñado en los párrafos anteriores, la Fig. 33 presenta la distribución espacial de las variables medidas en un corte paralelo a la costa, incorporando las estaciones más oceánicas de cada uno de los transectos realizados, esto es, las estaciones 4, 6, 9, 16, 17, 26, 38, 39, 45, 46, 50, 58 y 64. La distribución latitudinal de la temperatura reveló, para el estrato superficial (0-50 m) un leve gradiente térmico, con aguas más frías ( $< 14^\circ\text{C}$ ), menor estratificación (termoclina débil situada entre los 10 y 40 m) al norte de los  $36^\circ\text{S}$ , y aguas comparativamente más cálidas ( $> 14^\circ\text{C}$ ), mayor estratificación vertical y una termoclina más intensa y levemente más profunda (20-60 m) al sur de los  $37^\circ 30'\text{S}$ , para luego experimentar un leve decremento superficial hacia el extremo austral del área de estudio. A nivel subsuperficial, es claro el ascenso hacia el sur de la isoterma de  $10^\circ\text{C}$  desde aproximadamente los 250 m en la región norte a los 100 m en el extremo sur, en tanto que bajo los 300 m de profundidad, todo el transecto presenta un descenso a una tasa relativamente constante de la temperatura con la profundidad, hasta alcanzar valores menores a  $7^\circ\text{C}$  hacia la máxima profundidad de muestreo (Fig. 33a).

La salinidad, por su parte, evidenció un claro gradiente superficial (0-50 m) en sentido norte-sur, con aguas más salinas, bien caracterizadas por las isohalinas de 34,3 a 34,5 y menor grado de estratificación vertical (haloclina situada entre los 20 y los 60 m) en la región norte de la transecta. En cambio, se verificó la presencia de salinidades superficiales menores a 33,8 psu asociadas al sector centro-sur del área de estudio, producto de la dilución por mezcla de las ASAA con aguas continentales. Esta mezcla superficial conlleva una mayor estratificación salina en esta región, observándose una extensa haloclina entre los 30 y los 130 m de profundidad (Fig. 33b). En la mitad norte de la transecta (al norte de los  $37^\circ\text{S}$ ), entre los 100 y 380 m de profundidad se observa el dominio de las AESS, con salinidades mayores a 34,6 psu, estrato que disminuye drásticamente su espesor a aproximadamente 60 m (150-210 m de profundidad) a los  $38^\circ\text{S}$ . Al sur de esta latitud, las aguas subsuperficiales estuvieron bien caracterizadas por la isohalina de 34,5 psu, la que alcanzó los  $39^\circ 30'\text{S}$ .



Existió, en cambio, muy poca variación superficial de la densidad del agua de mar, con valores levemente mayores ( $25,6-26,0 \sigma_t$ ) en la región norte de la transecta y, aguas menos densas al sur de los  $38^\circ\text{S}$ . En general se observó una pycnoclina bien delimitada en todo el transecto, la cual fue más somera (0-40 m) en la región norte, con una virtual ausencia de capa de mezcla entre los  $34^\circ30'$  y los  $36^\circ\text{S}$ , para luego ir profundizándose paulatinamente hacia el extremo sur del transecto, situándose entre los 30 y 90 m de profundidad. Bajo los 100 m de profundidad no se detectaron variaciones clinales en esta variable, incrementando a una tasa aproximadamente constante con la profundidad, alcanzando valores mayores a  $26,8 \sigma_t$  bajo los 350 m (Fig. 33c).

La distribución longitudinal oceánica de la concentración de oxígeno disuelto (Fig. 33d) muestra un estrato superficial (0-50 m) bien oxigenado ( $>5 \text{ ml l}^{-1}$ ) sin la presencia de gradientes latitudinales importantes. No obstante lo anterior, la intensidad y situación vertical de los gradientes de oxígeno disuelto revelaron diferencias en sentido norte sur, con una oxiclina más somera (0-50 m) e intensa al norte de los  $36^\circ\text{S}$ , compresión superficial debido presumiblemente al ancho espesor de las AESS en este sector y, una oxiclina más profunda y débil, situada entre los 25 y 100 m, entre los  $37^\circ$  y los  $39^\circ\text{S}$ . En el extremo austral de la transecta la capa superficial bien oxigenada ( $> 4 \text{ ml l}^{-1}$ ) tuvo un gran espesor, alcanzando los 75 m de profundidad. La distribución subsuperficial de las AESS, caracterizadas por concentraciones de oxígeno disuelto menores a  $1 \text{ ml l}^{-1}$ , es consistente espacialmente con lo ya reportado para la salinidad, presentando un espesor de 300 m en la región norte para ir estrechándose a menos de 100 m a los  $39^\circ\text{S}$ . Bajo los 400 m la concentración de oxígeno disuelto se incrementa a partir de los  $35^\circ30'\text{S}$ , detectándose valores mayores a 2 y  $3 \text{ ml l}^{-1}$ , revelando la incipiente presencia de las Aguas Intermedias Antárticas (AIA) en este estrato de profundidad.

La distribución latitudinal oceánica de la clorofila-a (Fig. 33e) mostró, al igual que para la transecta costera, un gradiente norte-sur de concentraciones en el estrato superficial ( $< 40 \text{ m}$ ), verificándose un núcleo de concentraciones mayores a  $2,0 \text{ mg m}^{-3}$  entre los  $35^\circ$  y  $35^\circ30'\text{S}$  y valores comparativamente menores, representados por la isolínea de  $1 \text{ mg m}^{-3}$ , entre los  $36^\circ$  y los  $39^\circ30'\text{S}$ . El estrato superficial del extremo sur de la transecta presentó valores aún más bajos ( $< 1 \text{ mg m}^{-3}$ ). Bajo los 50 m de profundidad la concentración de clorofila-a mostró valores menores a  $0,5 \text{ mg m}^{-3}$  en todo el transecto.





**Transectas en el golfo de Arauco:** En el golfo de Arauco se realizaron 2 transectas de tres estaciones cada una, situadas en la boca y en el fondo de saco del golfo. La transecta situada en la boca del golfo, con estaciones con profundidades mayores a 100 m, mostró una estratificación térmica mayor hacia el sector occidental, caracterizada por aguas levemente más cálidas y menos salinas que la estación 29 (sector oriental) (Fig. 34). Sin embargo, bajo los 50 m de profundidad se observó un descenso uniforme de las variables hacia estratos más profundos.

La transecta situada en el fondo de saco del golfo estuvo caracterizada por una profundidad menor que la transecta ubicada en la boca de la bahía (centrada en los 15 m). La distribución térmica fue similar a la descrita para el estrato superficial de la transecta anterior, observándose un marcado gradiente longitudinal, en el cual el sector occidental presentó valores de temperatura levemente mayores y salinidades menores que las registradas en el sector oriental.

### 1.3.2 Perfiles verticales promedio

La Fig. 35 presenta los perfiles verticales promedio para todas las variables oceanográficas medidas en este estudio. Los perfiles verticales (más su desviación estándar) fueron graficados como el promedio de la variable medida en las estaciones de cada una de las transectas realizadas.

En el estrato superficial (0-100 m) la distribución vertical promedio de la temperatura (Fig. 35a) evidenció tres regiones diferenciables, esto es: **a)** un sector situado al norte de los 36°S (transecta 5) caracterizado por la presencia de una somera capa de mezcla, fluctuando entre los 0 y los 15 m de profundidad con un valor promedio de  $9,07 \pm 4,066$  m; máximos gradientes de temperatura variando entre los  $-0,059$  y los  $-0,398$  °C  $10\text{ m}^{-1}$  ( $-0,25 \pm 1,106$  °C  $10\text{ m}^{-1}$ ) y, profundidades base de la termoclina (PBT) que fluctuaron entre los 21 y 95 m ( $48,73 \pm 20,362$  m), **b)** una región central, situada entre los 36° y los 38°S (transectas 6 a la 8), caracterizada por una capa de mezcla levemente mayor que en la región norte, fluctuando entre los 5 y los 30 m de profundidad (para las estaciones positivas), con un valor promedio de  $13,92 \pm 7,170$  m, gradientes térmicos comparativamente mayores que fluctuaron entre los  $-0,070$  y los  $0,528$  °C  $10\text{ m}^{-1}$  ( $-0,30 \pm 0,123$  °C  $10\text{ m}^{-1}$ ), estableciéndose (cuando fue identificable) una PBT que fluctuó entre los 23 y 55 m de profundidad ( $27,33 \pm 13,454$  m); por último, **c)** la región situada al sur de los 38°S



(transectas 9 a la 13), caracterizada por máximos gradientes térmicos comparativamente más bajos que en la región central (rango  $-0,060$  -  $-0,292$   $^{\circ}\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$ , promedio:  $-0,172 \pm 0,073$   $^{\circ}\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$ ) y una PCM que fluctuó entre los 8 y los 30 m ( $16,20 \pm 6,909$  m) y PBT (rango: 13-74 m, promedio:  $46,27 \pm 19,349$  m), ambas mayores a las descritas para la región central del área de estudio. En el sector central y sur del área de estudio se incrementa la variabilidad entre las estaciones del transecto, principalmente en el estrato entre los 0 y los 50 m de profundidad, situación que no se observó en el sector norte del área de estudio. Bajo los 100 m de profundidad, los perfiles promedio de temperatura presentaron un patrón de distribución similar, disminuyendo a una tasa relativamente constante con la profundidad.

La distribución vertical de la salinidad, resumida como perfiles promedio por transecto (**Fig. 35b**), también evidenció diferencias latitudinales importantes en el estrato superficial (0-100 m): por un lado, la mitad norte del área de estudio (al norte de los  $37^{\circ}\text{S}$ ) estuvo caracterizada por gradientes salinos fluctuando entre los  $0,008$  y  $0,102$   $\text{psu } 10\text{m}^{-1}$  y un valor promedio de  $0,031 \pm 0,022$   $\text{psu } 10\text{m}^{-1}$  y haloclinas identificables sólo en el extremo norte (transectos 1 y 3). Por el contrario, en la mitad austral del área prospectada se destaca la fuerte variabilidad superficial debido a la presencia de mezcla entre las ASAA y aguas de origen continental, estableciendo salinidades menores a 34 psu en este estrato y más extensa estratificación salina que sobrepasó los 100 m de profundidad en el extremo austral de la transecta. Los máximos gradientes salinos fluctuaron entre los  $0,008$  y los  $0,072$   $\text{psu } 10\text{m}^{-1}$  ( $0,032 \pm 0,017$   $\text{psu } 10\text{m}^{-1}$ ).

La distribución vertical promedio de la densidad (**Fig. 35c**) evidenció: **a**) picnoclinas poco desarrolladas en las transectas situadas al norte de Constitución, con máximos gradientes de densidad variando entre los  $0,02$  y los  $0,140$   $\sigma_t$   $10\text{m}^{-1}$ , con un valor promedio de  $0,06 \pm 0,028$   $\sigma_t$   $10\text{m}^{-1}$ , y capa de mezcla somera fluctuando entre 5 y 15 m; **b**) un incremento en la estratificación vertical de la densidad en el sector central del área de estudio (transectas 5, 6 y 7), donde se observó gradientes verticales de densidad mayores que en la región norte, fluctuando entre los  $0,02$  y los  $0,183$   $\sigma_t$   $10\text{m}^{-1}$  ( $0,086 \pm 0,039$   $\sigma_t$   $10\text{m}^{-1}$ ), picnoclinas definidas entre la superficie y los 30 m de profundidad y una capa de mezcla igualmente somera (5-18 m). Al sur de punta Lavapié se aprecia la influencia de aguas continentales y de los fiordos y canales del sur de Chile sobre la distribución vertical de esta variable, notándose el aumento de la variabilidad intra-transecto en las



transectas 12 y 13, y gradientes verticales de densidad similares a los descritos para la región norte ( $0,06 \pm 0,026 \sigma_t$ ,  $10m^{-1}$ ). Bajo los 150 m, la densidad del agua de mar aumentó de manera asintótica con la profundidad, hasta alcanzar valores promedio mayores a  $26,8 \sigma_t$ .

La distribución promedio de oxígeno disuelto, por su parte, evidenció gradientes verticales identificables en la mayoría de las transectas realizadas (Fig. 35d). La presencia y extensión de la oxiclina, asociada con la distribución latitudinal de las AESS presentó diferencias latitudinales en los perfiles promedio, vinculadas con el espesor de las AESS y la verificación de focos locales de surgencia, que se refleja en el incremento superficial de la variabilidad entre estaciones componentes de un mismo transecto. Bajo los 350-400 m se detectó un progresivo incremento de la concentración promedio de oxígeno disuelto lo que se asocia a la presencia incipiente de las AIA a esa profundidad.

La distribución vertical promedio de la biomasa fitoplanctónica, estimada como clorofila-a (Fig. 35e) presentó en general, máximos superficiales y subsuperficiales de concentración asociados principalmente a los primeros 25 m de profundidad. Máximas concentraciones superficiales fueron detectadas en las transectas 3 y 7, al norte de cabo Carranza y punta Lavapié, asociadas a estabilización de aguas surgidas desde el fondo en estas localidades. Estos núcleos en sectores localizados al interior de la transecta, produce un alto grado de variación en la sección costa-océano.

#### 1.3.2.1 Perfiles verticales promedio del golfo de Arauco

El perfil promedio de temperatura de las estaciones realizadas al interior del golfo de Arauco (Fig. 36) evidenció una termoclina, situada entre los 0 y los 25 m de profundidad, con mayor variación inter.-estaciones, así como no se observó una capa de mezcla superficial definida. Bajo los 25 m de profundidad se observó una distribución uniforme de la temperatura, con escasa variación entre las estaciones. La estructura vertical tanto de la salinidad como de la densidad presentaron una distribución similar a la descrita para temperatura, con gradientes definidos entre la superficie y los 25 m.



### 1.3.3 Estabilidad vertical

La distribución vertical de la estabilidad es presentada para los perfiles verticales de las estaciones dispuestas en las transectas 1 (sector norte), 6 (sector centro) y 12 (sector sur), donde se observó diferencias latitudinales y longitudinales. En el sector norte del área de estudio, las estaciones oceanográficas (ejemplificadas por la transecta 1, Fig. 37) evidenciaron valores de estabilidad cuyos máximos oscilaron entre  $2.5 - 4.0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ . Este sector evidenció una profundización de los valores máximos de estabilidad hacia el sector oceánico de esta transecta, situándose cerca de los 15 m de profundidad en contraste con las estaciones más costeras donde el máximo se presentó más superficialmente (ca., 4 m).

La región central del área de estudio (ejemplificada por la transecta 6, Fig. 38) presentó valores de estabilidad más altos, cuyos máximos fluctuaron entre los  $9.5$  y  $17.15 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ . Se evidenció también una marcada profundización del valor máximo de estabilidad hacia el sector oceánico. Por último, en el sector sur (ejemplificadas por la transecta 12, Fig. 39), se verificó valores de estabilidad cuyos máximos fluctuaron entre los  $3.0$  y los  $10.0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ . A diferencia de lo observado tanto en el sector norte como en el sector central del área de estudio, los valores máximos de estabilidad no evidenciaron una profundización definida de los máximos de estabilidad, observándose una distribución irregular de la profundidad del máximo valor de estabilidad a lo largo de la transecta.

Por otra parte, bajo los 100 m no se detectaron gradientes verticales de densidad de importancia (estabilidades mayores  $0,2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ ), estableciéndose una columna de agua con un campo vertical de densidad más homogéneo.

A diferencia de lo reportado para cruceros anteriores de similar naturaleza, donde los máximos gradientes de densidad fluctuaron principalmente entre los 10 y 50 m de profundidad (Núñez *et al.* 1996; Núñez *et al.* 2000), los valores registrados en esta campaña se presentaron entre 1 y 15 m de profundidad. Por otra parte, tanto en la transecta norte como en la transecta sur los valores máximos de estabilidad fueron menores a  $10 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ , al igual que lo registrado por Núñez *et al.* (2000) quienes detectaron valores entre los  $1,8$  y  $7,2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ . Sólo la transecta 6 presentó



valores de estabilidad mayores a  $10 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ , lo que es consistente con el rango reportado por Núñez *et al.*, (1996).

#### 1.3.4 Profundidad base de la termoclina (PBT), profundidad de la capa de mezcla (PCM) y profundidad del mínimo de oxígeno (PMO).

Las distribuciones horizontales de la PBT, PCM y PMO se presentan en la Fig. 40. La carta de distribución horizontal de la PBT mostró un gradiente longitudinal, positivo hacia el océano, en gran parte del área de estudio, a excepción del sector situado entre los 35° y los 36°S, dominada solamente por la isolínea de 40 m. Este gradiente se manifestó en la profundización de la PBT desde aproximadamente los 30 m (región costera) hasta profundidades superiores a los 50-60 m (región oceánica), situación que se acentuó en el sector intermedio del área de estudio, entre los 35°30' y los 36°30'S y al sur de los 38°S. Las menores PBT (< 30 m) fueron adyacentes al golfo de Arauco y en la región más austral, cercanas a la bahía de Corral.

Por otra parte, la Profundidad de la Capa de Mezcla (PCM) fue muy somera en toda el área de estudio, no superando los 25 m de profundidad. La región norte del área reveló las menores PCM, siendo identificables sólo en las transectas 1 y 2, ya que entre los 34°30' y los 36°S no fue posible detectarla. A partir de los 36°30'S hacia el sur, la PCM presentó valores mayores.

Por último, la Profundidad del Mínimo de Oxígeno (PMO) (Fig. 40c) presentó un claro gradiente lateral, con valores menores (<60 m) asociados a la región costera y valores mayores a 80 m en el sector oceánico, diferencia que se hace mucho más evidente al sur de los 37°S debido a la mayor profundización de la PMO en el sector oceánico, alcanzando los 150 m de profundidad. Esta variación costa-océano es consistente con la presencia de focos locales de surgencia costera, vinculadas con salientes topográficas a lo largo de la costa en el área de estudio (ver Fig. 12 e imágenes satelitales en Fig. 15).

La distribución espacial de los valores de la PCM tuvieron un comportamiento similar a lo reportado para cruceros anteriores en la región costera del centro-sur de Chile y el período estival. En el hecho, el rango entre los 15-20 m de espesor de la PCM y el gradiente lateral



positivo al océano, reportado por Núñez *et al.* (1996) para diciembre de 1995 (FIP 95-08) y, el rango entre 0-25 m de profundidad descrito por Núñez *et al.* (2000) para diciembre de 1999, fue similar al comportamiento de la distribución espacial descrito para el presente crucero; no obstante, en diciembre de 1999 hubo una virtual ausencia de PCM hacia el sur de los 38°S. Para el sector adyacente al golfo de Arauco, estos resultados también fueron coincidentes con lo descrito por Sobarzo (1999) en el mes de marzo de 1994, donde describe una PCM con un rango de variación de 1 a 20 m de profundidad y con un valor promedio menor a 10 m.

Por otra parte, la PBT descrita en este trabajo, si bien presentó un claro gradiente longitudinal (positivo al océano) coincidente con lo descrito por Núñez *et al.* (1996) para diciembre de 1995, las magnitudes descritas en cada ocasión fueron diferentes. Así, los valores descritos para este crucero ( $41,76 \pm 20,055$  m) fueron mayores a lo descrito para diciembre de 1995, cuyos valores fluctuaron entre los 10-40 m y, por el contrario, fueron menores a lo reportado para la PBT en diciembre de 1999 (Núñez *et al.*, 2000).

### 1.3.5 Distribución espacial superficial medida con EPCS

La distribución horizontal de los registros efectuados con el EPCS (Fig. 41) se presentan en las Fig. 42 a la 44 para cada una de las transectas realizadas, recordando que en este caso la numeración de ellas obedece a las transectas utilizadas en el "track" acústico. En gran parte de las transectas, fue posible identificar zonas de gradientes térmicos y salinos y de concentración de clorofila-a, especialmente en las transectas 5, 6, 7 13, 17, 18 19, 22 y 23.

De igual manera se analizó la información recolectada en la navegación Inter-transectas, la que es presentada en las Fig. 45 a la 47, en las cuales se observa la influencia muy local del aporte de aguas continentales sobre los valores costeros de salinidad superficial. Evidencia de lo anterior se observó asociada al río Maule (Constitución), y la desembocadura de la bahía Corral (estuario de los ríos Valdivia-Tornagaleones), observándose un descenso espacialmente muy focalizado de la salinidad a valores menores a 28 psu. La navegación externa al golfo de Arauco, en el diseño de muestreo regular, no permitió observar gradientes salinos importantes asociados a la desembocadura del río Biobío.



### 1.3.6 Diagramas TS

El análisis de los índices termosalininos para el área de estudio reveló la presencia de las siguientes masas de agua: **a)** Las ASAA presentaron una variación de temperatura entre 11,6 y 17,7°C y un rango de salinidad de 34,10 a 34,50 psu; rangos de temperatura entre 11,6 y 16,0 °C y variaciones de salinidad entre 33,6 y los 34,0 psu caracterizaron a las ASAA diluidas, **b)** Las AESS presentaron un rango de salinidad de 34,40 y 34,70 psu y una variación de temperatura entre 9,8 y 11,9°C y, **c)** el incipiente registro de valores correspondientes a las Aguas Intermedias Antárticas (AIA) que evidenciaron temperaturas entre 6,60 y 9,80°C y salinidades entre 34,40 y 34,60 psu.

El análisis de los diagramas TS de las estaciones evaluadas en la zona de estudio, reveló una zona superficial muy variable, caracterizada por la presencia de las ASAA, masa de agua que es sensiblemente modificada por mezcla con aguas de origen continental, particularmente en estaciones asociadas al sector costero sur del área de prospección (**Fig. 48**). Subsuperficialmente es clara la presencia de las AESS, caracterizadas por valores de salinidad mayores a 34,5 psu y temperaturas entre 11,9 y los 9,80 °C y, se detectó en forma incipiente la presencia de las AIA hacia las máximas profundidades de muestreo, caracterizadas por salinidades menores a 34,4 y temperaturas menores a 9,8 °C.

Las masas de agua predominantes en la columna de agua del área de estudio fueron las ASAA y las AESS, lo que es similar a lo reportado por diversos autores para la región de estudio (Brandhorst, 1971; Silva & Konow, 1975; Silva & Neshyba, 1977; Silva, 1996; Strub *et al.*, 1998). Los resultados anteriormente descritos, son consistentes con lo reportado en otros cruceros de similar naturaleza (acústica y bio-oceanografía), como lo reportado por Núñez *et al.* (1996, 2000) para la región costera frente a Chile central y centro-sur evaluada en diciembre de 1995 y diciembre de 1999; así como también con la evaluación primaveral (oct-nov. 1996) realizada en la región costera de Chile centro-sur por Castro *et al.* 1997) e invernal (junio-julio) en la región oceánica (Figueroa *et al.*, 1994; Núñez & Ortiz, 1999).



## 2. Biología Pesquera

### 2.1 Resultados de los lances de pesca

Durante el presente crucero se realizaron un total de 52 lances de pesca entre el límite norte de la zona de estudio (34°00'S) y Corral (40°00'S), obteniéndose en 27 de ellos (52 %) capturas de anchoveta y sardina común, (**Tablas 3 y 4**).

Las pescas de identificación se realizaron con una red de arrastre de mediagua, con un tamaño de malla en el copo de 12 mm (tipo anchovetera). El muestreo biológico de cada lance, permitió determinar las especies presentes, estimar los niveles de captura y los aportes porcentuales de cada especie, con énfasis en las especies anchoveta y sardina común. Respecto del primer recurso, se determinó la estructura de tallas a 3.270 ejemplares. De ellos, a 1.297 ejemplares se realizó muestreo biológico obteniéndose información de longitud total, peso total, peso eviscerado, sexo y estado de madurez. Para sardina común se muestrearon en total 3.795 ejemplares, de ellos a 1.198 se realizó muestreo biológico. Posteriormente, se determinó la fracción de reclutas de anchoveta y sardina común por lance de pesca, asociándolas a las lecturas obtenidas en la prospección acústica.

El resumen de operación por lance de pesca con captura de anchoveta del crucero se entrega en la **Tabla 5**. Al respecto, la captura total alcanzó 122.182 kg de los cuales 58.419 kg (47,8 %) correspondieron a anchoveta, 5.907 kg (4,8 %) capturados de sardina común y el resto a otros recursos como jurel, merluza común, bacaladillo y pampanito entre otros. La captura de anchoveta y sardina común por lance presentaron una alta variación, fluctuando entre los 0-27.052 kg/lance para anchoveta y 0-1.497 kg/lance para sardina común.

Los lances de pesca positivos tuvieron una duración promedio de 36 minutos desplegándose un esfuerzo total de 29,7 hr; la profundidad de la relinga superior varió entre los 0,0 m y 24 metros (**Tabla 5**). La velocidad promedio de arrastre fue de 3,6 nudos.





## 2.2 Determinación de la estructura de tamaños de anchoveta

En la zona de San Antonio ( $34^{\circ} 01' S - 36^{\circ} S$ ), se realizaron 13 lances de los cuales 4 fueron exitosos (31%), entendiéndose como tal a aquellos lances en que se obtuvo capturas de anchoveta para muestreo, no importando su cantidad (**Tabla 3** y 5). La distribución de longitudes por lance evidenció una presencia absoluta de individuos juveniles, (**Fig. 49 a 52**). En esta zona la longitud media para el total de individuos alcanzó a 6,9 cm. Presentándose una distribución esencialmente unimodal, con ejemplares entre los 4,5 y 11 cm y grupos principales centrados entre los 5,0 cm, y 7,5 cm (**Fig. 53**); el peso promedio para el total de individuos fue de 2,8 g (**Tabla 3**).

En la zona de Talcahuano ( $36^{\circ} 01' S - 36^{\circ} S$ ), se efectuaron 25 lances de pesca, donde 12 de ellos resultaron exitosos, (48%). El porcentaje de reclutas en número fue de 99 %. Los tamaños fluctuaron entre los 4,5 y 14,5 cm, con una talla promedio para el total de individuos de 8,5 cm. Presentándose una distribución multimodal con un grupo principal centrado en 9 cm, y modas secundarias en 6,0 y 11 cm (**Fig. 53**). El peso promedio del total de ejemplares fue de 5,2 g y el de los reclutas de 4,5 g (**Tabla 3**).

En la zona de Corral ( $38^{\circ} 01' S - 40^{\circ} S$ ), se realizaron 14 lances de pesca de los cuales 11 resultaron exitosos (79 %) (**Tabla 3**), con un porcentaje de reclutas de un 45%. Las tallas variaron entre 7,5 y 17,0 cm, con una media de 12,4 cm (**Fig. 53**). Se observa una distribución de tallas unimodal, destacándose sólo el grupo de adultos con una moda principal a los 13 cm (**Fig. 53b**); el peso promedio para el total de ejemplares fue de 13,4 g y para los reclutas 7,6 g. Se observa una mayor variación en la distribución de tallas entre lances, dominando en algunos adultos y en otros reclutas.

En términos generales, en el área de estudio (San Antonio-Corral) se realizaron 52 lances de pesca, capturándose anchoveta en 27 de ellos (52 %). Los tamaños fluctuaron entre los 4,5 y 17,0 cm (**Figs. 49 a 52**). El porcentaje de reclutas fue de 71 % en número. La longitud promedio para los reclutas fue de 10,8 cm y para el total de los ejemplares 12,7 cm (**Tabla 3**). La distribución de frecuencia de longitud de la captura total fue esencialmente unimodal, con un



grupo principal de adultos situado en 13,0 cm con presencia de pequeños picos a tallas menores; puesto que la distribución total de las tallas se explica por el mayor peso de la captura registrado en la zona de Corral (Fig. 53). El peso promedio de los reclutas fue de 5,2 g y del total de ejemplares de 8,6 g (Tabla 6).

### 2.3 Determinación de la estructura de tamaños de sardina común

En la zona de San Antonio (34° 01' S - 36° S), se realizaron 13 lances de los cuales 5 fueron exitosos (38,4 %), (Tablas 4 y 5). La distribución de longitudes por lance evidenció una presencia absoluta de individuos juveniles, (Figs. 54 a 57). En esta zona la longitud media para el total de individuos alcanzó a 5,7 cm. Presentándose una distribución esencialmente unimodal, con ejemplares entre los 4,0 y 8,5 cm y grupos principales centrados en los 4,5 cm, y 6,5 cm (Fig. 58); el peso promedio para el total de individuos fue de 1,7 g (Tabla 4).

En la zona de Talcahuano (36° 01' S - 38° S), se efectuaron 25 lances de pesca, donde 14 de ellos resultaron exitosos, (56%). El porcentaje de reclutas en número fue de 100 %. Los tamaños fluctuaron entre los 3,5 y 10,5 cm, con una talla promedio para el total de individuos de 6,9 cm. Presentándose una distribución bimodal con un grupo principal centrado en 7,5 cm, y una moda secundaria en 5,5 cm (Fig. 58). El peso promedio del total de ejemplares fue de 3,3 g (Tabla 4).

En la zona de Corral (38° 01' S - 40° S), se realizaron 14 lances de pesca de los cuales 12 resultaron exitosos (85,7 %), (Tabla 4). El porcentaje de reclutas fue de un 96 %. Las tallas variaron entre 5,5 y 16 cm, con una media de 8,6 cm (Figs. 54 a 57). Se observa una distribución de tallas unimodal, destacándose sólo el grupo de reclutas con una moda principal a los 8,0 cm (Fig. 58). En algunos lances se registra captura de adultos aunque en baja proporción comparada a los juveniles ; el peso promedio para el total de ejemplares fue de 5,4 g y para los reclutas 5,2 g.

En términos generales, en el área de estudio (San Antonio-Corral) se realizaron 52 lances de pesca, capturándose sardina común en 32 de ellos (62 %). Los tamaños fluctuaron entre los 4,0 y 16 cm (Fig. 54 a 57). El porcentaje de reclutas fue de 93 % en número. La longitud promedio



para los reclutas fue de 8,3 cm y para el total de los ejemplares 8,4 cm (Tabla 4). La distribución de frecuencia de longitud para toda la zona fue unimodal, con un grupo principal de reclutas situado en 8,5 cm y uno secundario en 5,5 cm (Fig. 58). El peso promedio de los reclutas fue de 4,8 g y del total de ejemplares de 4,9 g (Tabla 7).

#### 2.4 Determinación de la proporción y madurez sexual de anchoveta

En la zona de San Antonio el porcentaje de ejemplares indeterminados alcanzó al 100 % de la totalidad de los lances de pesca. En los lances efectuados en la zona de Talcahuano se realizó muestreo biológico a 399 ejemplares de los cuales el 92 % de ellos resultó ser indeterminado, de la fracción restante el 78,5 correspondió a hembras las que predominaron en las tallas sobre 11,0 cm. En la zona de Corral el porcentaje de ejemplares inmaduros alcanzó un 6,9 %. En tanto que la proporción sexual alcanzó un 48 %, para hembras las que se manifestaron entre las tallas 11,0 y 13,5 cm y entre 15,0 y 15,5 cm. En términos generales de la totalidad de los lances de pesca realizados en el crucero (N=1297), los ejemplares indeterminados alcanzaron un 40,2 %; del porcentaje restante las hembras contribuyeron con un 49,2 %, las que presentaron su mayor ocurrencia en las tallas 11,0 13,5 y 15,5 cm, en los rangos de talla intermedia hubo un marcado predominio de machos. Con respecto a la madurez sexual en la totalidad del área de estudio el 40,2 % de los ejemplares muestreados se catalogó como indeterminado, de la fracción restante que corresponde a ejemplares con sexo identificado el 82 % se encontraban en estado 2, el 17,8 % en estado 3 y el 0,1 en estado 5. Existe también un comportamiento similar entre zonas (exceptuando San Antonio), en donde los estados que ocurren más frecuentemente son los 2 y 3 y menos frecuentes 4 y 5 (Fig. 59). Los I.G.S. encontrados durante el presente crucero dan cuenta de altos valores en la zona de Talcahuano sólo para ejemplares entre 12 y 13,5 cm dando a entender que individuos de tallas mayores ya habían finalizado su desove y se encontraban en un estado 2 de madurez, disminuyendo el peso de sus gónadas. La zona de Corral presentó I.G.S. de entre 4 y 9 ptos. en casi todas las tallas (Fig. 60). Los presentes valores de I.G.S. siguen una tendencia parecida a los valores encontrados para el año 1999 (Fig. 61).



## 2.5 Determinación de la proporción y madurez sexual de sardina común

En la zona de San Antonio el porcentaje de ejemplares indeterminados alcanzó al 100 % de la totalidad de los lances de pesca. En los lances efectuados en la zona de Talcahuano el porcentaje de ejemplares indeterminados fue de 92 %, donde la fracción restante estuvo compuesta en un 44,4 % por hembras, predominando en la talla de 9 cm. En la zona de Corral el porcentaje de ejemplares indeterminados alcanzó un 96,1 %. en tanto que la proporción sexual para los ejemplares restantes logró un 45,2 %, de hembras las que se manifestaron al igual que los machos con fuertes variaciones a lo largo del tallas. En términos generales de la totalidad de los lances de pesca realizados en el crucero, los ejemplares indeterminados alcanzaron un 95 % del total muestreado (N=1198); las hembras registraron un 47 % del total de ejemplares con sexo identificado. Con respecto a la madurez sexual en la totalidad del área de estudio se observó un 95 % de ejemplares indeterminados, el 5 % restante correspondiente a machos y hembras se encontraba en estado 2. Existe también un comportamiento similar entre zonas (exceptuando San Antonio), en donde el único estado que presenta ocurrencia de ejemplares es el 2 (Fig. 62). El índice gonadosomático sólo pudo ser estimado en la zona de Corral (Fig. 60), debido a la gran cantidad de ejemplares asexuados que se encontraron durante el presente crucero, sin embargo estos resultados concuerdan con los encontrados durante el año 1999, ya que durante el 2000 los máximos pulsos de I.G.S. se restringieron a unos pocos meses (Fig. 63).

## 2.6 Comparación de las balanzas utilizadas

Se pesaron en tierra anchovetas en un rango desde 4 a 25 g, correspondientes a tallas entre 8 y 13 cm, con una balanza de palanca y una digital. La precisión de las balanzas de palanca y digital fueron de 0,25 y 0,05 g, respectivamente.

Los resultados (Fig. 64), indican una correlación entre ambas mediciones, con un  $R^2$  superior a 0.99. Los pesos promedio de la balanza de palanca son 0,3 g mayor que los de la balanza digital, el análisis por tallas indica que la mayor diferencia se produjo a 11 cm, en que la balanza de palanca pesó 0,7 g más que la digital, en las otras tallas la diferencia varió entre 0,1 y 0,4 g. Lo anterior puede atribuirse a un error de tipo instrumental pero que en todo caso se encuentra



dentro de la variabilidad propia de este tipo de mediciones. La consistencia de las mediciones y las leves diferencias entre ambos instrumentos, valida la balanza de palanca para realizar los pesajes a bordo.

## 2.7 Determinación de los pesos medios de anchoveta

La evolución de los pesos medios por longitud y zonas de pesca obtenidos en este estudio se entrega en la **Tabla 6**, dicha estimación se realizó ajustando una regresión para cada zona (**Fig. 65**); asimismo en la **Tabla 8** se entregan los parámetros estimados.

Al respecto, se puede constatar un buen grado de ajuste, para la relación longitud-peso, en todas las zonas de pesca ( $0,93 < R^2 > 0,86$ ), para el total de la zona de estudio se estimó un  $R^2 = 0,9610$  (**Tabla 8a**). Al comparar las regresiones por zona de pesca mediante el test F, se observa que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de regresiones (**Tabla 9a**).

Al comparar las pendientes (b), mediante Test "t", a un nivel de significancia igual a 0.05 (**Tabla 8a**), para las zonas de San Antonio y Corral se acepta la hipótesis nula de igualdad de pendientes, rechazándose los pares de regresiones que incorpora la zona de Talcahuano. Lo anterior podría estar motivado por que la estructura de tallas en la zona de Talcahuano fue más amplia que en las otras dos (**Fig. 66**). En la zona de San Antonio la muestra se distribuye entre aproximadamente 7 y 11 cm; en Talcahuano entre 5,5 y 14 cm y en Corral entre 7 y 17 cm. Este factor incide de manera determinante en la diferencia de los parámetros de la regresión.

Los resultados muestran el hecho que los pesos promedios de anchoveta en el presente crucero son mayores respecto de RECLAS 9912 entre 0,1 y 1.2 g, para todas las tallas analizadas (**Tabla 8 a**)

## 2.8 Determinación de los pesos medios de sardina común

La estimación de los pesos medios por longitud y zonas de pesca obtenidos en este estudio se entrega en la **Tabla 7**, dicha estimación se realizó ajustando una regresión para cada zona de



pesca (Fig. 66); asimismo en la **Tabla 8b**, se presentan los coeficientes de las ecuaciones de regresión ajustados por zona de pesca .

En el caso de sardina común el  $r^2$ , de las relaciones longitud peso por zona de pesca varió entre 0,61 para San Antonio y 0,859 para Corral (Tabla 8b).

Los resultados arrojados luego de la aplicación del test F para comparación de múltiples regresiones lineales de la relación longitud-peso para sardina común, se entregan en la Tabla 9 (b). Con este test se rechaza la igualdad de las relaciones comparadas, para establecer si estas diferencias se cumplen para todas las ecuaciones, se aplicó el test t que compara pares de pendientes. De este se establece que las comparaciones que incluyen la zona de San Antonio, aceptan la hipótesis nula de igualdad de pendientes, sin embargo sólo la comparación Talcahuano-Corral rechaza esta hipótesis (**Tabla 8b**)

La zona de Talcahuano exhibe la menor pendiente ( $b = 2,1645$ ), mientras que la mayor pendiente estuvo en la zona de Corral ( $b = 3,0132$ ). En total la zona de estudio presentó un ajuste  $R^2 = 0,8192$ . Si bien las diferencias son significativas (**Tabla 8b y 9b**), y la varianza explicada por la regresión es menor, particularmente para las zonas de San Antonio, al igual que en anchoveta el factor determinante es la diferencia en la distribución de tallas de los ejemplares muestreados entre las zonas.

Los resultados muestran que los pesos promedios de sardina común en el presente crucero disminuyeron respecto de RECLAS 9912 entre 0,2 y 6 g, para tallas sobre 10 cm; bajo esa talla en el presente crucero se registra un incremento relativo de los pesos de alrededor de 0,3 g (**Tabla 7**).

## 2.9 Análisis estadístico de las subzonas mediante la Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG)

La aplicación del método DHG permite confirmar la existencia de diferencias significativas en las estructuras de tallas de sardina común y anchoveta entre las subzonas definidas (**Tablas 10 y 11**).



### 2.9.1 Anchoqueta

El análisis dentro de las subzonas muestra que para anchoqueta (**Tabla 12**), la aprobación de igualdad de estructuras entre lances supera el 50% en todas las zonas. Así, en la subzona 1, el lance 8 tiene estructura diferente, por lo que no aprueba la hipótesis de igualdad, pero es incluido en la estructura de la subzona dada su cercanía con los otros lances. En la subzona 2, el porcentaje de aprobación es de un 66,67%, obteniéndose chi-calculados mayor que el chi-crítico en los lances 9a y 47. La subzona 3 está representado por un solo lance (44). En la subzona 4 el porcentaje de aprobación es de un 100% y en el Golfo de Arauco, sólo el lance 23 rechaza la hipótesis de igualdad.

### 2.9.2 Sardina común

Para el recurso sardina el porcentaje de aprobación de igualdad supera el 66% dentro de las zonas (**Tabla 13**), siendo la subzona 3 la que presenta el mayor nivel (71,43%). En ésta, los lances 33 y 39 presentan un chi-calculado por sobre el chi-crítico. En la zona del Golfo de Arauco, de los tres lances que lo representan, sólo el lance 45 rechaza la hipótesis de igualdad.

## 3. Estimación de la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de la fracción juvenil de anchoqueta y sardina común que se incorporan en el periodo de máximo reclutamiento a la pesquería (Objetivo B1).

### 3.1 Calibración hidroacústica

La calibración hidroacústica del ecosonda científico Simrad EK-500 se realizó en Valparaíso 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 14**), indican un adecuado funcionamiento del sistema acústico con variaciones inferiores a  $\pm 0.4$  dB respecto a los resultados históricos (**Tabla 15**).



### 3.2 Calibración de la intensidad de blanco TS in situ de anchoveta y sardina común

En los lances de pesca se recolectó información de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta y sardina común 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 aquellos en que las capturas estuviesen compuestas en forma mayoritaria por anchoveta ó sardina común. En estos grupos de datos se realizó un post-proceso utilizando el software SONAR DATA ®, seleccionándose los sectores en los ecogramas con una distribución dispersa de los peces. Los TS obtenidos en estos sectores fueron filtrados rechazándose aquellos valores que evidentemente provinieran de ecos múltiples. Finalmente, en anchoveta se obtuvieron 22 lances y 2 experimentos con el barco detenido ó a bajas velocidades, representando un total de 32 pares de datos dado que en algunos casos la distribución fue multimodal. En el caso de sardina, se consideraron 18 lances y 4 experimentos, los que determinaron 28 pares de datos.

Los TS modales de anchoveta, seleccionados según el método del PDF, variaron entre -59,5 y -50,5 dB, pareados con longitudes totales entre 5 y 13,5 cm. Los rangos de TS de sardina fluctuaron entre -58.5 y -54 dB, pareados con tallas entre 4,5 y 8,5 cm.

En las Fig. 67 a 71 se presentan los histogramas de los TS y de las respectivas tallas de la anchoveta y sardina común utilizadas en el ajuste final de las ecuaciones de regresión.

Finalmente, los pares de datos de TS-L para anchoveta y sardina común, se ajustaron a una regresión logarítmica mediante el método de los mínimos cuadrados (Fig. 72 y 73).

La ecuación obtenida mediante este procedimiento para anchoveta fue:

$$\begin{aligned} TS &= 19,46 \text{ Log } ( L ) - 72,73 \\ R^2 &= 0,93 \\ N &= 32, p= 3,66287 \times 10^{-19} \end{aligned}$$





La ecuación estandarizada al modelo general fue:

$$TS = 20 \text{ Log (L) } - 73,25$$

En el caso de sardina común la ecuación ajustada fue:

$$TS = 17,81 \text{ Log (L) } - 70,71$$

$$R^2 = 0,82$$

$$N = 28; p = 3,109849 \times 10^{-11}$$

La ecuación de sardina común ajustada al modelo general fue:

$$TS = 20 \text{ Log(L) } - 72,59$$

El análisis comparativo de la relación TS/L de anchoveta se realiza respecto a los resultados alcanzados en la misma especie para la zona norte. Es así como la ecuación estandarizada es 0,11 dB mayor que la alcanzada en el verano del 2000 (RECLAN 0001) ( $TS = 20 \text{ Log(L) } - 73,36$ ), constituyéndo el mayor valor alcanzado de la serie de experimentos realizados hasta la fecha, siendo 0,17 dB mayor que las obtenidas por Castillo *et al.*, 1997 ( $TS = 20 \text{ Log ( L ) } - 73,42$ ) y 0,33 dB que la relación obtenida por Castillo y Espejo 1998 ( $TS = 20 \text{ Log ( L ) } - 73,58$ ).

Aún cuando las leves diferencias entre los resultados de los distintos experimentos pueden ser consideradas dentro de rangos aceptables, uno de los factores a considerar para explicar las diferencias entre las relaciones ajustadas, son las variaciones en el rango de tallas de las anchovetas que se consideraron en los distintos experimentos ó el dominio de un rango de tallas.

Es así como las anchovetas consideradas en el ajuste de la relación funcional del presente caso, variaron entre 4,5 y 13,5 cm, con frecuencias por talla que varió entre 1 y 3 y una leve tendencia a agruparse entre las tallas de 8 a 10,5 cm. Situación que diferió de la registrada en el experimento del RECLAN 9911, que de un total de 25 datos, 20 correspondieron a peces de tallas superiores con tallas entre 13,5 y 18 cm y solo 5 en tallas entre 10,5 y 11 cm. En el experimento RECLAN 9811 las tallas de anchoveta 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), mientras que en RECLAN 9801 (Castillo y Espejo, 1998) varió entre 10 y 16,5 cm.

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 2,1 a 1,8 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 2,8 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.

En el caso de sardina común, la ecuación estandarizada ajustada en el presente experimento es 0,69 dB menor que la ecuación para fisóstomos o clupeidos  $TS = 20 \text{ LOG } L - 71,9$  obtenida por Foote (1986), resultado que siendo aceptable y consistente con la biología de la especie, también puede estar influenciado por las tallas de los peces considerados en las distintas mediciones.

### 3.3 Estimación de la biomasa

Los estimados de la abundancia y de la biomasa de anchoveta y se realizaron considerando los siguientes factores:

$$TS = 20 \text{ LOG } (L) - 73,25$$

$$PESO = 0,0076 L^{2,9693}$$

En el caso de sardina común se aplicaron los siguientes factores:

$$TS = 20 \text{ LOG } (L) - 72,59$$

$$PESO = 0,0183 L^{2,656}$$



### 3.3.1 Anchoqueta

La biomasa total de anchoqueta varió entre 412.103 y 450.818 t , según el método de estimación aplicado (**Tabla 16, 17 y 18**) y con una densidad promedio entre 108,4 y 49,6 t/mn<sup>2</sup>, las mayores estimaciones se alcanzaron con los métodos de las variables regionalizadas y bootstrap los que fueron alrededor de un 8,6% mayores que los estimados con el método de los conglomerados y estratos agrupados. De esta biomasa total el 54,3% se concentró en la subzona 4 (38°318,3'S – 40°03,1'S ), donde se presentó una densidad promedio de 75,3 t/mn<sup>2</sup>. El comportamiento gregario presentado por la anchoqueta con una alta concentración de la especie en la subzona 4, junto con la presencia de peces de tallas mayores determinó que este sector concentrara el 54,3 % de la biomasa total y el 18,9% de la abundancia, mientras que en la subzona 1, dominado por peces de menor talla se concentró el 55,2% de la abundancia y solo el 11,1% de la biomasa (**Fig. 74**).

La fracción reclutas de anchoqueta en peso, varió entre 183.585 y 212.766 t (**Tabla 16, 17 y 18**), equivalente a alrededor del 50% de la biomasa total la que se localizó principalmente al norte del golfo de Arauco.

La abundancia total fluctuó entre 76.668,48 y 90.201,59 millones de ejemplares, siendo los mayores estimados con los métodos geoestadístico y bootstrap y la fracción reclutas correspondió a alrededor del 84% de esta abundancia, variando entre 74.835,76 y 64.875,43 millones de ejemplares según el método aplicado (**Tabla 16, 17 y 18**).

### 3.3.2 Sardina común

En el caso de la sardina común la biomasa total varió entre 601.373,2 y 567.818,5 t (**Tabla 18**) con una densidad promedio entre de 142,7 y 67,1 t/mn<sup>2</sup>, siendo los mayores estimados los alcanzados con los métodos geoestadístico y bootstrap. Esta biomasa estuvo constituida casi exclusivamente por peces considerados reclutas, concentrándose el 53,4 % de la biomasa en la subzona 3 (37 20'S – 40 03'S). Los peces de menor talla se ubicaron en la subzona 1 representando el 8,8% de la biomasa total.



La abundancia de sardina común varió entre 174.878,6 y 186.397,7 millones de ejemplares, siendo los mayores estimados los alcanzados con los métodos geoestadísticos y bootstrap, los que fueron entre un 2,9 y 3,4% superiores al estimado con el método de los estratos (Tabla 19, 20 y 21), la subzona 1 representó el 22,4% de la abundancia total (Fig. 75).

### 3.4 Precisión de los estimados de biomasa

Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la biomasa total de sardina común fluctuaron entre 0,098 y 0,193 según el método de estimación utilizado (Tabla 22), alcanzándose la mayor precisión con el método bootstrap, mientras que el CV más alto se obtuvo con el método de las variables regionalizadas, estos resultados determinaron un error del 31,7% para el método geoestadístico y un 16,1 % para el método de bootstrap .

Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la biomasa total de anchoveta variaron entre 0,097 y 0,12 según el método de estimación utilizado (Tabla 23), obteniéndose la mayor precisión con el método bootstrap y estratos agrupados (Wolter), mientras que el método de las variables regionalizadas presentó el CV mayor (0,12), estos niveles del coeficiente de variación se reflejaron en errores entre 15,9 y 19,7 %, siendo el menor para el estimado con el método bootstrap.

La fracción reclutas presentó un CV entre 0,1 y 0,23 siendo los menores CV los alcanzados con el método bootstrap y estratos y el más alto con el método de las variables regionalizadas.

La abundancia de sardina común presentó un CV entre 0,11 y 0,14, obteniéndose el menor valor con el método bootstrap (Tabla 22), lo que determinó coeficientes de error entre 18,1 y 23 %.

La abundancia total de anchoveta tuvo un CV entre 0,21 y 0,45 (Tabla 23), siendo el menor el alcanzado con el bootstrap y estratos agrupados (Wolter), representando coeficientes de error entre 34,5 y 74,0 %. La fracción reclutas de la abundancia tuvo un CV de 0,24 y 0,54 y errores entre 39,5 y 88,8 %.



### **3.5 Determinación de edad de sardina común y anchoveta**

#### **3.5.1 Elaboración de la clave edad-talla de anchoveta**

Para la elaboración de la clave edad-talla se analizó un total de 166 pares de otolitos de tallas comprendidas entre los 5,5 y 17,5 cm de longitud total. En esta matriz, los grupos de edad se distribuyeron entre los grupos de edad I y IV, pero de éstos el grupo I, que corresponde a la clase anual 2000, está representado en el orden del 72% de la muestra analizada (Tabla 24).

#### **3.5.2 Elaboración de la clave edad-talla de Sardina común**

Para la elaboración de la clave edad-talla se analizó un total de 217 pares de otolitos de tallas comprendidas entre los 4,5 y 16,5 cm de longitud total. En esta matriz, los grupos de edad se distribuyeron entre los grupos de edad 0 y III, pero de éstos el grupo 0, que corresponde a la clase anual biológica 2000-2001, está representado en el orden del 90% de la muestra analizada.

#### **3.5.3 Composición en número por grupo de edad.**

##### **3.5.3.1 Anchoveta**

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 I y IV, sin embargo el grupo de mayor relevancia fue el I con el 91%, el cual en términos de peso representó sólo el 69%, mientras que el grupo de edad II que en número llegó al 8%, en peso alcanzó al 29%, lo que se debe a que la talla media del grupo II duplica a la del grupo I (14 y 7g, respectivamente) (Tabla 26)

##### **3.5.3.2 Sardina común**

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 III, sin embargo el grupo de mayor relevancia fue el 0 con el 99%, el cual en términos de peso



representó el 96%. Vale decir que los otros 3 grupos presentes se repartieron en el 4% del peso restante (Tabla 27).

#### 4. Distribución espacial del reclutamiento de anchoveta y sardina común en el área de estudio (Objetivo B2).

##### 4.1 Total de especies

Las principales especies pelágicas detectadas durante la prospección fueron la sardina común (*Stangomera bentincki*), la anchoveta (*Engraulis ringens*), mote (*Nomanichthys crockeri*), jurel (*Trachurus murphyi*), cojinova, corvina, sierra y pampanito. En la Fig. 76 se presenta la distribución espacial del total de especies, destacándose que se registró la presencia en toda la zona de estudio con algunos sectores de mayor concentración ubicados entre Topocalma y sur de Constitución, que correspondieron principalmente a jurel; desde la bahía de Concepción al límite sur del golfo de Arauco y desde el paralelo 38 hasta Corral.

##### 4.2 Mote (*Nomanichthys crockeri*)

El mote se detectó íntimamente ligado a sectores costeros, que no superan las 5 mn de costa y en fondos someros inferiores a 50 m. El sector de mayor concentración se registró entre caleta Tumbes (36°37'S) y norte de Coronel (37°03'S), también se destaca la presencia de esta especie en las cercanías del paralelo 38°05'S y de puerto Saavedra (Fig. 76).

##### 4.3 Sardina Común (*Strangomera bentincki*)

Esta especie presentó una distribución costera prácticamente continua desde la desembocadura del río Mataquito (34°57'S) hasta Corral (39°55'S), ubicándose en sectores costeros desde 0,4 mn hasta 25 mn de la costa (Fig. 77). Es importante destacar que la prospección acústica se realizó hasta profundidades de 15 a 20 m, que dadas las características topográficas de la zona, se pueden presentar a 0,4 ó más millas de la costa.



La sardina se concentró mayoritariamente en tres áreas: la primera estuvo localizada en los inmediaciones de Constitución, entre los ríos Maule y Chovellen y abarca un área de 75 mn<sup>2</sup>, este núcleo se destaca por sus regulares concentraciones de densidad y por ser un sector netamente de juveniles; el segundo foco concentra las mayores densidades de la especie y se localiza entre el interior del golfo de Arauco y la bahía de San Vicente, dicho foco se caracteriza por tener una extensión superior a las 320 mn<sup>2</sup>, apreciándose que la posición de los ejemplares de sardina estuvo claramente influenciada por el río Carampangue y por el área de influencia del río Bío-bío. El último núcleo se ubicó en la desembocadura del río Imperial, en las cercanías de Puerto Saavedra, caracterizándose por presentar altas densidades y ocupar un sector geográfico de 43 mn<sup>2</sup>, este foco estuvo presentó un buen porcentaje de ejemplares adultos.

Las lecturas acústicas asignadas a sardina superaron las 170.000 Sa. En cuanto al índice de ocupación (Nº de pixeles positivas/Nº de pixeles totales), la sardina alcanzó un 43,5% del total del área; tomando en cuenta solamente las cuadrículas positivas, el 84% correspondió a pixeles de baja densidad, el 10% a celdas de mediana densidad y el 6% a concentraciones altas (**Tabla 24**).

Con respecto a la distribución batimétrica de sardina común, se observa que la especie se localiza sobre los 50 metros (**Fig. 78a**). En la Fig. 80a, se muestra la distribución batimétrica ponderada, apreciándose que alrededor del 80% de la sardina se distribuye entre los 8 y los 13 metros, con una moda en 11 m.

Las isotermas que limitaron la distribución vertical de la sardina variaron entre 9 y 16,4 C, registrándose las mayores densidades en valores levemente menores a 10 C y los 12 C, las mayores frecuencias (55%) de los registros de sardina se ubicaron entre los 10 y 12 C. Las salinidades límites de la distribución de sardina variaron entre 33,45 y 34,7 psu, registrándose las mayores lecturas entre 34,0 y 34,5 psu, correspondiendo al 68% de los registros. Las oxiclina preferidas por la sardina variaron desde el mínimo hasta 3 ml/l, tendiendo a ubicarse las mayores concentraciones entre el mínimo y 1,7 ml/l, pero el mayor número de cardúmenes (50%) entre 1,5 y 3 ml/l.



#### 4.4 Anchoqueta

La anchoqueta registró dos patrones de distribución (Fig. 77), al norte del golfo de Arauco se presentó en focos costeros destacándose los sectores ubicados entre 1 y 4 mn al norte de punta Sirena (34 30'S) caracterizado por su pequeña extensión geográfica, aproximadamente unas 70 mn<sup>2</sup> y por estar conformado en su totalidad por ejemplares juveniles; desde las 5 a 13 mn de punta Arenas (35 10'S); entre las 0,3 y 8 mn en la bahía Chanco (35 52'S) hasta punta Los Maquis (36 05'S) y; entre las 0,5 y 1,5 mn desde punta Achira (36 12'S) hasta la desembocadura del río Itata (36 25'S).

Al sur del paralelo 37 55'S se registró una distribución mas continua entre las 0,7 mn y 16 mn de la costa, con las mayores concentraciones en la franja costera hasta las 4 mn el que se caracterizó por presentar una gran cantidad de individuos adultos se concentrados en un área de 60 mn<sup>2</sup>; este foco se destaca por presentar las más altas concentraciones del recurso en la zona de estudio.. Los sectores que se destacan por las mayores agregaciones se ubicaron desde las 0,8 hasta las 2 mn desde el paralelo 38 03'S hasta el norte de caleta Tirúa (38 25'S); entre 1 y 2,5 mn desde el paralelo 38 36'S hasta punta Nigue (39 16'S) y; en las cercanías de Corral.

El índice de ocupación (IOC) de la anchoqueta es de 3827 pixeles positivos, con un IOC de un 30,5% del total. El 67% corresponde a celdas de baja concentración, el 30% a de regular densidad y sólo el 3% a celdas de alta concentración.

Las lecturas acústicas asignadas a anchoqueta superaron levemente los 87.000 Sa, siendo los más frecuentes inferiores a 30.000. En el sentido vertical la anchoqueta se distribuyó entre los 4 y 50 m (Fig. 79) en profundidades superiores a los 44 metros y la abundancia expresada en Sa ponderada se encuentra mayoritariamente entre los 8 y 14 metros en la columna de agua (Fig. 79b).

Las isotermas que limitaron la distribución vertical de la anchoqueta variaron entre los 9 y 15C, con el 45% de los cardúmenes entre los 10 y 12 C. Las salinidades variaron entre 33,4 y 34,6 psu concentrándose alrededor del 65% de los cardúmenes en las isolineas de 34 y 34,2 psu.





El oxígeno varió entre un valor mínimo ( $>0$  y  $< 0,5$  ml/l) y 3 ml/l, con más del 67% de los registros en la oxiclina de 0,5 a 2 ml/l.

## 5. Distribución de la sardina común y anchoveta respecto a las variables hidrográficas y de profundidad del fondo.

### 5.1 Sardina común

- **En relación con profundidad del fondo**

La relación entre la densidad de sardina común respecto del fondo marino indica que las más altas densidades se presentan en sectores donde el fondo marino no supera los 200 metros (Fig. 80a), en ella se aprecia, incluso Sa superiores a los 30.000 se observan solamente en lugares donde el fondo es inferior a los 80 m; finalmente, se destaca que el 90% de los ejemplares se encuentran en zonas que presentan un fondo marino no superior a los 150 metros de profundidad.

- **En relación con la termoclina**

En las Fig. 81 y 82 se muestra la ubicación de sardina común y anchoveta, respectivamente, respecto a la posición batimétrica inicial y final de la termoclina en la dirección latitudinal y en el sentido este-oeste en el área prospectada.

En la Fig. 81 se observa que en la franja costa-5 mn, existen cuatro zonas de profundización de la termoclina que están situadas en las latitudes 36°S, 38°S, 39°S y 40°S, estas áreas se destacan por tener una pequeña extensión latitudinal y en ellas la termoclina se profundiza por sobre los 20 metros. En la franja de 5 a 10 mn, los sectores tienden a mantenerse, no obstante que se presenta un área de una gran extensión norte-sur que comienza aproximadamente en la latitud 37°30'S y finaliza en los 38°30'S, con una profundidad promedio de la termoclina de más de 20 m. En los sectores por sobre las 10 mn de la costa, el patrón de la termoclina difiere totalmente de las franjas descritas anteriormente, ya que la termoclina se presenta a una mayor



profundidad, especialmente desde la latitud 37°S al sur, zona donde la termoclina comienza aproximadamente a una profundidad promedio de 10 m; por otra parte los sectores tienden a mantenerse, es así como el primer sector donde se profundiza la termoclina (36°S) se mantiene hasta los 37°S con lo cual se genera una gran área, los siguientes sectores se mantienen pero amplían significativamente sus coberturas geográficas.

La sardina, como se mencionó anteriormente, se localiza en profundidades inferiores a los 50 metros y una gran mayoría de ésta se distribuye por sobre los 20 metros. Por otro lado, si se aprecia la distribución del recurso respecto de la termoclina, se observa que en la franja entre la costa y las 5 mn el mayor porcentaje de los individuos se localizó entre y bajo la termoclina (sobre el 95%), especialmente desde la latitud 38°S al sur. En la franja 5-10 mn, los ecotrazos de la especie disminuyen considerablemente, manteniéndose en general la estructura de la termoclina, en esta franja casi el 90% de las lecturas acústicas se ubican entre los límites de la termoclina. En el sector de más de 10 mn de la costa la termoclina tiende a profundizarse, lo anterior implica que aproximadamente el 60% de los individuos se sitúen sobre el límite superior de la termoclina (**Fig. 81**).

- **En relación con la temperatura**

La imagen de temperatura superficial del mar, registrada a través del equipo EPCS se muestra en la **Fig. 83a**, se observa que las TSM fluctuaron entre los 9 y 18°C; apreciándose el predominio de TSM entre los 13-15°C. Desde la latitud 35°S y la desembocadura del río Itata se produce una fuerte intrusión de aguas cálidas con TSM que incluso superan los 17°C. Desde la desembocadura del Itata hasta el golfo de Arauco hay una disminución de la TSM que oscila en el rango 10,5-14°C. Desde punta Lavapie a los 40°S, la TSM sufre una gran variación ya que se observa una franja de aguas frías en las cercanías de la costa y que alcanza las 10 mn en las proximidades del río Calle-Calle, dichas aguas están asociadas a eventos de surgencias.

En términos geográficos, se puede apreciar que los mayores focos de la especie se encuentran asociados a los ríos Chovellen, Carampangue e Imperial. Cabe destacar que los focos de sardina quedan atrapados por diferenciales de temperaturas, es así como el caso del foco



ubicado en la salida del río Chovellen, éste tiene como límite sur-oeste el gradiente formado por aguas de 14-15°C y el núcleo de alta densidad relacionado con el río Imperial queda circunscrito al borde interno del gradiente de aguas de 10-11°C (Fig. 83a).

Con respecto al número de pixeles de sardina y su relación con la TSM, ésta se muestra en la Fig. 84a; así, es posible apreciar que la sardina común se presentó en un rango de TSM desde los 10°C hasta los 18°C, con una clara preferencia por temperaturas de 14 y 15°C.

- **En relación con la salinidad**

La Fig. 83b muestra que la salinidad superficial presentó un amplio rango de distribución desde registros inferiores a los 33,0 psu, los cuales están principalmente asociados a los deltas de ríos como el Bío-bío, Imperial y Toltén, hasta valores que alcanzan los 34,5 psu que se presentan en el sector norte de la zona de estudio. La distribución latitudinal de estas variables presenta un marcado gradiente salino en dirección norte-sur, de esta manera en el sector norte se observan las salinidades más altas y a medida que se avanza hacia el sector sur ésta disminuye. Cabe destacar, la drástica disminución de las salinidades al sur de Lebú y los altos gradientes salinos que se forman en el área sur de la zona de estudio.

En cuanto a los focos de alta densidad de sardina, se aprecia que éstos estarían relacionados en algún grado con gradientes salinos, lo anterior se puede verificar ya que se aprecia que el núcleo ubicado en el golfo de Arauco está limitado por el diferencial salino de 33,7-33,8 psu y el foco localizado en la desembocadura del río Imperial está acotado por la isohalina de 34,0 psu (Fig. 83b).

La Fig. 84b muestra que el recurso se encuentra principalmente en salinidades superiores a los 33,5 psu; no obstante que cuando se encuentra en las proximidades de los ríos se ubica en salinidades bastante bajas, finalmente se señala que la especie posee una acentuada inclinación por salinidades de 34,0 a 34,2 psu.



- **En relación con el oxígeno disuelto**

El oxígeno superficial, registrado a través del CTD, fluctuó entre los 0,01 y 9,0 ml/L (Fig. 83c), con un predominio del estrato 4,5-7,5 ml/L, destacándose la una franja costera de bajo contenido de oxígeno, desde el golfo de Arauco al sur, que está asociada a una banda de aguas frías relacionadas con eventos de surgencias (Figs. 83a y 83b).

Respecto a la cantidad de celdas con presencia del recurso y su relación con el oxígeno, se aprecia que la especie tiene una nítida inclinación por el estrato 4,5-7,5 ml/L (Fig. 84c).

- **En relación con la densidad**

La densidad superficial fue registrada mediante el equipo CTD y varió desde los 24,75 hasta los 26,50 Sigma-t (Fig. 83d), con un predominio de aguas de densidad menor a 25,75 Sigma-t. En la figura se destacan tres focos de alta densidad, los cuales están vinculados con la desembocadura de ríos; el primero se encuentra a la salida del río Chovellen y se encuentra relacionado con un núcleo de alta densidad de sardina, el segundo está ubicado en el golfo de Arauco donde se detectaron grandes densidades de ambas especies y el tercer foco esta localizado al sur del río Toltén (Fig. 83d).

Respecto a la sardina y su relación con la densidad, la especie se reporto en un rango de 24,75-25,52 Sigma-t, con preferencia por el rango 25,50-26,00 Sigma-t (Fig. 84d).

## 5.2 Anchoveta

- **En relación con la profundidad del fondo**

En cuanto a la anchoveta, ésta se distribuye desde los 7 a los 470 metros de profundidad del fondo marino, aunque el 90% de los individuos se localiza en sectores donde el fondo tiene profundidades menores a los 150 m (Fig. 80b). Asimismo, se señala que Sa por sobre los



30.000 (m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) se presentan únicamente en áreas en las cuales el lecho marino es inferior a los 75 m; con la excepción de una lectura acústica que se encuentra ubicada en la profundidad 120 m.

- **En relación con la termoclina**

La anchoveta, al igual que la sardina, se presenta mayoritariamente en profundidades inferiores a los 20 metros. Lo anterior queda claro al analizar la distribución de la especie en relación con la termoclina (**Fig. 82**). En la franja de 0 a 5 mn, el 97% de los ejemplares está entre y debajo de la termoclina, especialmente al sur del meridiano 37°S. A su vez, en la franja 5-10 mn, además de que la abundancia del recurso disminuye notablemente, se registra la tendencia a profundizarse y la totalidad de los ejemplares se encuentran bajo el borde superior de la termoclina. Finalmente, en el sector más oceánico, el recurso reduce su cobertura geográfica y abundancia y no se presenta en profundidades superiores a los 20 metros, con sobre el 65% de los ejemplares ubicados sobre la termoclina (**Fig. 82**).

- **En relación con la temperatura**

En la **Fig. 83a**, se observa la distribución de las TSM y de los focos de anchoveta. En ella se aprecia como el primer foco localizado a la salida del estero de Paredones queda restringido por el borde interno del gradiente de TSM de 14 y 15°C, por el norte y el borde externo del gradiente de 12 y 13°C, por el sur; en cuanto al núcleo del golfo Arauco, se observa que éste es de gran extensión y que es acotado por el área de influencia que forman los ríos Bío-Bío y Campangué; respecto del centro de alta concentración establecido a la salida del río Toltén, está limitado por el borde interno del gradiente 10-11°C.

Respecto a la relación la especie y la TSM, en la **Fig. 85a** se advierte que la anchoveta se localizó en el rango 10 a 18°C, con una preferencia de temperaturas de 11°C y, al igual que la sardina, del estrato 14-15°C.



- **En relación con la salinidad**

Como se mencionó anteriormente, la salinidad superficial presentó un amplio rango de distribución con registros inferiores a 33,0 psu y valores que superan los 34,5 psu (Fig. 83b). Relativo a los focos de alta densidad de la especie, ésta se ubica en un amplio rango de salinidades, es así como el primer foco se ubica en salinidades muy altas de 34,3 psu, en tanto que el núcleo localizado en el golfo de Arauco está localizado en salinidades intermedias de 33,7-34,0 psu, finalmente, el foco que se encuentra en la desembocadura del Toltén se encuentra circunscrito a salinidades muy bajas.

En cuanto a la relación salinidad v/s anchoveta, la especie evidencia una preferencia por salinidades entre 33,9 y 34,1 psu, las cuales son levemente más bajas que la preferidas por la sardina.

- **En relación con el oxígeno disuelto**

En el caso de la anchoveta, los focos de mayor concentración del recurso se localizan en zonas de contenido intermedio de oxígeno, lo anterior implica que al relacionar la cantidad de celdas con el oxígeno se advierta una preferencia de la especie por un amplio rango que va desde 3,0 a 7,5 ml/L (Fig. 85c).

- **En relación con la densidad**

En cuanto a la anchoveta, los focos de mayor concentración del recurso se localizan en sectores donde existe una densidad intermedia, esto se observa de manera más clara al apreciar que la anchoveta muestra inclinación el estrato de 25,50 a 26,00 Sigma-t (Fig. 85d).



### 5.3 Distribución espacial de los recursos y su relación con la temperatura y clorofila "a" superficial recolectadas por satélite

#### 5.3.1 Sardina común

- En relación con la TSM\_NOAA

En la Fig. 86 se aprecia la evolución diaria de la TSM registradas por el satélite NOAA y, por superposición de capas, la distribución de las especies. El día 09 de enero las TSM se distribuyen mayoritariamente en el estrato 13-18°C no encontrándose indicios de eventos de surgencia ya que no se observan aguas frías a lo largo de la costa; asimismo se observa que los recursos se concentran en las proximidades del río Itata, este día la sardina se ubica preferentemente en TSM de 15°C (Fig. 87), lo anterior es totalmente coincidente con lo expuesto anteriormente (ver Fig. 84a). El día posterior, la plataforma de muestreo se desplazó hacia el sur implicando que la sardina se detectó entre el Itata y el puerto de Talcahuano distribuida principalmente en aguas de 14 y 15°C (Fig. 87), al igual que el día anterior no se aprecian aguas surgentes en la costa. El día 11 de enero, comienzan los primeros indicios de un evento de surgencia ya que hay un afloramiento de aguas frías en el borde costero, este día el buque realizó los muestreos en los alrededores del golfo de Arauco y se aprecia claramente como la sardina está restringida en su borde exterior por una pluma de aguas surgentes al oeste de punta Lavapie.

Entre los días 13 y 17 de enero se aprecia que continuaron las aguas frías a lo largo de la costa lo que se asocia a aguas surgentes que provienen de zonas más profundas, sin embargo no se advierten grandes concentraciones de la especie. Entre el 20 y 22 de enero comienza la relajación del evento ya no se advierten aguas frías a lo largo de la costa, en esta fecha la plataforma de trabajo muestrea un gran sector ribereño entre la latitud 38°S y el estuario del Calle-Calle.

En general se concluye que la especie tiene una predilección por el rango 14 a 16°C, lo que es semejante con la información recolectada por EPCS que indica que la sardina tiene una preferencia por el la TSM de 14 y 15°C.



- **En relación con la clorofila superficial recolectada por el satélite SEAWIFS**

En la Fig. 88 se presentan ejemplos diarios de localización de los recursos versus la clorofila "a" superficial (CLOAS), registrada a través del sensor SEAWIFS. Se aprecia que la CLOAS presenta mayoritariamente valores en el rango 0,01-3,0 mg/m<sup>3</sup>; asimismo, se observan sectores característicos de alta concentración de clorofila como por ejemplo el golfo de Arauco y el delta del río Chovellen.

El día 11 de enero, los muestreos se realizaron en las proximidades del golfo de Arauco apreciándose que la especie se localizó en sectores de alta concentración de clorofila; lo anterior fue ratificado al observar que la especie estuvo presente en un amplio margen de valores de CLOAS, aunque con un cierto predominio de valores menores a los 5 mg/m<sup>2</sup> (Fig. 89a). El día 14 de enero se apreció una disminución en los valores de la clorofila no obstante que todavía continúan algunos focos y filamentos de alta densidad en sectores costeros, por su parte la sardina se ubicó al sur-oeste de la bahía de San Vicente en concentraciones de clorofila más bajas respecto del día 11, ésto se reflejó en que la sardina se encontró mayoritariamente en concentraciones menores a los 3 mg/m<sup>3</sup>. (Fig. 89a).

### 5.3.2 Anchoveta

- **En relación con la TSM\_NOAA**

El día 09 de enero, la anchoveta posee una distribución levemente más costera que la sardina y centrada en la desembocadura del Itata ubicándose principalmente sobre la isoterma de 15°C (Figs. 86 y 90). El día 10 la anchoveta se encontró localizada al frente de Talcahuano y realizó un desplazamiento hacia el oeste, sin embargo este día no se aprecian grandes focos del recurso y los ejemplares se situaron en TSM frías llegando hasta los 13°C.

El inicio del evento de surgencia del 11 de enero coincidió con los muestreos en sectores aledaños al golfo de Arauco, encontrándose la anchoveta en el rango 13-16°C con una inclinación hacia los 15°C. Entre el 20 y 22 de enero finalizó el evento de surgencia, no





apreciándose aguas frías en las cercanías de la costa, en estos días se realizó una prospección a un extenso sector al sur de la latitud 38°S la cual dio como resultado un rango de preferencia de 14-16°C, siendo consistente con los resultados alcanzados mediante el EPCS.

- **En relación con la clorofila superficial recolectada por el satélite SEAWIFS**

En la Fig. 88 se observa la distribución de la anchoveta y de la clorofila "a" superficial (CLOAS). En el caso de la anchoveta sólo es posible analizar el día 11 de enero, ya que únicamente en dicho día hubieron registros acústicos de la especie. Se observa que ambas especies se encuentran íntegramente traslapadas, en un área de alta concentración de clorofila como la reportada en el golfo de Arauco, lo anterior implica que la anchoveta ese día se distribuya en un amplio estrato de clorofila, pero con tendencia a situarse en valores inferiores a los 4 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 89b).

#### **5.4 Señal latitudinal de los recursos y su relación con las variables oceanográficas**

##### **5.4.1 Sardina común**

La señal latitudinal de las lecturas acústicas de sardina y de las variables ambientales se muestra en las Figs. 91 y 92, las señales fueron estimadas como el valor promedio en una franja longitudinal de 6 mn y 1mn en el sentido latitudinal.

En la figura ya mencionada se puede observar que las dos mayores concentraciones de sardina (el núcleo del golfo de Arauco y el que se encuentra en las inmediaciones de Pto. Saavedra) están relacionadas con variaciones latitudinales negativas de la TSM, es decir se encuentran en sectores donde la temperatura va descendiendo en el sentido norte-sur (Fig. 91a), los cuales a su vez se asocian con gradientes de temperaturas moderados (Fig. 92a). Con respecto a la salinidad, la serie señala drásticos diferenciales de la variable relacionados con la presencia de desembocaduras de ríos, lo anterior está muy relacionado con los focos de mayores densidades de la especie, ya que éstos se encuentran inmediatamente al sur de estos gradientes latitudinales (Fig. 91b); asimismo, en estas áreas se producen considerables gradientes salinos (Fig. 92b). Relativo a la clorofila, se observa que las grandes densidades de la especie se encuentran



asociadas a las mínimas concentraciones de CLOA (Fig. 91c), a excepción del núcleo localizado al interior del golfo de Arauco.

#### 5.4.2 Anchoqueta

Para el cálculo de la señal latitudinal de la anchoqueta también se utilizaron los valores promedio en una franja de 6 mn en la dirección este-oeste y 1mn en el sentido latitudinal.

La Fig. 93 nos muestra que las altas concentraciones de la especie están asociadas a descensos bruscos de TSM (Fig. 93a), es así como el foco ubicado frente al estero de Paredones esta relacionado con un sector en la cual las temperaturas presentan un continuo descenso en el sentido norte-sur, de igual forma los núcleos emplazados en el golfo de Arauco y en la latitud 37°S se sitúan en sectores donde la temperatura presenta continuos decrecimientos; lo anterior se refleja claramente en el centro de alta concentración establecido frente al río Toltén, el cual claramente se encuentra relacionado con un brusco descenso de las TSM y con gradientes térmicos medianos (Figs. 93a y 94a); lo anterior es coincidente con lo expresado por Castillo *et al.*, (2000) en el sentido que los mayores focos del recurso se localizan en zonas de gradiente latitudinal negativo, las cuales son aledañas a sectores de surgencias. En relación a la salinidad, los bruscos cambios de la variable en los deltas de los ríos están altamente vinculados con la aparición de sectores de alta densidad de anchoqueta ya que éstos se encuentran limitados a dichos gradientes (Fig. 93b). En cuanto a la clorofila, se advierte que por lo general las grandes densidades de anchoqueta se sitúan en las mínimas de concentraciones de clorofila "a" (Fig. 93c), a excepción del núcleo localizado al interior del Golfo de Arauco; es así como el primer foco se encuentra en un mínimo de CLOA que puede relacionarse con la salida de algunos ríos y esteros en ese sector y la concentración más importante de la especie (ubicada en la desembocadura del río Imperial) también está relacionada con un mínimo valor de la variable.



## VIII. ANALISIS DE RESULTADOS

---

### 1. Análisis comparativo de la hidrografía con cruceros anteriores de similar naturaleza

El análisis comparativo de la hidrografía en la región de estudio, tiene el propósito de contrastar los resultados obtenidos en este crucero con los reportados en otros de similar naturaleza, es decir, cruceros acústicos y bio-oceanográficos vinculados con la región costera del centro-sur de Chile durante el período estival. Además, se incorpora a este análisis, información reportada en una escala menor de observación, asociada fundamentalmente a la región costera a la zona de bahías y golfos de la VIII Región.

Existen sólo dos estudio de evaluación hidroacústica de las especies objetivo (sardina común y anchoveta) realizado con anterioridad (diciembre de 1995; diciembre de 1999) entre Valparaíso e Isla Mocha (Castillo *et al.*, 1996, Núñez *et al.*, 2000). Los resultados reportados en esta oportunidad, se contrastan además, con cruceros similares desarrollados para la evaluación directa de merluza común para la región costera de la zona central de Chile durante el período primaveral (1995, 1997, 1999 y 2000, Blanco, 1995; Núñez & Ortiz, 1998, 1999; Núñez *et al.*, 2000) y, con un crucero realizado para la delimitación y cuantificación de las áreas de desove de sardina común y anchoveta entre Valparaíso y Corral, entre octubre y noviembre de 1996 (Castro *et al.*, 1997).

Las investigaciones anteriormente citadas, se enmarcan en una época donde las condiciones hidrográficas de la región de estudio son influenciadas por el proceso de surgencia costera. Este proceso ha sido reconocido frecuentemente en la región central de Chile (Wooster y Ried, 1963; Brandhorst, 1971; Arcos, 1987; Strub *et al.*, 1998), el cual presenta una marcada estacionalidad en la región centro-sur de nuestro país (Arcos y Navarro, 1986; Arcos, 1987), iniciándose a comienzos de septiembre y perdurando hasta fines de marzo, con máximos durante los meses de diciembre y enero (Arcos, 1987).



En particular, entre punta Nugurne (35°57'S) y punta Manuel (38°30'S) la surgencia se desarrolla en un área con compleja batimetría, con la presencia de numerosas bahías, salientes topográficas y cañones submarinos; no obstante, en su mayoría estos estudios han tenido un enfoque bidimensional y sólo Sobarzo (1999) explica el proceso de surgencia frente a la VIII Región a través de un modelo conceptual tridimensional.

Al igual que lo reportado para los cruceros de diciembre de 1995 (Núñez *et al.*, 1996) y de octubre-noviembre de 1996 (Castro *et al.*, 1997) y, para estudios que involucraron una escala de observación menor realizados frente a las costas de la Octava Región (Arcos, 1987; Sobarzo, 1994), los resultados obtenidos a partir de las medidas en terreno, sugieren un comportamiento diferencial en la distribución espacial de la oceanografía entre el sector norte (hasta los 35°S), el sector central (36°-38°S) y el sector sur (38°-40°S) del área de estudio. Estas diferencias en la distribución espacial, tanto latitudinal como longitudinal (costa-océano) de la hidrografía costera pueden ser explicadas: **a)** a través de la identificación de focos locales de surgencia costera, asociadas principalmente al efecto local de puntas o salientes topográficas, como por ejemplo, cabo Carranza (35°34'S), punta Nugurne (36°S), punta Tumbes (36°38'S), punta Lavapié (37°08'S), punta Morguilla (37°43'S) y, en este crucero, punta Galera (40°00'S) (Bradhorst, 1971; Kelly y Blanco, 1984; Cáceres y Arcos, 1991; Cáceres, 1992; Núñez, 1995; Núñez *et al.*, 1997; Sobarzo, 1999), lo que se desprende también del análisis espacial de imágenes satelitales de TSM desarrolladas para diciembre de 1999 (Núñez *et al.*, 2000) y para este estudio; y, **b)** el aporte de aguas continentales por los principales ríos de la región (Castro *et al.*, 1997; Quiñones y Montes, 1999; Vargas *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 2000), los que modifican la distribución espacial de las variables hidrográficas observadas a través del análisis de las cartas horizontales y secciones transversales de distribución.

La presencia de AESS en el sector nerítico del área de estudio, descrito aquí a través del análisis de los campos horizontal y vertical de la temperatura, densidad y de la concentración de oxígeno disuelto, es consistente con lo señalado por otros autores para la región y período de estudio (Brandhorst, 1971; Díaz, 1980; Shaffer, 1984; Arcos y Salamanca, 1984; Sobarzo, 1999, Núñez *et al.*, 2000), quienes describen aguas comparativamente más frías y salinas y el ascenso de las isohalinas de 34,5 y 34,6 psu y de las isopicnas de 26,2 y 26.3  $\sigma_t$ , hacia la región costera



(< 10 mn) entre los 35 y 38 °S. La distribución de mínimas de oxígeno (< 1 ml l<sup>-1</sup>) ya ha sido reportado en estudios anteriores (Díaz, 1980; Kelly y Blanco, 1984; Arcos, 1987; Núñez *et al.*, 1996; Castro *et al.*, 1996), reflejando la intrusión permanente durante el verano, de aguas pobres en oxígeno sobre la plataforma continental, modificando el habitat de los recursos sardina común y anchoveta en la región centro-sur de Chile.

Los valores bajos de concentración de clorofila-a superficial en la región costera situada entre los 35 y 38°S son consistentes espacialmente con la presencia de aguas frías y más densas asociadas con el ascenso de AESS producto de focos locales de surgencia costera. Durante la surgencia activa, una mayor concentración de nutrientes es detectado cerca de la costa, en tanto que la temperatura y el oxígeno disminuyen (Arcos *et al.*, 1987; Núñez, 1995) así como la concentración de clorofila-a se mantiene relativamente baja durante la fase inicial del evento (Arcos, 1987; Arcos *et al.*, 1987; Arcos *et al.*, 1996; Strub *et al.*, 1998). Esta variabilidad de pequeña escala (días) explicaría niveles bajos de biomasa fitoplanctónica en este sector, si las estaciones muestreadas se hayan realizado durante un evento de surgencia activa, lo que es confirmado por el análisis de imágenes satelitales entre el 10 y el 17 de enero de 2001.

La distribución hidrográfica vinculada con focos locales de surgencia es muy consistente con lo informado en la literatura para datos de terreno, tanto hidrográficos como de circulación, en diferentes zonas de la región centro-sur de Chile (Díaz, 1980; Kelly y Blanco, 1984; Blanco, 1984; Sobarzo, 1999), así como también por diversos estudios que han analizado imágenes satelitales de TSM y la presencia recurrente de aguas más frías y densas y más pobres en oxígeno asociadas a punta Nugurne, punta Tumbes; punta Lavapié y punta Morguilla (Fonseca y Farías, 1987; Cáceres y Arcos, 1991; Cáceres, 1992; Núñez *et al.*, 1996; Arcos *et al.*, 1996; Castro *et al.*, 1997; Sobarzo, 1999).

La extensión hacia el océano de filamentos de surgencia descritos aquí, que fluctuaron entre los 36,4 y 147,8 km ( $76,7 \pm 26,90$  km), se encuentran en el orden de magnitud de los reportados para el crucero acústico de diciembre de 1999 ( $104,6 \pm 42$  km) para la región centro-sur de Chile y, para la región de surgencia frente a Talcahuano (50-150 km; Cáceres, 1992), excediendo el rango de distribución espacial de los recursos anchoveta y sardina común en el área de estudio (< 30 mn, Cubillos *et al.*, 1998; Cubillos, 1999). En tanto, los cálculos de cobertura areal para las



isotermas representativas de surgencia activa (10, 11, 12 y 13 °C) revelaron que el habitat de estos recursos en la región centro-sur de Chile se encuentra permanentemente afectado por aguas frías.

Desde el punto de vista dinámico, y en particular para la región centrada frente a Talcahuano, la alternancia entre eventos de surgencia activa y de relajación, conjuntamente con la compleja batimetría en esta región han permitido a diversos autores postular una recirculación costera de aguas y sectores de retención de partículas (Arcos, 1987; Arcos *et al.* 1986; Núñez *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 1997; Vargas *et al.*, 1997; Sobarzo, 1999), lo que conlleva a inferir un efecto potencial sobre el reclutamiento de sardina común y anchoveta en este sector.

La distribución general de la hidrografía en el interior del golfo de Arauco ha sido descrito por diversos autores (Djurfeldt, 1989; Sobarzo *et al.*, 1991; Strub *et al.*, 1998) quienes sostienen que la batimetría de la región, además del comportamiento del viento y la marea inducen una capa superficial más profunda en el lado occidental del golfo y un ascenso de aguas más frías, densas y pobres en oxígeno hacia el sector oriental, siendo consistente con lo reportado aquí a través del análisis de las transectas adicionales realizadas al interior del golfo de Arauco.

Al sur de los 38 °S no fueron tan evidentes la recurrencia de focos de surgencia costera, sin embargo, se destaca la respuesta topográfica de punta Galera (ver imagen TSM del 28/01/01) que influye en la detección costera de aguas frías y de concentraciones bajas de oxígeno disuelto en el extremo sur del área prospectada.

Cabe también destacar que, en este sector es importante el efecto de mezcla de las ASAA con aguas de origen continental debido al aporte fluvial de los diversos ríos de la región, lo que ha sido documentado anteriormente por estudios de carácter oceanográfico (Bradhorst, 1971) y corroborado por cruceros de similar naturaleza a la actual y en similar región de estudio (Blanco, 1995; Castro *et al.*, 1996; Núñez y Ortiz, 1998; Núñez y Ortiz, 1999; Núñez *et al.*, 2000). El efecto de la dilución salina no ha sido corroborado espacialmente sobre la distribución de sardina común y anchoveta, no obstante se ha sugerido una relación positiva entre estos factores (Castillo *et al.*, 1996; Cubillos *et al.*, 1999).



## 2. Biología pesquera y relaciones longitud-peso

### 2.1 Biología Pesquera

Los resultados de este crucero al contrario del RECLAS9912 permiten constatar que se produjo una estratificación latitudinal en los reclutas y en los adultos de anchoveta referente a la longitud y al peso, los que van aumentando conforme se avanza hacia el sur (Tabla 3 y 4). Lo anterior ocurre porque en la zona de Corral se encontró el menor porcentaje de ejemplares reclutas y la distribución de tallas se desplazó hacia tallas mayores lo que lleva consigo un aumento inminente de las tallas y los pesos medios (Fig. 53 y 58). Los resultados obtenidos sugieren una estratificación en cuanto a edad y tallas para anchoveta ya que la distribución de tallas por zona muestra marcadas modas ya sea en reclutas o adultos. Para sardina común dicha tendencia no es aplicable puesto que el 93 % de los ejemplares muestreados eran reclutas.

Durante el presente crucero, las anchovetas adultas se encontraban en estados 2 mayoritariamente y 3 en menor grado los adultos de sardina común presentaron en su totalidad madurez 2 (post-desove) los ejemplares de ambas especies encontradas en estado 2 indican que habrían finalizado su época reproductiva.

Respecto a la proporción sexual de las anchovetas se observó un predominio intermitente tanto de hembras como de machos a lo largo de toda la distribución de tallas para finalmente dominar los machos con un 50,8 % del total de ejemplares adultos, exceptuando la zona de San Antonio donde todos los ejemplares se presentaron inmaduros. En sardina común se observa similar tendencia a la evidenciada en anchoveta con dominios intermitentes de machos y hembras en toda la distribución de tallas con predominio final de machos con un 53 % del total de individuos maduros, la zona de San Antonio presenta nuevamente sólo con ejemplares inmaduros de sardina común.

La comparación de las pendientes de las regresiones longitud-peso permiten determinar diferencias significativas entre las zonas de pesca. Estas diferencias en los pesos promedios por clase de longitud son más evidentes entre las zonas Talcahuano-Corral (Tabla 6) en



anchovetas mayores a 10,5 cm, hecho motivado principalmente por la distribución desigual en los rangos de talla de los ejemplares capturados. Con referencia a sardina común y comparando las pendientes de regresión se aprecian diferencias significativas entre las zonas Talcahuano-Corral, diferencia que lleva a una mayor estimación de pesos medios en la zona de Corral sobre los 8,0 cm, esto puede concordar además con las diferencias en el tamaño de la población muestreada en cada zona (Tabla 7 y Fig. 61).

## 2.2 Modelos no lineales en el ajuste de la relación longitud-peso de anchoveta y sardina común.

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. En este caso se acepta que la relación logarítmica entre las variables corresponde a un modelo de regresión que es "intrínsecamente lineal", pero este procedimiento realiza una aproximación analítica de los parámetros del modelo y en algunos casos sus desviaciones estándar resultan irreales

De allí que Skillman y Yong (1974) recomiendan utilizar en forma alternativa otros procedimientos, como el método de las estimaciones de mínimos cuadrados 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 mas adecuados en la estimación de los parámetros biológicos, en el trabajo se analizaran 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 minimización de la función objetivo llamado método no-lineal y luego se efectúa un análisis comparativo entre ambos ajustes para determinar aquel que representa mejor al modelo de ajustado. Además, es necesario mantener cierta consistencia con los resultados históricos de las relaciones longitud-peso, que se han obtenido con el método lineal, hasta establecer si las diferencias entre ambos ajustes son sistemáticas y susceptibles de corregir.

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 es de tipo multiplicativo, 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.

Más aún, la comparación de los ajustes lineal y no-lineal tampoco se puede realizar mediante el contraste de la minimización de la suma de cuadrados de los residuales, por que cada uno de los modelos entregan estimados mínimos pertenecientes a espacios muestrales distintos.

Los criterios entonces para determinar el modelo mejor ajustado a los datos debe cumplir con que la esperanza del error residual es igual a cero y que la varianza permanezca constante con los



cambios en la variable dependiente (PESO) o independiente (L) (Skillman y Yong, 1974) 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, para anchoveta el grado de ajuste con ambos procedimientos (lineal y no lineal), fue muy similar;  $R^2 = 0,9640$  y  $R^2 = 0,9611$ , respectivamente (Tabla 8).

En relación con la sardina común el mejor ajuste se logró con el método no lineal, con un  $R^2 = 0,9390$ , el que es mayor al obtenido con el modelo lineal, que fue de  $R^2 = 0,8194$  (Tabla 9).

EL hecho de que en un caso el resultado obtenido con ambos métodos fue igual y no así en el otro, sugiere que el ajuste por modelo no-lineal no es mejor que el lineal *per se*. Esto es más claro si se consideran los resultados de Skillman y Yong (1994), para peces espada puesto que ellos encontraron que el mejor ajuste se obtenía usando un modelo lineal para la determinación de los parámetros de la relación longitud-peso.

### 3. Distribución espacial de los recursos

En relación con el fondo marino, se aprecia que aproximadamente un 90% de los ejemplares de ambas especies se distribuyen en sectores donde el fondo marino no es superior a los 150 metros, lo anterior es totalmente coincidente con lo encontrado en el crucero realizado en la primavera de 1999 (RECLAS 9912) en el cual ambas especies tuvieron una marcada preferencia por zonas donde el lecho marino no supera los 125-150 metros de profundidad.

Con respecto a la termoclina, en este crucero se observaron, en términos generales, cuatro zonas de ahondamiento de la termoclina que están situadas en las latitudes 36°S, 38°S, 39°S y 40°S, de las cuales sólo dos (latitudes 36°S y 40°S) concuerdan con los sectores de profundización encontrados en RECLAS 9912. En cuanto las preferencias de los recursos, la gran mayoría de sardina se distribuye por sobre los 20 metros y un porcentaje considerable se localizó entre y bajo la termoclina, especialmente desde la latitud 38°S al sur (Fig. 82a), lo que difiere notablemente del crucero pasado, en el cual el 39% de los ecotrazos se presentó sobre el límite superior. En relación con la anchoveta, al igual que la sardina, se presenta mayoritariamente en profundidades



menores a los 20 metros y sobre el 90% de los individuos está entre y debajo de la termoclina, lo que también difiere con el año pasado en el cual sólo el 60% de la especie se encontraba bajo el límite superior de la termoclina.

En cuanto a la temperatura, la imagen de TSM, registrada a través del equipo EPCS, indica que las temperaturas variaron entre los 9 y 18°C, con un predominio de TSM entre los 13-15°C. A su vez, la sardina muestra una clara preferencia por temperaturas de 14 y 15°C, lo que varía notablemente con lo expuesto el año anterior en que el recurso se presentó entre los 10 y 13°C, con una marcada moda de 11°C (Fig. 95). Relativo a la anchoveta y su relación con la TSM, se advierte que la especie se localizó en el rango 10-18°C, con una preferencia por las temperaturas de 11, 14 y 15°C, lo que también discrepa con el año anterior en el cual la especie demostró una clara inclinación por los 12°C (Fig. 96).

Referente a la salinidad, se aprecia que en el presente caso, los focos de alta densidad de sardina están relacionados con gradientes salinos, lo anterior se puede verificar en el golfo de Arauco cuyo foco está limitado por el gradiente de 33,7-33,8 psu y en el localizado a la salida del río Imperial que está acotado por la isohalina de 34,0 psu, por último se destaca que la sardina posee una inclinación por salinidades de 34,0-34,2 psu, lo cual es de cierta manera comparable a la prospección precedente en la cual la especie tuvo una leve preferencia por el rango entre 33,8 y 34,4 psu. Por su parte, la anchoveta evidenció una inclinación por las salinidades desde 33,9 a 34,1 psu, esto difiere de lo encontrado el año anterior en que la especie mostró inclinación por un estrato más alto de 34,2 a 34,4 psu.

En cuanto al oxígeno superficial, registrado a través del CTD, éste varió desde los 0,01 hasta 9,0 ml/L, con un dominio del rango 4,5-9,0 ml/L. Este año la sardina, presentó una clara preferencia por el estrato 4,5-7,5 ml/L, lo que difiere notablemente con el año anterior, ya que si bien en el crucero anterior la especie se distribuyó en un rango entre 1,5-10,5 ml/L, ésta tuvo dos marcadas modas de 1,5 ml/L y de 4,5 ml/L, valores que están muy por debajo del rango preferido por el recurso este año. En el caso de la anchoveta, los focos de mayor concentración del recurso se localizan en zonas de contenido intermedio de oxígeno, lo que implicó que el rango de preferencia se situó entre los 3,0-7,5 ml/L, lo cual es totalmente coincidente con el



año anterior, en que la especie mostró preferencias por un rango similar con una moda en los 4,5 ml/L.

#### 4. Estimados de biomasa de anchoveta sardina común y de la fracción reclutas y su precisión.

##### 4.1 Sardina común

La biomasa de sardina común estuvo compuesta casi exclusivamente por ejemplares juveniles calificados como reclutas, registrándose una leve tendencia a aumentar las tallas de los ejemplares hacia el sur de la zona de estudio, situación que en términos generales coincide con los resultados alcanzados por Cubillos *et al.*, 1998 y Castillo *et al.*, 2000, los que en su oportunidad registraron en diciembre una alta homogeneidad en las tallas de las capturas y de los estimados de biomasa con rangos entre 4 y 9 cm. La presencia de peces de talla superior al umbral definido para el reclutamiento (11,5 cm) hacia las subzonas ubicadas en la mitad sureña de la zona de estudio, sugieren que el proceso de reclutamiento empieza a finalizar en enero y que presenta un sentido latitudinal inverso al sugerido como hipótesis de trabajo. En todo caso el alto dominio de los juveniles en toda la zona de estudio confirman que el periodo del crucero fue adecuado para cubrir la fracción juvenil de la población.

En el presente caso la biomasa de sardina (567.818,5 t) fue un 55,5% mayor que la registrada en el crucero de primavera de 1999 (Crucero RECLAS 9912) con el método de las tallas (252.601 t), pero en abundancia fue inferior (174.878,6 millones de ejemplares) en un 9,7% (193.708 millones de ejemplares). Esta diferencia se explica por un efecto combinado entre las diferencias en la estructura de tallas registrada entre ambos cruceros, con un leve incremento de las tallas mayores en el presente caso, con modas en 7,5 y 12,0 cm comparada con una situación unimodal del crucero RECLAS 9912 centrada en 5,5 cm y agregado a las diferencias en las relaciones longitud-peso registradas entre ambos cruceros, puesto que en el presente caso las sardinas en tallas inferiores a 8 cm llegaron a pesar sobre el 20% ( $PESO = 0,0183 L^{2,656}$ ) que a igual talla en la primavera de 1999 (RECLAS 9912)



(PESO =  $0,009046 L^{2,96617}$  ), situación que se invirtió a tallas mayores a 8 cm, en que se registraron diferencias de hasta 32,9 % en tallas de 20 cm.

La incorporación de la variabilidad por tallas en los estimados de biomasa y abundancia permitieron obtener niveles de CV aceptables para la sardina, aun cuando en esta variabilidad se incorporó el aporte realizado por el coeficiente de ecointegración y los respectivos pesos promedio a cada talla.

Las asociaciones de la distribución de sardina común respecto a las variables hidrográficas y topográficas del fondo del mar confirman el hecho que esta especie, al menos en sus estados juveniles, se distribuye altamente asociada a las desembocaduras de los grandes ríos de la región y en fondos someros, aún cuando su localización es pelágica y en aguas relativamente menos salobres, desconociéndose el comportamiento que asume en estados de desarrollo más adulto. En este sentido, es importante destacar el esfuerzo de muestreo en aguas someras realizado por el B/I "Abate Molina", que prospectó en fondos menores a 20 m.

#### 4.2 Anchoqueta

La distribución espacial de las tallas de la anchoqueta sugiere una estratificación latitudinal de los juveniles, los que se detectaron en el norte de la zona de estudio y fueron menos frecuentes hacia el sur, situación que ya había sido detectada en la primavera de 1999 (RECLAS 9912) (Castillo *et al* 2000), confirmando de este modo la hipótesis de trabajo que planteaba que el reclutamiento se produce hacia el norte de la zona de distribución a mediados de la primavera y avanza hacia el sur junto con el verano, situación similar a la observada en la zona norte del país.

La estratificación latitudinal de las tallas determinó que el estimado de biomasa por el método de las tallas presentará importantes diferencias en los niveles de biomasa y abundancia, así es como este factor definió que las mayores biomásas se registraran hacia el sur de la zona de estudio, en las cercanías de puerto Saavedra, mientras que las mayores abundancias se presentaron hacia el norte de la zona de estudio, situación que fue aún más drástica en el crucero de primavera de



1999, puesto que en aquella oportunidad las altas concentraciones de anchoveta registradas en las cercanías de puerto Saavedra estuvieron constituidas exclusivamente por individuos de tallas mayores a 14,5 cm (Castillo *et al*, 2000). Estas diferencias latitudianles en las estructuras de tallas sugieren que efectivamente al adentrarse en el verano el reclutamiento de anchoveta se intensifica hacia el sur.

El patrón de distribución de la anchoveta y el procedimiento de estimar la biomasa al área restringida a la distribución, ponderando las frecuencias de tallas y las varianzas asociadas, determinó que los Coeficientes de Variación presentaran leves diferencias entre los distintos métodos utilizados, incluido el método Geoestadístico, que incluso registró niveles de CV mayores que los otros procedimientos.

#### **5. Integración de la estimación hidroacústica del reclutamiento a los modelos de evaluación indirecta.**

Los cruceros de evaluación hidroacústica son un método para obtener estimaciones de la abundancia (en biomasa o número) independiente de la actividad pesquera y en el caso de este trabajo, una estimación sobre la fracción de reclutas. Esta información, junto con otra, como por ejemplo: estimación de la biomasa desovante, biomasa total y la derivada de la actividad de pesca comercial como la cpue, es información auxiliar fundamental para obtener estimaciones más exactas de los modelos (análisis) de captura a la edad. Constituyen entonces experimentos independientes que aportan información auxiliar y que pueden ser incluidas en los modelos de evaluación indirecta por medio de índices que se relacionan a las variables del stock, definidas como el reclutamiento ó el tamaño del stock.

El objetivo del crucero hidroacústico es obtener una estimación del reclutamiento, ya sea para constituirse en un índice absoluto o relativo, que probada su factibilidad pueda constituirse en información auxiliar para ser incorporada en los modelos de evaluación de stock de la sardina común y anchoveta. En el caso de estos recursos y debido a que son especies de vida corta, es muy importante contar con estimaciones directas y anuales de la magnitud del reclutamiento. En el caso particular de los stocks de sardina común y anchoveta se dispone de dos evaluaciones



hidroacústicas de reclutamiento, por lo tanto, aún no se disponen de series de tiempo que permitan utilizar el enfoque descrito más adelante. En el caso de los stocks de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, se ha utilizado la información hidroacústica como índice absoluto y esta descrito en (Barria *et al.*, 2001). El enfoque se describe a continuación.

Esta información auxiliar es incorporada en la función objetivo del modelo de evaluación y que en el caso de la sardina común y anchoveta es una suma de cuadrados. La función objetivo tendría la forma siguiente:

$$TSS = \sum_i \lambda_i \sum_j w_j (\theta_j - \hat{\theta}_j)^2$$

donde TSS = suma de cuadrados totales;  $\lambda_i$  = ponderador entre índices "i"; w = ponderador entre observaciones;  $\theta$  = es la observación; y  $\hat{\theta}$  = es la variable a estimar.

En el caso del reclutamiento el término tendría la forma:

$$\sum_{j=1}^n w_j (R_j - \hat{R}_j)^2$$

donde  $R_j$  es la "observación" o estimación del reclutamiento por el crucero hidroacústico;  $\hat{R}$  es la estimación del reclutamiento por el modelo de evaluación.  $\hat{R}$  es un función definida por el usuario o evaluador.

Estos índices se pueden relacionar de dos formas al modelo estructurado por edades: ya sea como índices absolutos o relativos. Cualquiera de ambas relaciones requieren definir una función objetivo que explica el índice, compuesta por la variable del stock (reclutamiento ó biomasa desovante); por un coeficiente de proporcionalidad (Q) entre la variable del stock y el índice y por un factor de error aleatorio.



### Relación absoluta

$$IR = (VS); \quad Q = 1$$

### Relación relativa

$$IR = Q (VS) \varepsilon$$

donde:

- IR = Índice del reclutamiento
- VS = Variable del Stock (Reclutamiento)
- Q = parámetro a ser determinado en el ajuste de una función objetivo.
- $\varepsilon$  = término de error con una distribución lognormal.

En el caso de estimaciones independientes las varianzas asociadas a los índices son utilizadas como ponderadores.

## 6. Consideración final

La anchoveta y la sardina común presentan una distribución costera, preferentemente en áreas donde el fondo no supera los 250 m, la anchoveta se distribuye asociada a sectores de gradientes de temperatura y salinidad menores que la sardina común. Estos sectores pueden representar áreas de mayor oferta de presas, siendo por lo tanto favorables para su alimentación. Sin embargo, los antecedentes existentes son insuficientes para sustentar una hipótesis tendiente a explicar las sutiles diferencias en la distribución espacial de los recursos con preferencias en la alimentación, puesto que aparentemente ambas especies predan sobre las mismas presas sin selectividad por ítems específicos, la bibliografía reporta que ambas tienen una alimentación basada en organismos fitoplanctónicos y zooplanctónicos similares.

La sardina se distribuye preferentemente en los gradientes formados fundamentalmente por los ríos, mientras que la anchoveta en los que provienen de las surgencias costeras. Esta diferencia permite talvez plantear una hipótesis para indicar la localización en áreas levemente más oceánicas anchoveta y por lo tanto, a mayores profundidades del fondo, mientras que la sardina





se presenta en posiciones más costeras. También esto explica el hecho que la sardina tiende a registrarse en gradientes térmicos y salinos descendentes más intensos que la anchoveta.

Otra hipótesis posible de plantear es que la anchoveta tiende a localizarse hacia el norte de la desembocadura de los ríos, mientras que la sardina se presenta hacia el sur de ellos, esta evidencia sustenta preguntas como ¿Hay alguna relación en la distribución espacial de los recursos con la pluma del río en su ingreso al mar?, ¿esta pluma provoca alguna condición que diferencie el ambiente de ambas especies y que hoy no se está midiendo?, ¿puede ser la turbidez del mar un factor que los diferencie?.



## IX CONCLUSIONES

- La biomasa de anchoveta varió entre 412.103 t y 450.818 t según el método utilizado, siendo el estimado con el método geoestadístico el valor mayor, registrándose diferencias de hasta 8,6% entre los métodos, presentándose una clara estratificación latitudinal de la biomasa y en las tallas hacia el sur de la zona de estudio. Los menores CV se registraron con el método bootstrap y estratos agrupados, alcanzando a 0,097 y 0,098, respectivamente.
- La fracción reclutas de anchoveta en peso, varió entre 183.585 y 212.766 t, según el método de estimación aplicado, equivalente a alrededor del 50% de la biomasa total, la que se localizó principalmente al norte del Golfo de Arauco, con un CV entre 0,1 y 0,23.
- La abundancia total fluctuó entre 76.668,48 y 90.201,59 millones de ejemplares, siendo los mayores estimados con los métodos geoestadístico y bootstrap con un CV entre 0,21 y 0,44. La fracción reclutas correspondió a alrededor del 84% de esta abundancia, variando entre 74.835,76 y 64.875,43 millones de ejemplares según el método aplicado y CV entre 0,24 y 0,53.
- La biomasa de sardina común estuvo constituida en más de un 99 % por ejemplares juveniles variando entre 601.373,2 y 567.818,5 t. Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la biomasa total de sardina común fluctuaron entre 0,098 y 0,193, según el método de estimación utilizado.
- La abundancia de sardina común varió entre 174.878,6 y 186.397,7 millones de ejemplares, siendo los mayores estimados los alcanzados con los métodos geoestadísticos y bootstrap. El CV de estas estimaciones fluctuó entre 0,11 y 0,14, obteniéndose el menor valor con el método bootstrap.
- Tanto en anchoveta como en sardina común la estructura de edad se caracterizó por ser prácticamente "monoetaria" para el período del crucero. En efecto, en anchoveta el grupo de edad dominante correspondió al I (clase anual 2000) con el 91% del número de ejemplares,



por su parte en sardina común el grupo más importante fue el 0 (clase anual biológica 2000-2001) con el 99% del número de ejemplares.

- La sardina presentó una distribución espacial muy costera y prácticamente continúa desde la latitud 35°S al sur, concentrándose en tres áreas: la primera está localizada en los alrededores de Constitución, la segunda se ubica entre el golfo de Arauco y la bahía de San Vicente y, el tercer foco, se encuentra en la desembocadura del río Imperial. Batimétricamente, el 80% de la especie se presenta entre los 8 y los 13 metros.
- La anchoveta se distribuyó en sectores netamente ribereños y localizándose en tres focos principales: el primero a la salida del estero de Paredones (34°30'S) a unas 5 mn de la costa, el segundo está centrado al interior del golfo de Arauco y el tercer centro se ubica en el estuario del río Toltén. Batimétricamente, los ejemplares se encuentran mayoritariamente entre los 8 y 14 metros.
- La estructura de tallas de anchoveta fue unimodal, con un grupo principal de adultos situado en 13,0 cm. Se aprecian diferencias en las distribuciones de frecuencia de longitud por zona de pesca. En la zona de San Antonio se observó la mayor presencia de reclutas en las capturas (100 % en número); siendo la zona de Corral la que aportó el menor porcentaje de juveniles.
- La sardina común tuvo una estructura de tallas polimodal con una moda principal en 8,5 cm y una secundaria en 5,5 cm. Las distribuciones de frecuencias entre zonas son diferentes pero todas con modas en tallas bajo los 11,5 cm. El menor porcentaje de reclutas fue aportado por la zona de Corral con un 4 %.
- La zona de San Antonio presentó una distribución de tamaño unimodal para anchoveta y para sardina común. Con un peso promedio para reclutas de anchoveta que alcanzó los 2,8 g y 1,7 para sardina común.



- En la zona de Talcahuano las anchovetas presentaron una distribución polimodal al igual que la sardina común con modas en 6 y 9 cm y 5,5 y 7,5 cm, respectivamente. Los pesos promedios de los reclutas alcanzaron 4,5 g para anchoveta y 3,3 g para sardina común.
- La zona de Corral mostró una distribución de longitudes bimodal para ambas especies, destacándose ampliamente un grupo de adultos de anchoveta con moda a los 13 cm y un pico secundario en 9,0 cm. La moda principal para sardina común se ubico en los 8,5 cm y secundariamente en 14,0 cm. Los pesos promedios de los reclutas de anchoveta alcanzaron a 7,6 g y para sardina común a 5,2 gramos.
- En el presente período de estudio se han registrado segregaciones por tamaños, registrándose presencia de reclutas y adultos de anchoveta y sardina común en diferentes proporciones en las zonas en que se realizó el estudio.
- Los pesos promedio de los ejemplares de anchoveta y sardina común presentaron diferencias significativas por zonas de pesca. Presentándose la zona de San Antonio con la menor tasa de crecimiento relativo; la comparación de estos parámetros arrojó diferencias significativas. Los pesos promedios de anchoveta comparados con RECLAS9912, presentan un aumento de entre 0,1 – 1,4 g, contrario a lo anterior se presentó la especie *Strangomera bentincki* la que disminuyó en forma importante sus pesos promedios en comparación al crucero anterior entre 0,2 y 6 g, a tallas superiores de 10 centímetros.
- La proporción sexual estuvo dominada levemente por los machos en ambas especies con un 50,8 % para machos adultos de anchoveta y 53 % en sardina común. Machos y hembras se distribuyeron intermitente en la distribución de tallas.
- Con respecto a los estados de madurez se observó un 40,2 % de ejemplares virginales y un predominio del estado 2 con un 82 % para los ejemplares adultos de anchoveta, para sardina común el 95 % de los ejemplares eran indeterminados y el grupo de adultos se presentó en su totalidad en estado 2, lo cual indica que ambas especies estaban finalizando el proceso reproductivo en la época del crucero.



- El régimen de vientos durante el estudio presentó un claro patrón a fluir desde el cuadrante sur (75%) durante gran parte del período de estudio siendo favorables a la generación de surgencia costera. La intensidad promedio fue de  $2,12 \text{ m s}^{-1} \pm 0,833$ , donde las mayores intensidades estuvieron asociadas al sector central del área de estudio.
- La distribución horizontal de las variables oceanográficas medidas destacó la presencia de aguas superficiales más cálidas en el extremo norte y oceánico del área de prospección y, aguas comparativamente más frías al sur de los  $37^{\circ}\text{S}$ . Al sur de los  $36^{\circ}30'\text{S}$  predominaron gradientes longitudinales (costa-océano), observándose aguas superficiales más frías, salinas y densas, así como menos oxigenadas ( $< 1 \text{ ml/l}$ ) en el sector costero, vinculadas a la presencia de focos de surgencia costera, *e.g.*, Cabo Carranza ( $35^{\circ}34'\text{S}$ ), Punta Nugurne ( $36^{\circ}\text{S}$ ), Punta Tumbes ( $36^{\circ}38'\text{S}$ ), Punta Lavapié ( $37^{\circ}08'\text{S}$ ), Punta Morguilla ( $37^{\circ}43'\text{S}$ ) y Punta Galera ( $40^{\circ}00'\text{S}$ ).
- La dinámica espacial relacionada con eventos activos de surgencia fue verificada, tanto por el análisis de secciones oceanográficas (*i.g.*, ascenso hacia la costa de las isotermas de 11 y  $12^{\circ}\text{S}$ , y de las isopicnas de 26,4 y  $26,6 \sigma_t$ ), así como por la interpretación sinóptica de la temperatura superficial del mar a través de la serie de tiempo de imágenes satelitales de alta resolución.
- Al sur de los  $38^{\circ}\text{S}$  se observó el decremento de los valores superficiales de salinidad, debido a la influencia local de mezcla de las ASAA con aguas de origen continental.
- Para el hábitat de los recursos sardina común y anchoveta, se distinguió el dominio de dos masas de agua: Agua Subantártica (ASAA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS).
- La distribución superficial de la clorofila-a evidenció valores que fluctuaron entre los 0,5 y los  $8 \text{ mg m}^{-3}$ . Los valores máximos de clorofila-a superficial fueron detectados en las estaciones correspondientes al Golfo de Arauco; así como valores comparativamente altos fueron descritos en forma adyacente a focos locales de surgencia inducidos por salientes topográficas.



- Con respecto a la termoclina y su relación con los recursos, se observó que un alto porcentaje de la sardina se localizó entre y bajo la termoclina y, en el caso de la anchoveta, sobre el 90% de los individuos está bajo el límite superior de la termoclina.
- En cuanto al rango de distribución de la sardina respecto de las variables ambientales se puede observar que la especie se reporta en aguas cuya TSM varía entre 10°C hasta 18°C con una clara preferencia por aguas de 14°C y 15°C; en relación con la salinidad, el recurso se distribuyó en un rango de 33,0 y 34,4 psu, prefiriendo los 34,07 a 34,2 psu; relativo al oxígeno, la especie se presenta entre 0,01 y 9,0 ml/L, con un claro dominio del rango 4,5 - 7,5 ml/L.
- Por su parte, la anchoveta se localizó en el rango de temperaturas entre 10-18°C, con una gran preferencia por las temperaturas de 11, 14 y 15°C; referente a la salinidad, la especie se distribuyó entre los 33,0 y 34,4 psu, con una inclinación por el rango 33,9 - 34,1 psu; en el caso del oxígeno superficial, la anchoveta se localizó en zonas de contenido intermedio de oxígeno, lo que implicó un extenso rango de preferencia que varió entre 3,0 y 7,5 ml/L.



## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, M y S. Soto. 1978. Edad y crecimiento de la sardina común (*Clupea Strangomera bentincki*) en Coquimbo y Talcahuano. Serv. Invest. Pesq., IFOP, Santiago (Chile), 28:1-31.
- Aguayo, M. 1980. Determinación de edad de anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) de Talcahuano. En: Perspectivas de Desarrollo de las Pesquerías Nacionales. Dinámica Poblacional de sardina y anchoveta, zona de Talcahuano. Corporación de Fomento de la Producción. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile. 20-36 p. (AP 80-3).
- Arcos, D y M. Salamanca. 1984. Productividad primaria y condiciones oceanográficas superficiales en el Pacífico Sud-oriental. Latitudes 32 – 38° S. Biología Pesquera, 13:5-14.
- Arcos, D. 1987. Seasonal and short time-scale variability in copepod abundance and species composition in an upwelling area off Concepcion coast, Chile. Ph. D. Thesis Dissertation. State University of New York, Stony Brook, 203 pp.
- Arcos, D. y N. Navarro. 1986. Análisis de un índice de surgencia para la zona de Talcahuano, Chile (Lat. 37°S). Invest. Pesq. (Chile) 33:91-98.
- Arcos, D., S. Núñez y A. Acuña. 1996. Variabilidad de pequeña escala en la zona nerítica del sistema de surgencia de Talcahuano (Chile Central): identificación y dinámica de áreas de retención larval. Gayana Oceanología, 4(1):21-58.
- Arcos, D., S. Núñez, L. Castro y N. Navarro. 1987. Variabilidad vertical de la clorofila-a en un área de surgencia frente a Chile central. Invest. Pesq. (Chile), 34:47-55.
- Arrizaga, A. y C. Veloso. 1982. Estimación de mortalidades (M, F y Z) y del coeficiente de capturabilidad (q) en la sardina común (*Clupea Strangomera bentincki*) de Talcahuano, Chile. Monografías Biológicas (2):39-49.



- Bakun, A. 1996. Patterns in the oceans: Ocean process and marine population dynamics. California Sea Grant College System and Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, BCS, México., 323 págs.
- Barría, P. 1990. Situación nacional de los principales recursos pelágicos. En. "Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile". M. A. Barbieri (Ed.) Escuela de Ciencias del Mar. UCV, Valparaíso. 66-71.
- Barría, P., A. Aranís, R. Serra, R. Gili, C. Canales y J. Castillo. 2001. Análisis actualizado sobre la situación de los stocks de sardina común y anchoveta y captura total permisible, año 2001. Informe Extraordinario. IFOP/SUBPESCA. Pp. 61.
- 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.
- Blanco, J. 1995. Capítulo: Oceanografía En : Proyecto Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro-sur. Informe Final Proyecto FIP 95-14. Fondo de Investigación Pesquera. 74 pp + anexos.
- Blanco, J.L. 1984. Características de la circulación sobre la plataforma continental de Talcahuano. Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. Revista de Biología Marina, Valparaíso, 14(3):45-84.
- Cáceres, M. 1992. Vórtices y filamentos observados en imágenes satelitales frente al área de surgencia de Talcahuano, Chile central. Invest. Pesq. (Chile), 37:55-66.
- Cáceres, M. y D.F. Arcos. 1991. Variabilidad en la estructura espacio-temporal de un área de surgencia frente a la costa de Concepción, Chile. Invest. Pesq. (Chile), 36:27-38.
- Castillo, J., J. Córdova, M.A. Barbieri, S. Lillo, Núñez, S., A. Troncoso y A. Urrutia. 1996. Proyecto Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta y sardina común en la zona





- centro-sur de Chile. Fondo de Investigación Pesquera, Informe Final Proyecto FIP 95-08. 103 p, 123 figs + Anexos.
- Castillo, J., M.A. Barbieri, M. Espejo y V. Catasti . 2000. Evaluación de la biomasa y distribución espacial de anchoveta y sardina común en el periodo del reclutamiento. Primavera 1999. En: Informe Final Proyecto Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Fondo de Investigación Pesquera, Proyecto FIP 99-13. 138 p + Anexos.
- Castro, L., G. Salinas y E. Hernández. 2000. Environmental influences of winter spawning of the anchoveta (*Engraulis ringens*) of central Chile. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 197:247-258.
- Castro, L., R. Quiñones, H. Arancibia, D. Figueroa, R. Roa, M. Sobarzo y M. Retamal. 1997. Areas de desove de anchoveta y sardina común en la zona central. Informe Final Proyecto Fondo de Investigación Pesquera, Universidad de Concepción. 115 p + Figs + Anexos.
- Cubillos, L. H. Arancibia, R. Alarcón, S. Núñez, G. Valenzuela, L. Vilugrón y D. Arcos. 1994. Evaluación indirecta del stock de sardina común en la VIII Región. Fondo de Investigación Pesquera – Instituto de Investigación Pesquera.
- Cubillos, L. y H. Arancibia. 1993. Análisis de la pesquería de sardina común y anchoveta del área de Talcahuano, situación actual y perspectivas. *Doc. Téc. Inst. Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile*, 2(2), 19 p.
- Cubillos, L., M. Canales, A. Hernández, D. Bucarey, L. Vilugrón y L. Miranda. 1998. Poder de pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-97). *Inves. Marinas (Valparaíso)*, 26:3-14.
- Cubillos, L. 1999. Estrategia reproductiva, crecimiento y reclutamiento de *Strangomera bentincki* (Norman, 1936) en el sistema de surgencia de la zona centro-sur de Chile. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias mención Oceanografía. Escuela de Graduados. Universidad de Concepción. Chile. 182 p.



- Díaz, M. 1980. Descripción del régimen hidrográfico entre Punta Nugurne y Punta Lavapié (jul-dic, 1979). IFOP, 63 p.
- Djurfeldt, L. 1989. Circulation and mixing in a coastal upwelling embayment: Gulf of Arauco, Chile. *J. Cont. Shelf Res.*, 9(II), 1003-1016.
- Figueroa, D., M. Sobarzo, L. Soto y P. Dávila. 1995. Capítulo Oceanografía física En: Informe Final. Evaluación Hidroacústica de Jurel en la zona centro-sur, V a IX. Regiones. 220 pp. + Anexos.
- Fonseca, T. Y M. Farías. 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Invest. Pesq. (Chile)*, 34:33-46.
- 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.
- Foote, K. 1983. *Journal of the Acoustical Society of America*, Maintaining precision calibrations with optimal cooper spheres.
- Francis R.I.C.C. 1984. Variability in hidroacoustic biomass estimate (comment). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 825-826.
- 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.
- 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.



- Jones, B.H., K.H. Brink, R. C. Dugdale, D.W. Stuart, J.C. Van Leer, D. Blasco y J.C. Kelly. 1983. Observation of a persistent upwelling center off Point of Conception, California. In: Suess E. & J. Thied (eds), Coastal Upwelling its Sediment Records. Plenum Press, N. York, p:37-60.
- Wolter K. M. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 page, 1985.
- Kara, A.B., P.A. Rochford y H.E. Hulbert. 2000. An optimal definition for ocean mixed layer depth. J. Geophys. Res., 105(C7):16803-16821.
- Kelly, R. y J.L. Blanco. 1984. Proceso de surgencia en Punta Nugurne, Chile (Lat. 36°S). Invest. Pesq. (Chile), 31:89-94.
- Kimura, D. K. 1977. Statistical assessment of age-length key. J. Fish. Res. Board Can. 31:317-324.
- Kimura D.K. and Lemberg N.A. 1981. Variability of line intercept density estimates (a simulation study of the variance of hidroacoustic biomass estimate). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1141-1152.
- LaFond, E. 1951. Procesing Oceanographic Data. U.S. Navy Hydrographic Office, H.O. Publication N°614: 114 pp.
- Lentz, S. 1992. The surface boundary layer in coastal upwelling region. Journal of Physical Oceanogr., 22:1517-1539.
- Letelier, J. 1998. Estudio de la variabilidad diaria de los eventos de surgencia entre Arica (18°29'S; 70°19'W) y Tocopilla (22°05'S; 70°11'W), observados en imágenes de satélite durante febrero y marzo de 1991 y 1992. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ciencias del Mar, 66 p.
- Mac Lennan, D. and J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Published by Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK. 325 p.



- Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. *Deep Sea Res.*, 28A, 625-629.
- Mood, A. M.; Graybill, F.A.; Boes, D.C., 1974. *Introduction to the theory of Sattistic*. Third Edition. Mc Graw Hill, series probability anual Statistics.
- NODC. 1991. National oceanographic data center, user guide. En: *Key to oceanographic records documentation N°14 NOAA*.
- Núñez, S. 1995. *Variaciones temporales y espaciales en la asociación de copépodos del sistema de surgencia de Talcahuano (Chile) Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias mención Oceanografía*. Escuela de Graduados, Universidad de Concepción. 172 p + Anexos.
- Núñez, S., A. Troncoso y A. Urrutia. 1996. Capítulo Oceanografía física y química. Informe Final Proyecto Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Fondo de Investigación Pesquera, Proyecto FIP 95-08. 103 p, 123 figs + Anexos.
- Núñez, S., J. Ortiz y P. Torres. 2000. Capítulo: Oceanografía física. *En: Informe Final Proyecto FIP 99-13 Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 1999*.
- Núñez, S., J. Ortiz. 1998. Capítulo: Oceanografía. *En: Informe Final Proyecto FIP 99-04 "Evaluación acústica del recurso merluza común en la zona centro-sur, 1999"*. 79 pp.
- Núñez, S., J. Ortiz. 1999. Capítulo: Oceanografía física y química. *En: Informe Final. Proyecto FIP 98-11 Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile*. 200 pp + Anexos.
- Núñez, S., L. Cubillos, D. Arcos, A. Urrutia, V. Troncoso, F. Véjar, M. Landaeta, R. Quiñones, A. Pacheco, H. Muñoz & M. Braun. 1997. *Condiciones oceanográficas que inciden en el Reclutamiento de los recursos anchoveta y sardina común en la VIII Región*. 226 pp + Anexos. Informe Final Proyecto FIP



- Orrego, A. H. 1993. Edad y crecimiento de la sardina común *Strangomera bentincki* (Norman, 1936) (Pisces: Clupeidae) a través de los microincrementos en los otolitos sagittae. Tesis de Magister en Ciencias, mención Oceanografía, Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 84 p.
- Osses, J. y J. L. Blanco. 1991. Condiciones oceanográficas en la zona centro sur de Chile, durante julio de 1991. Crucero INDUSUR 9102. En: Estimación de la biomasa del recurso jurel en la VIII región y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas. Programa investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona centro sur.
- Parsons, T. R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. A Manual of chemical and biological methods for seawater analysis 172 pp. Pergamon Press.
- 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.
- Pond, S. and G.L. Pickard. 1983. Introductory Dynamic Oceanography. 241p.
- Quiñones, R. y R. Montes. 1999. Efecto de la pluviosidad y del caudal de los ríos Bío-bío e Itata sobre los desembarques de las almejas *Protothaca thaca* y *Venus antiqua* en la zona centro-sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 72:13-30.
- Reynolds, R. 1982. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Technical Report NNS-31, National Meteorological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- 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, R. y N. Silva. 1996. Atlas Oceanográfico de Chile. Vol. 1. Primera Edición. Servicio Hidrográfico de la Armada de Chile. 130 p.



- 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.
- Sepúlveda, A. 1990. Variabilidad temporal del ictioplancton en el área de surgencia costera de Chile central: Procesos ambientales y biológicos asociados. Tesis de Magíster en Ciencias, mención Oceanografía. Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 85 págs.
- Sernapesca. 1998. Anuario estadístico de pesca 1998. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Chile, 307 p.
- Serra, R. 1978. La pesquería de la sardina común (*Clupea Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de Talcahuano: Análisis de su desarrollo y situación actual. IFOP, Santiago (Chile), 29, 21 p.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Códova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Olea, A. Paillamán, R. Quiñones y M. Sobarzo. 1994. Programa para la evaluación del recurso jurel e investigación asociada. Años 1991-1992.
- Shaffer, G. 1984. Preliminary report of the field studies carried out in the coastal zone near Talcahuano, Chile, between November 1983 and March 1984. Special Report to SAREC, Sweden.
- Shotton R. y Bazigos G.P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic survey. Rapp.P.V. Reun. Int. Explor. Mer. 184: 34 -57.
- Silva, N. Y D. Konow. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua del Pacífico SudOriental. Expedición Krill, Crucero 3-4, Julio-Agosto de 1974, Pacifico Sur, 3:63-75.
- Silva, N. Y S. Neshyba. 1977. Corrientes superficiales frente a la costa austral de Chile. Ciencia y tecnología del mar, CONA, 3:37-42.



- Skillman, R.A. y M.Y.Y. Yong. 1974. Length-weight relationships for six species of billfishes in the Central Pacific Ocean. In: R.S. Skomura y F. Williams (ed.) Proceedings of the International Billfish Symposium. Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and contributed papers, pp. 126-137. US Dep. Commerce, NOAA Tech Rep. NMFS SSRF-675.
- Sobarzo, M. 1994. Oceanografía física entre Punta Nugurne (35°57'S) y Punta Manuel (38°30'S), Chile: Una revisión histórica (1936-1990), *Gayana Oceanol.*, 2(1):5-17.
- Sobarzo, M. 1999. Surgencia costera sobre una plataforma limitada por cañones submarinos, Concepción, Chile central (36°40'S; 73°15'W). Tesis para optar al grado de Doctor en Oceanografía. Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, Concepción (Chile). 236 p.
- Sobarzo, M., E. Sansone, A. DeMaio, D. Arcos, M. Salamanca y J. Henríquez. 1993. Variabilidad temporal y espacial de la estructura hidrográfica de las aguas del Golfo de Arauco. En: *Oceanografía Física del Golfo de Arauco* (F. Faranda y O. Parra, eds.) Series Científicas Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, Chile.
- Sobarzo, M., M. Figueroa & L. Djurfeldt 2001. Upwelling of subsurface water into the rim of the Bío-Bío submarine canyon as a response to surface winds. *Cont. Shelf Res.*, 21:279-299.
- Strub, P.T., J. Mesías, V. Montecinos, J. Rutland y S. Salinas. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. Coastal Segment (6,E). In: *The Sea* (A.R. Robinson & K.H. Brink, eds), Vol. 11. p: 273-313.
- Theilacker, G.H. 1986. Starvation-induced mortality of young sea-caught jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, determined with histological and morphological methods. *Fish. Bull. U.S* 84:1-17
- Troncoso, V., y S. Núñez. 1996. Capítulo Fluorescencia y Clorofila-a, *En: Proyecto FIP 95-08: Evaluación Hidroacústica de los recursos anchoveta y sardina común en la zona centro-sur.* 103 pp + Anexos.



- Ullman, D.S. y P.C. Cornillom. 1999. Satellite-derived sea surface temperature fronts on the continental shelf off the northeast U.S. coast. *J. Geophysical Res.*, 104(C10):23459-23478.
- UNESCO, 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. *Unesco Tech. Papers in Mar., Sci.* N°36.
- UNESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. *Unesco Tech. Papers in Mar. Sci.* N°37.
- UNESCO, 1981c. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. *Unesco Tech. Papers in Mar. Sci.* N°38.
- UNESCO. 1982. Background paper and supporting data on the practical salinity scale 1978. *Unesco Tech. Papers in Mar. Sci.* N°37.
- UNESCO, 1983. Algorithms for computations of fundamental properties of seawater, *Unesco Tech. Papers in Mar. Sci.* N°44.
- Valderrama, J. 1977. Methods used by the Hydrographic Department of the National Board of Fisheries. *Gotenborg, Sweden. Manuscrito.* 18 pp.
- Vargas, C. G. Valenzuela, S. Núñez y D. Arcos. 1997. Role of oceanographic and topographic factors in the retention of hake (*Merluccius gayi gayi*) larvae in the upwelling system off central-southern Chile. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 45(3):201-222.
- Walters, C. J. 1981. Optimum escapements in the face of alternative recruitment hypothesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 678- 689.
- Wooster, W y M. Gilmartin. 1961. The Perú-Chile undercurrent. *J. Mar. Res.*, 19:97-122.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri y A. Montecinos. 1990. Relaciones entre las variaciones del medio ambiente y las fluctuaciones de los principales recursos pelágicos explotados en la zona de Talcahuano, Chile. En: *Perspectivas de la actividad pesquera en Chile.* M.A.





Barbieri (Ed.) Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso: 49-62.

Yashnov, U. A. 1959. A new model of volume meter for rapide and precise plankton evaluation under field conditions. Zoologi Chesku, Zhurnal (Moscow) 38: 1741-1744.

Zar, J. H.; 1974. Bioestatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. 620 pp.

Zar J. H. 1999. Biostatistical Analysis (Fourth Edition). Prentice-Hall, Inc., Englewood Clifs, N. J. 663 p. + App.

**FIGURAS**

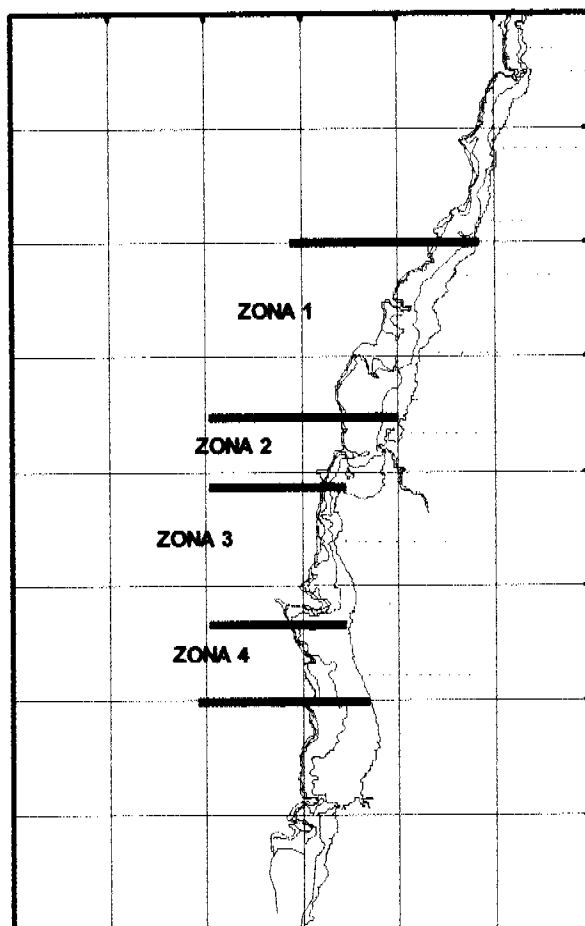


Figura 1.- Zonación del área de estudio para analizar las distribuciones de frecuencia de tamaños de anchoveta y sardina común en las capturas de la flota artesanal e industrial.

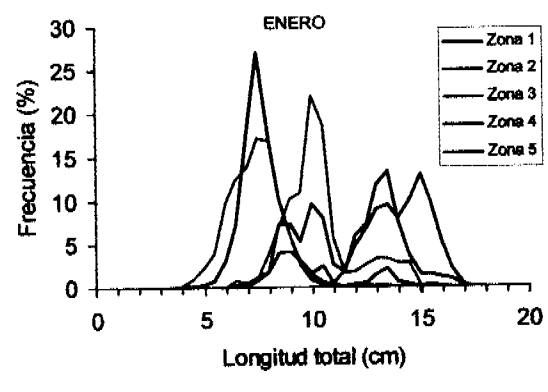
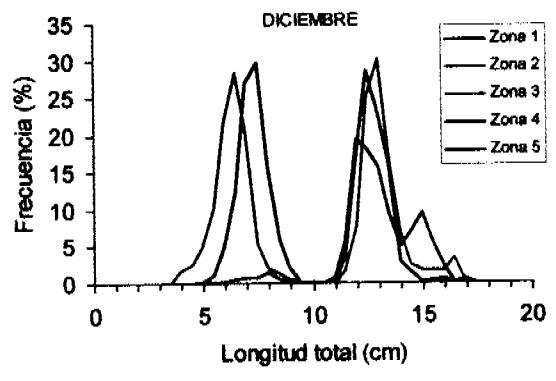
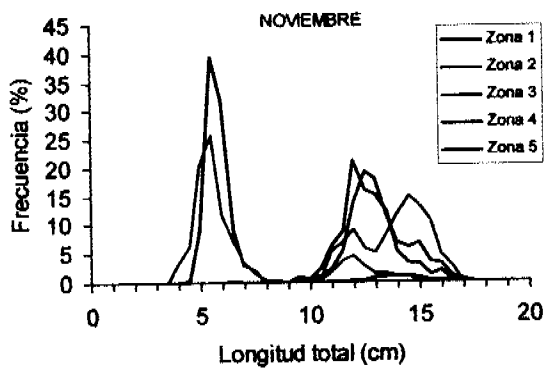
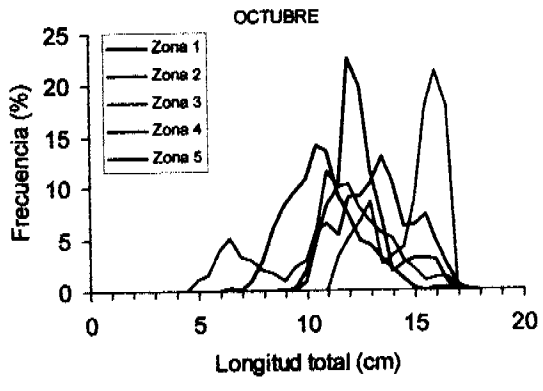


Figura 2.- Distribuciones de frecuencia de tamaños de sardina común por zonas (ver Figura. 1) (Fuente: INPESCA)

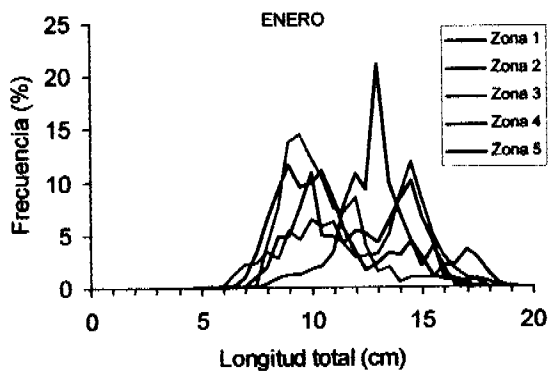
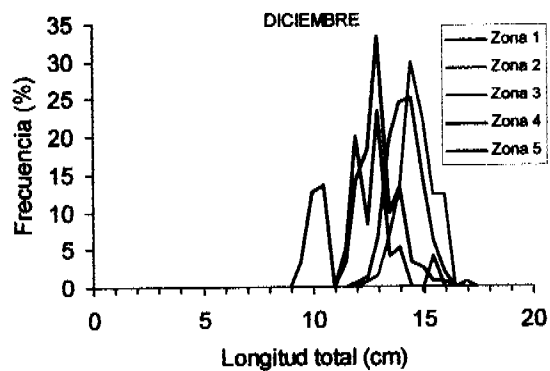
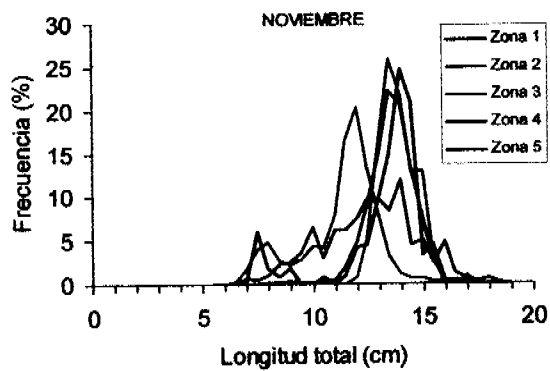
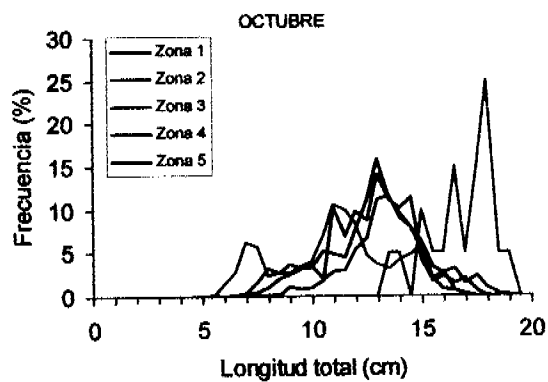


Figura 3.- Distribuciones de frecuencia de tamaños de anchoveta por zonas (ver Figura 1)  
(Fuente: INPESCA).

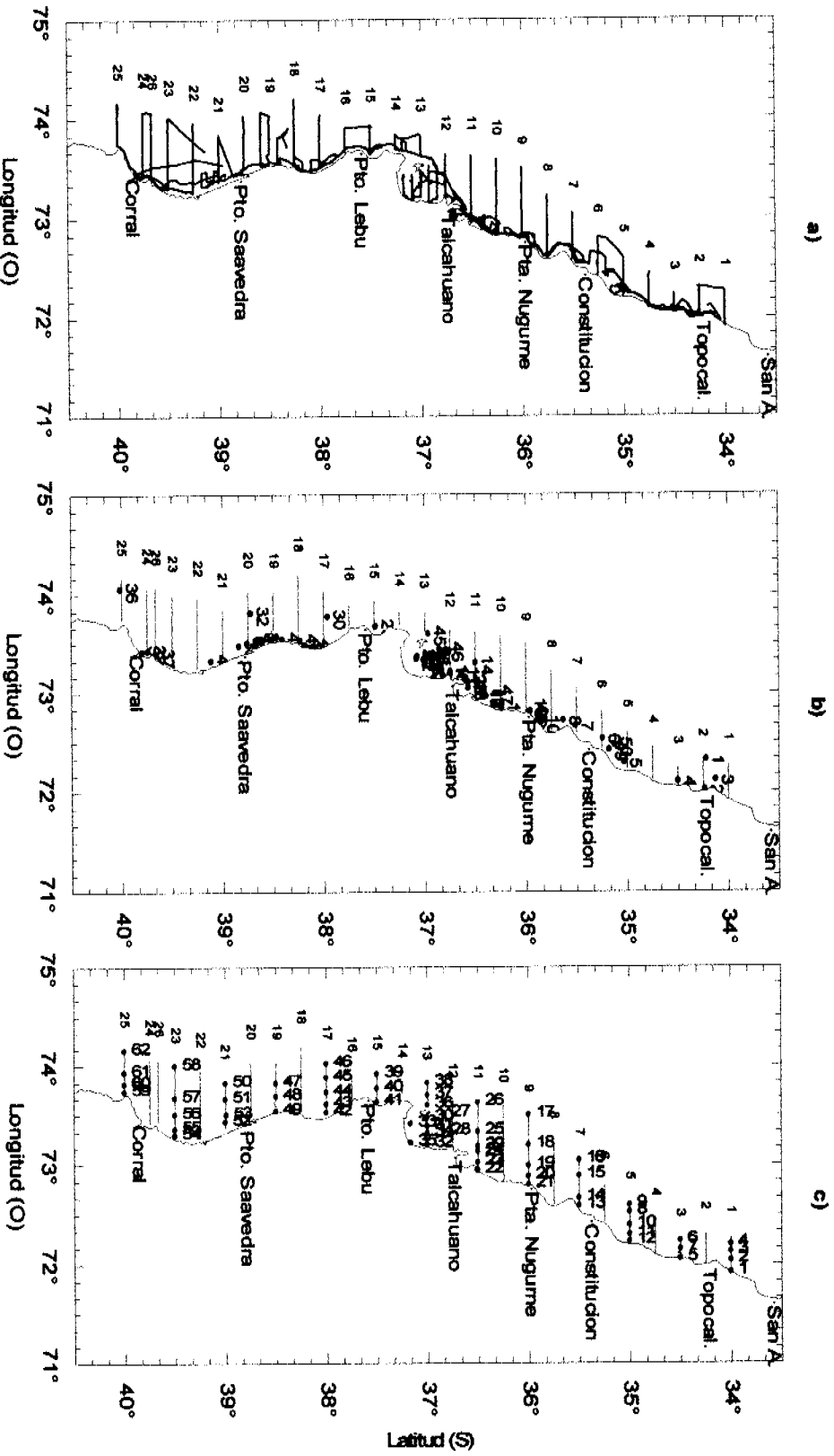


Figura 4.- a) Track de navegación; b) ubicación de los lanzes de pesca a media agua y c) estaciones oceanográficas. Crucero RECLAS 0101.

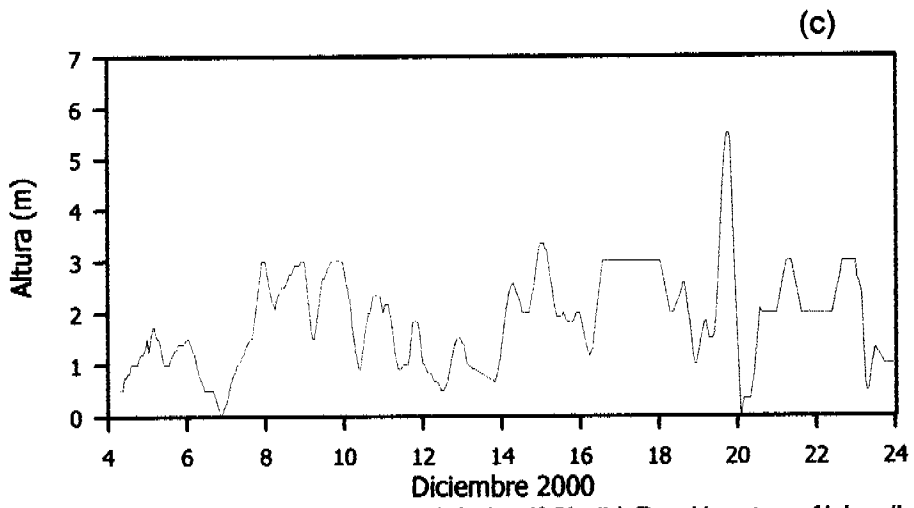
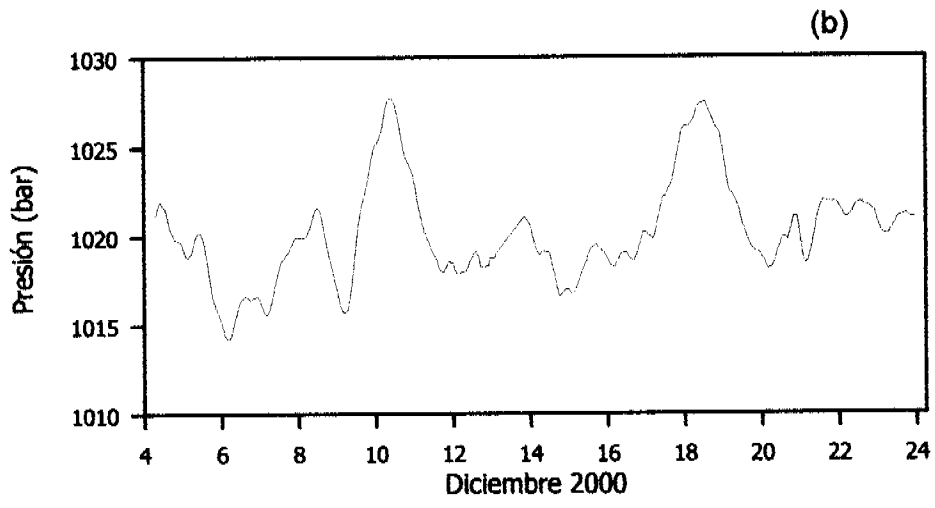
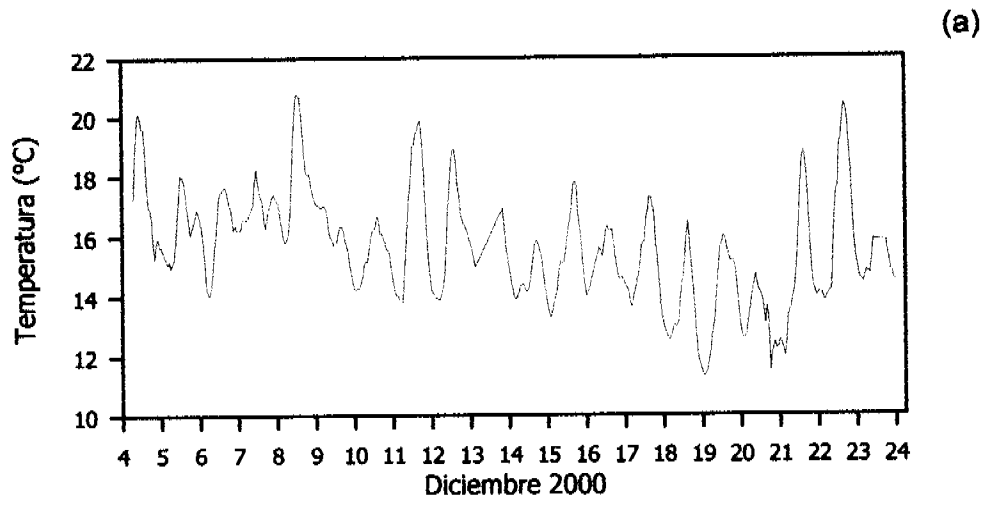
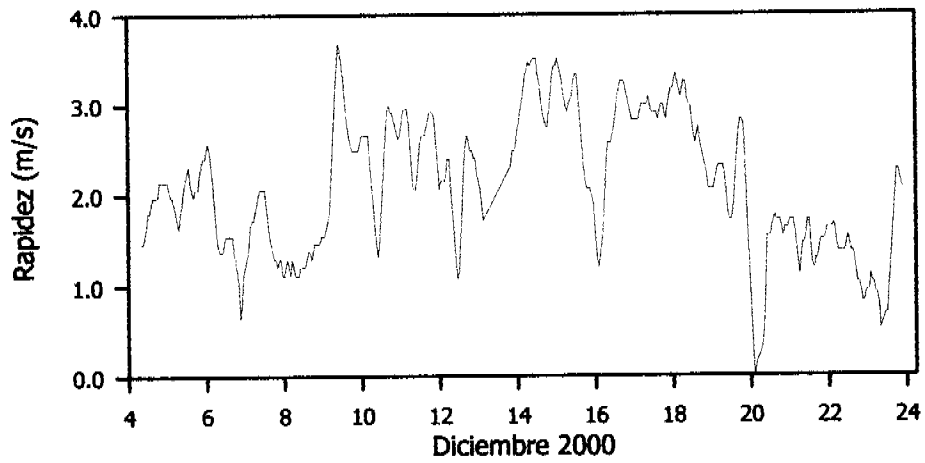
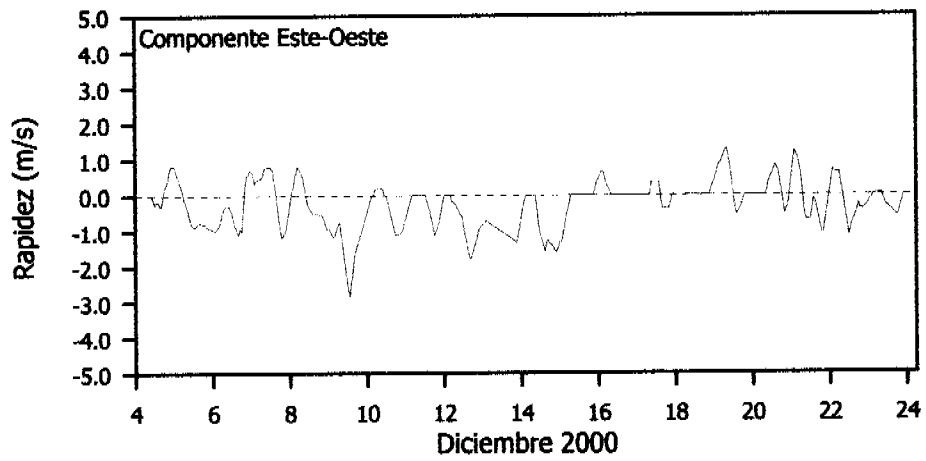


Figura 5. Series de tiempo de (a) temperatura del aire (°C), (b) Presión atmosférica (bar) y (c) altura de olas.

(a)



(b)



(c)

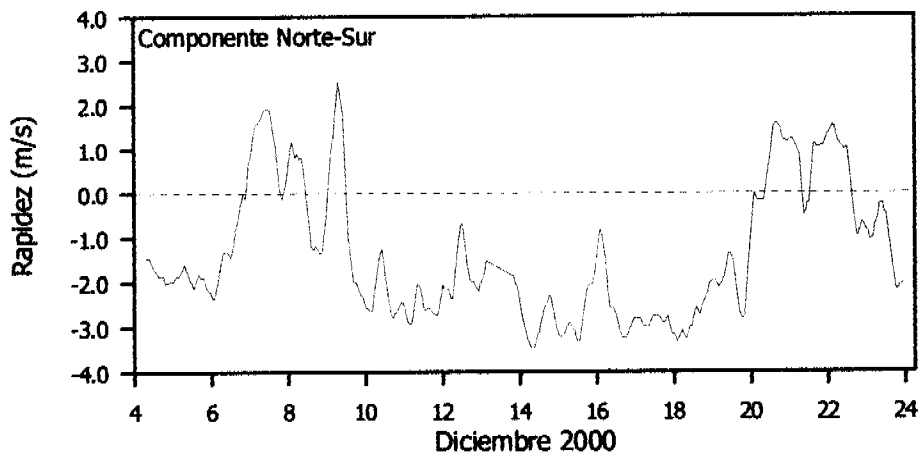


Figura 6. Series de tiempo de (a) rapidez ( $\text{m s}^{-1}$ ), (b) componente este-oeste ( $\text{m s}^{-1}$ ) y (c) componente norte-sur ( $\text{m s}^{-1}$ ).



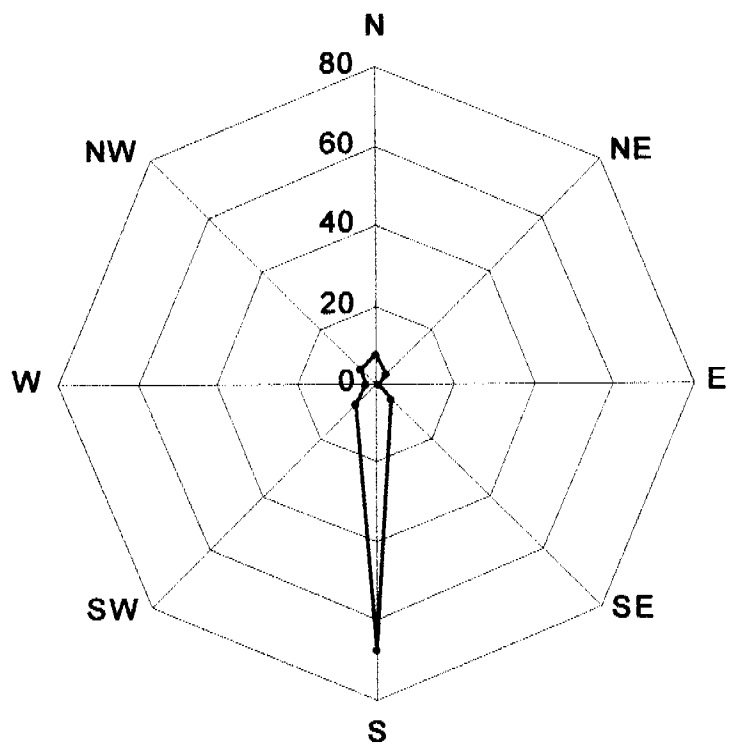


Figura 7. Rosa de vientos de ocho puntas para el período de estudio.

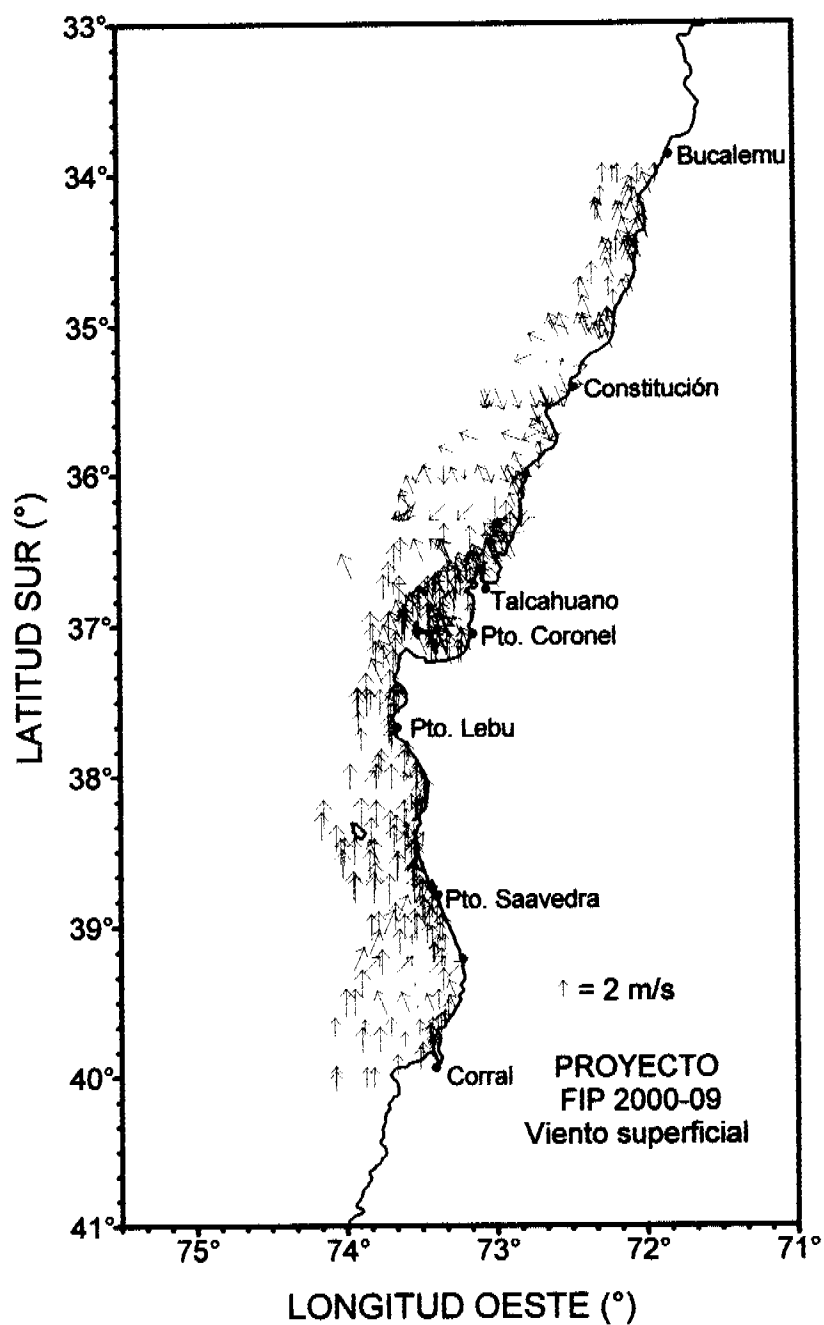


Figura 8 Carta de viento superficial ( $m s^{-1}$ ) en cada una de las estaciones de muestreo.

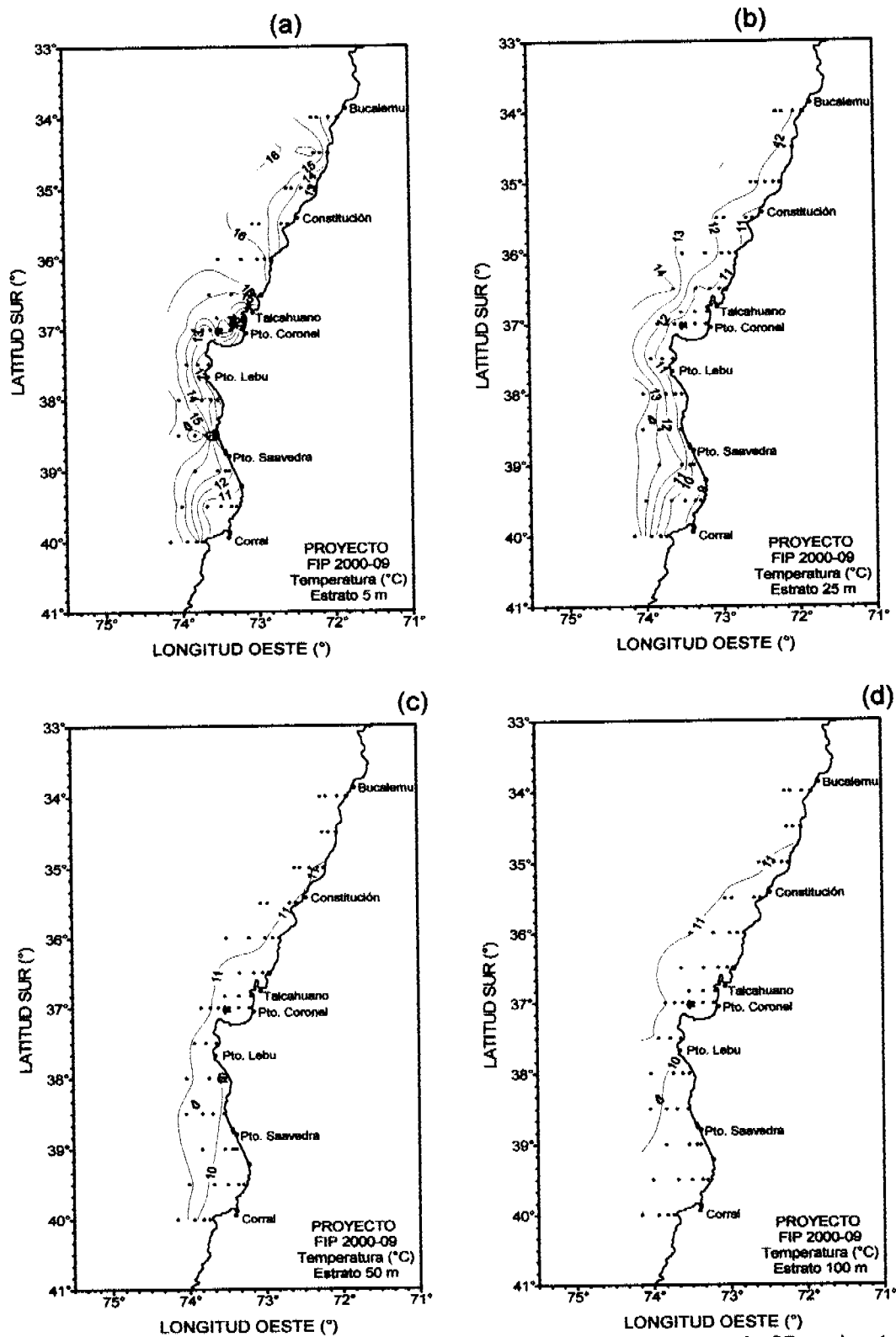


Figura 9. Distribución de temperatura del mar (°C). a) estrato de 5m, b) estrato de 25m, c) estrato de 50 m y d) estrato de 100m de profundidad.

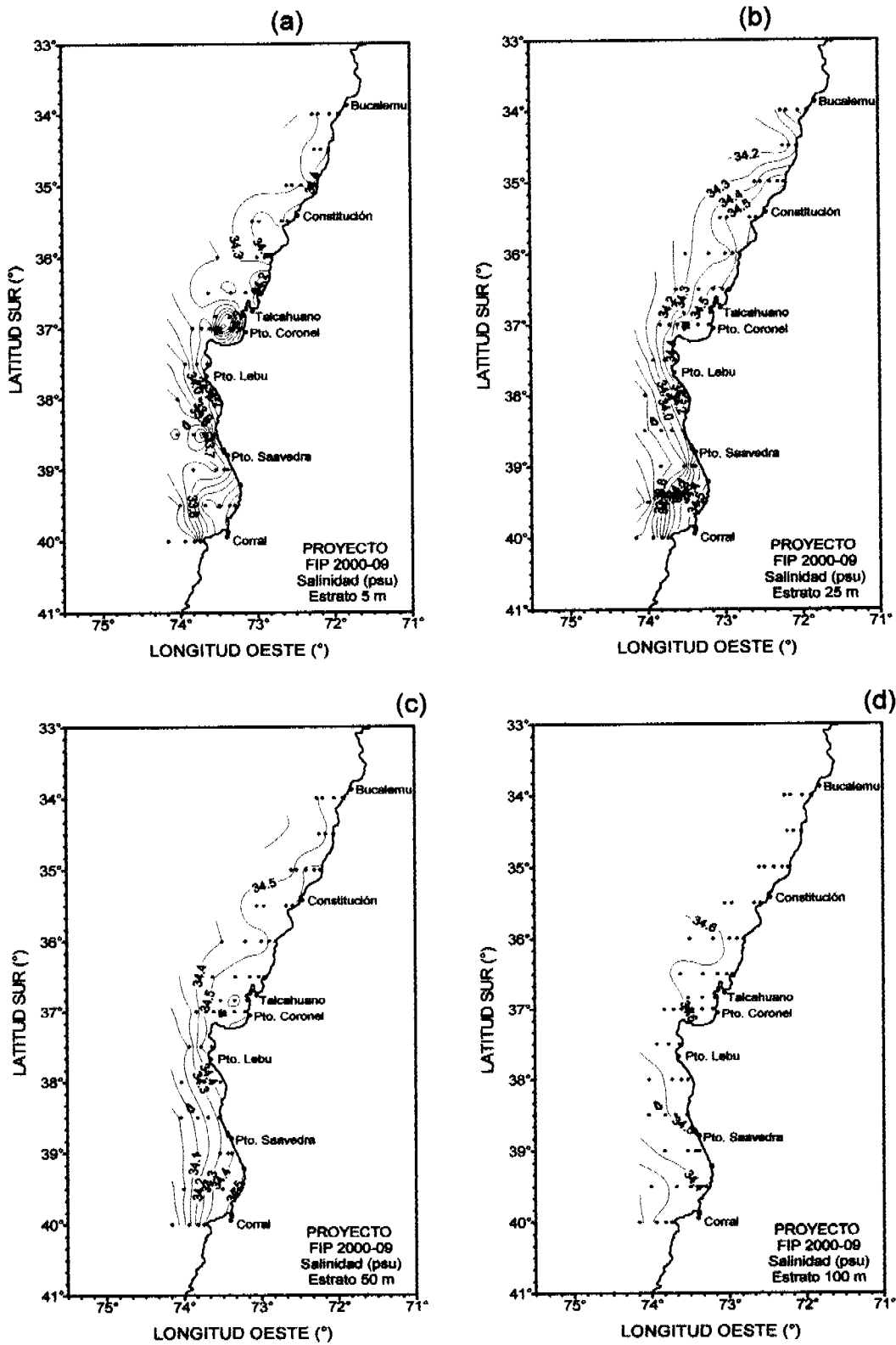


Figura 10. Distribución de salinidad del mar (psu). a) estrato de 5m, b) estrato de 25m, c) estrato de 50 m y d) estrato de 100m de profundidad.

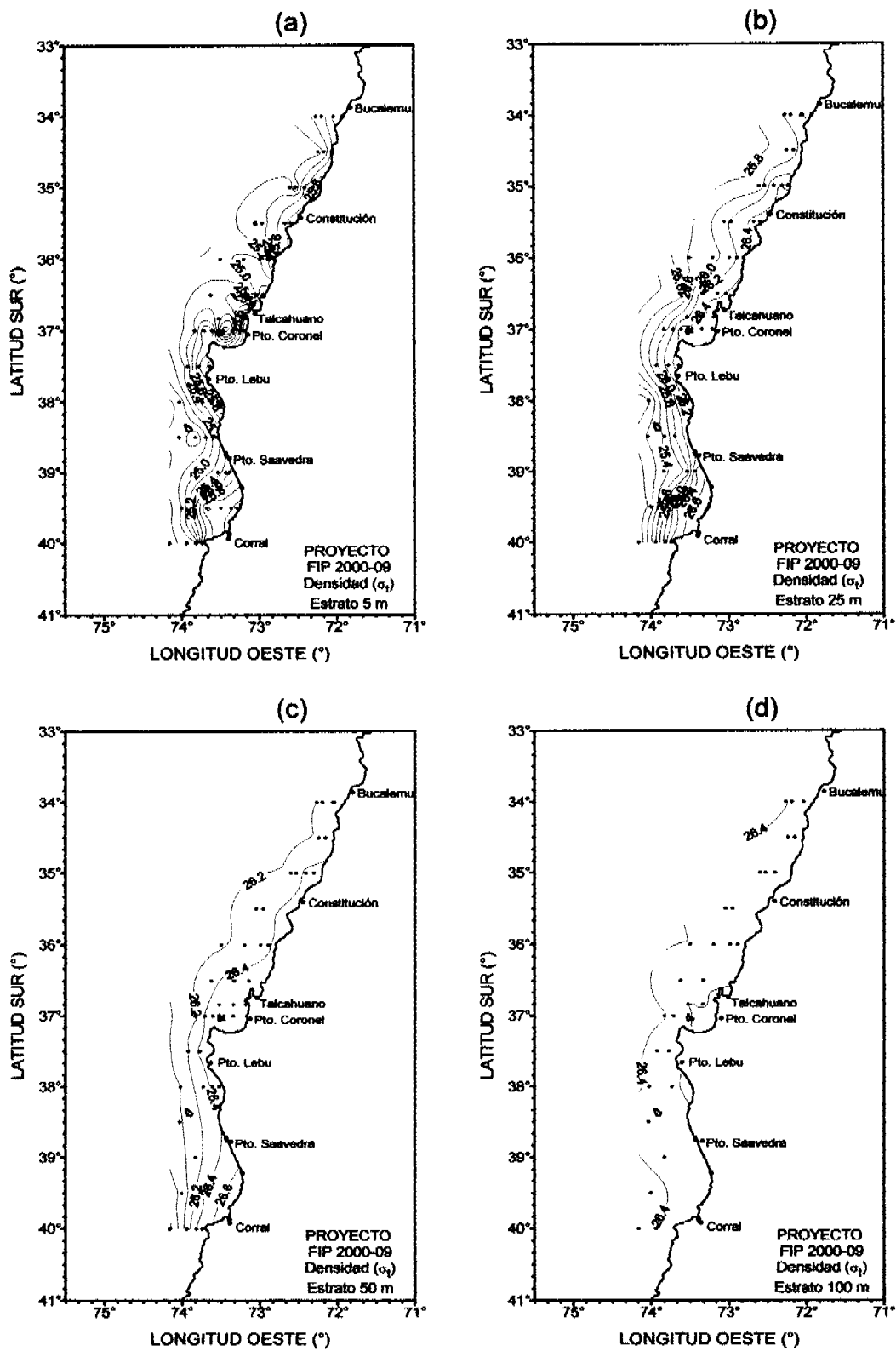


Figura 11. Distribución de densidad del mar ( $\sigma_t$ ). a) estrato de 5m, b) estrato de 25m, c) estrato de 50 m y d) estrato de 100m de profundidad.

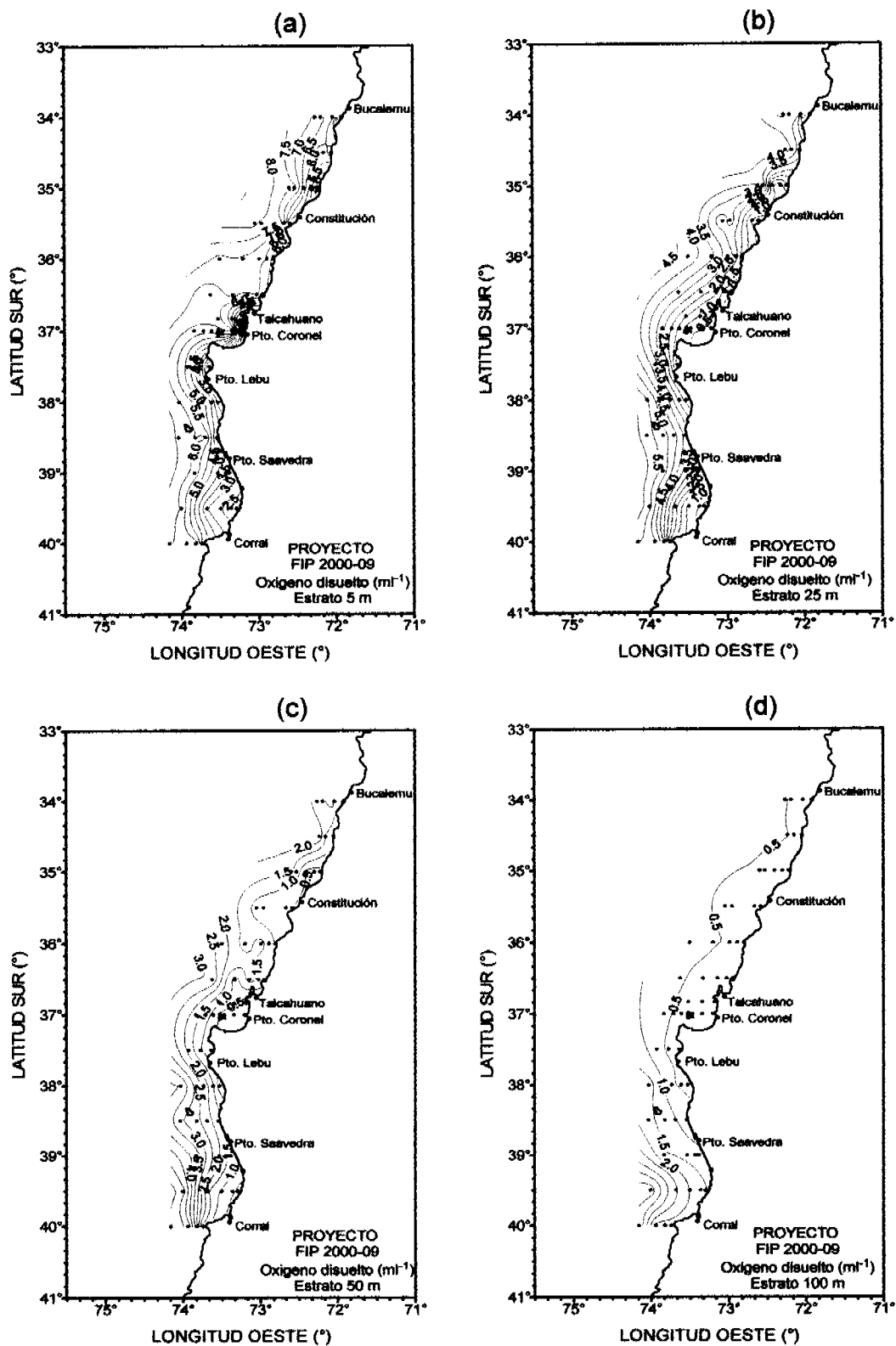


Figura 12. Distribución de oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ). a) estrato de 5m, b) estrato de 25m, c) estrato de 50 m y d) estrato de 100m de profundidad.

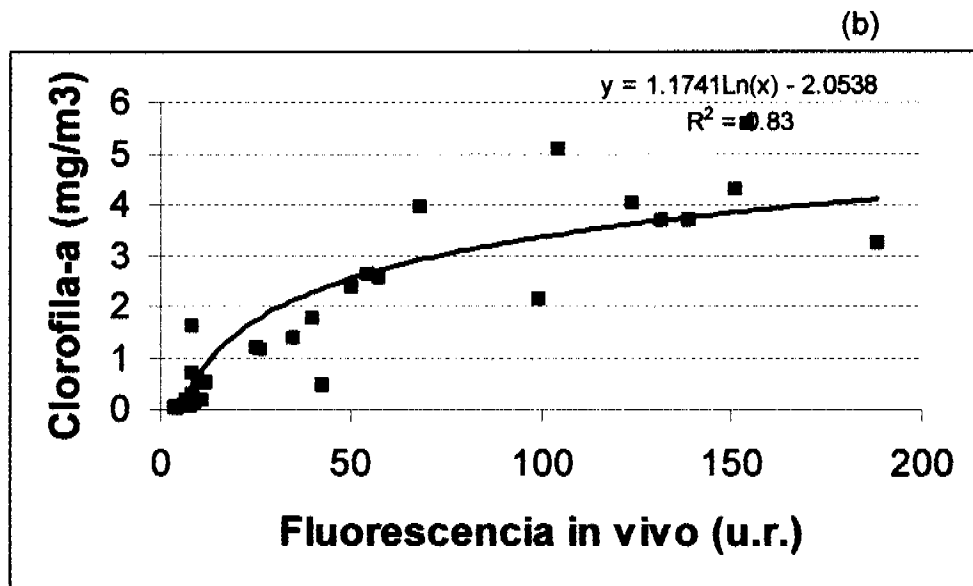
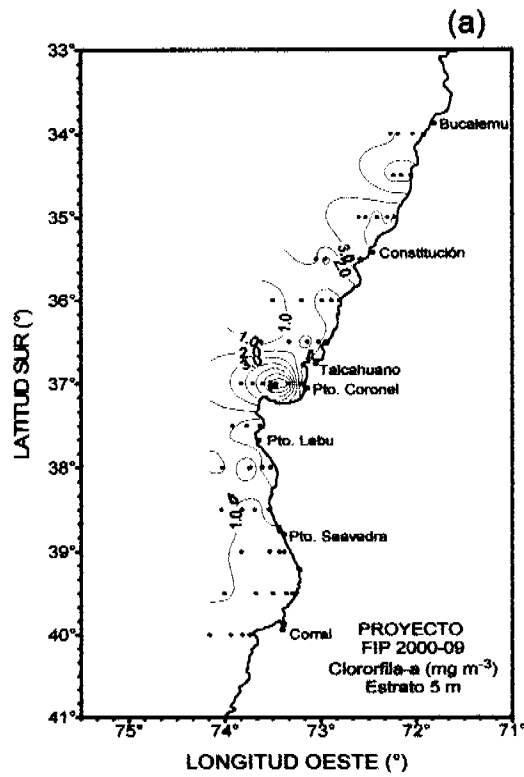


Figura 13. a) Distribución horizontal superficial de la clorofila-a (mg m<sup>-3</sup>), b) Relación bivariada entre la fluorescencia in vivo y la clorofila-a superficial (mg m<sup>-3</sup>).

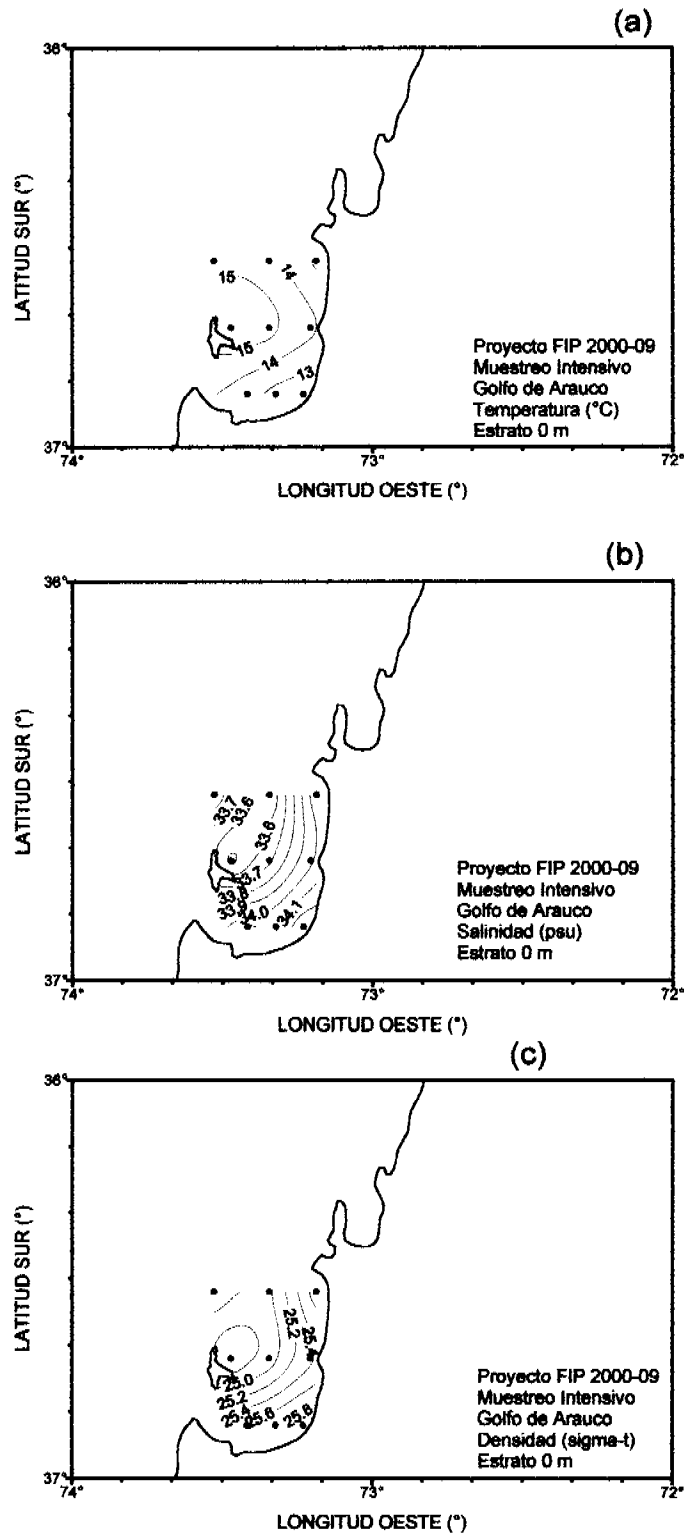


Figura 14. Distribución horizontal en el Golfo de Arauco. A) temperatura, b) salinidad y c) densidad.



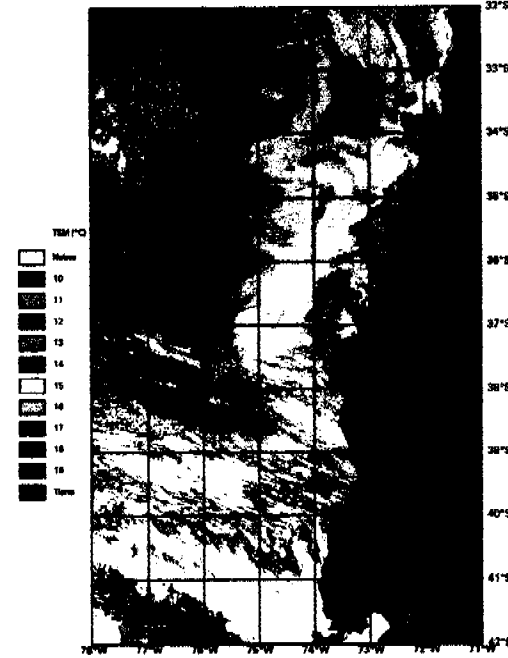
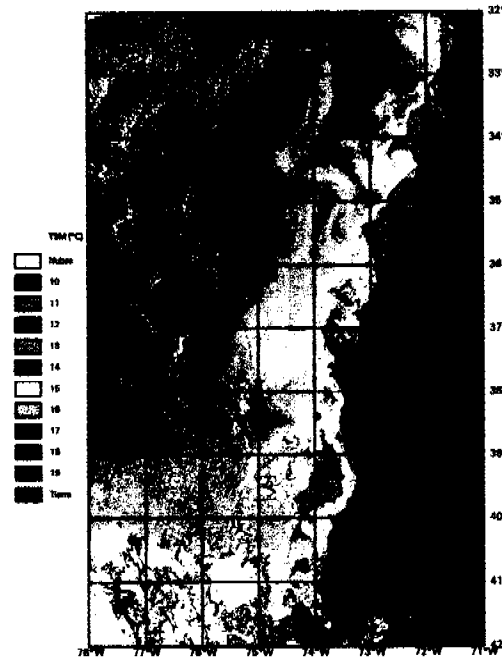
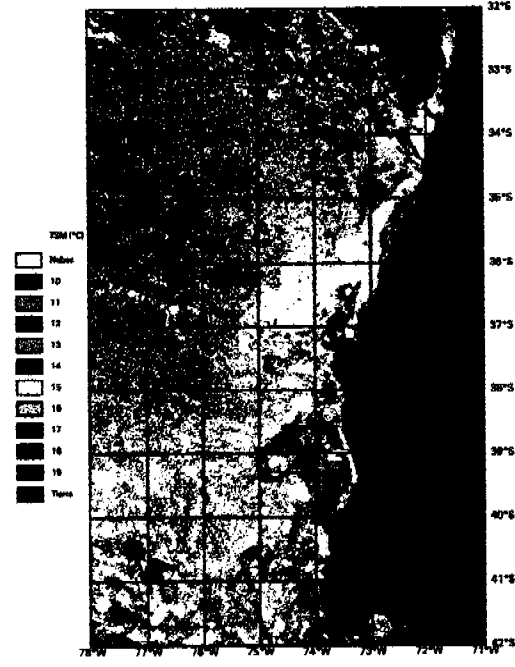
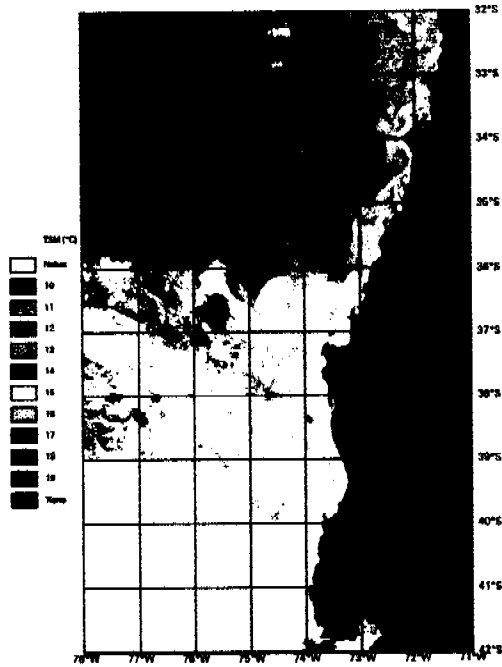


Figura 15. Imágenes satelitales de alta resolución de la temperatura superficial del mar para los días 4, 9, 10 y 11 de Enero de 2001

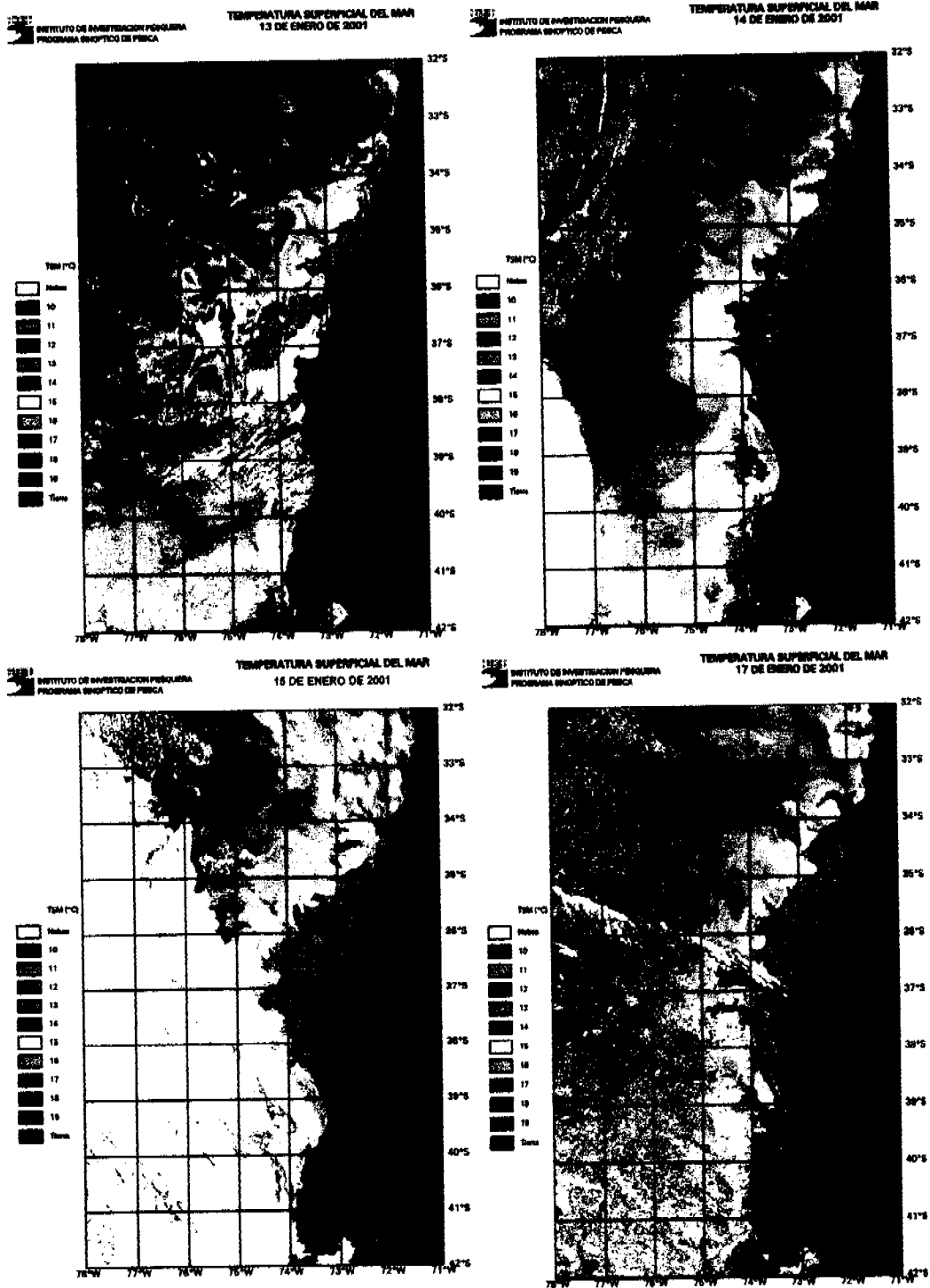


Figura 15. (Continuación) Imágenes satelitales de alta resolución de la temperatura superficial del mar para los días 13, 14, 15 y 17 de Enero de 2001

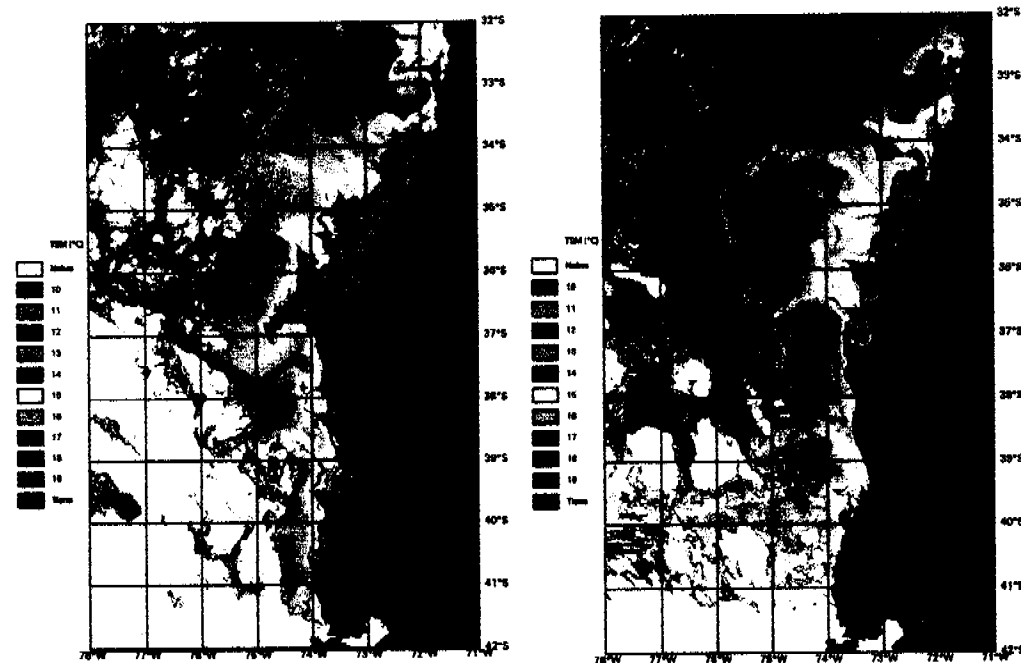
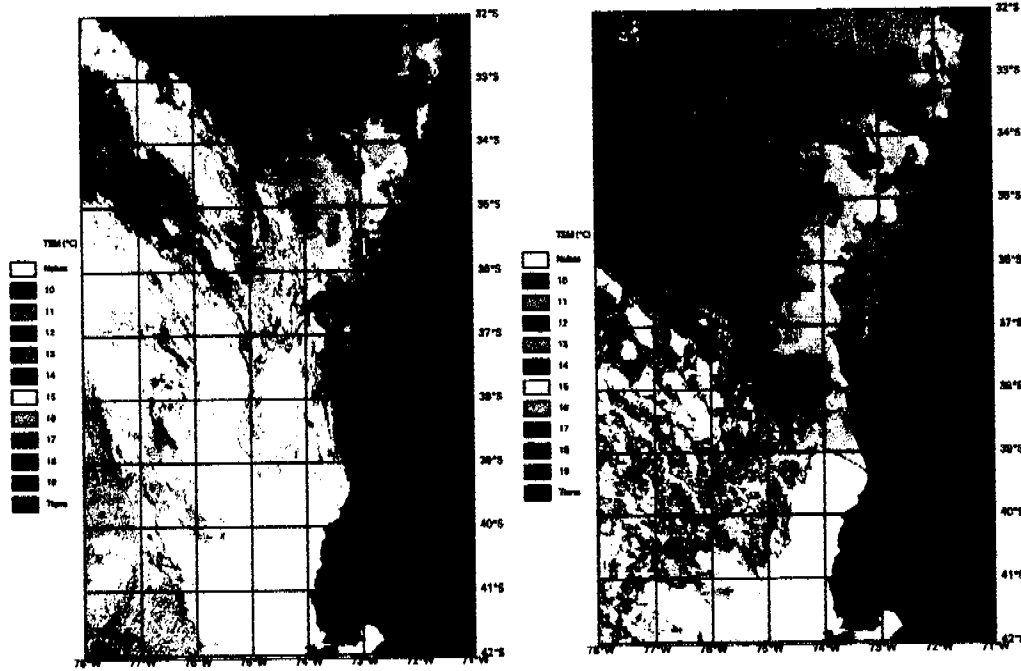


Figura 15. (Continuación) Imágenes satelitales de alta resolución de la temperatura superficial del mar para los días 20, 22, 28 y 31 de Enero de 2001

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR  
IMÁGEN PROMEDIO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO

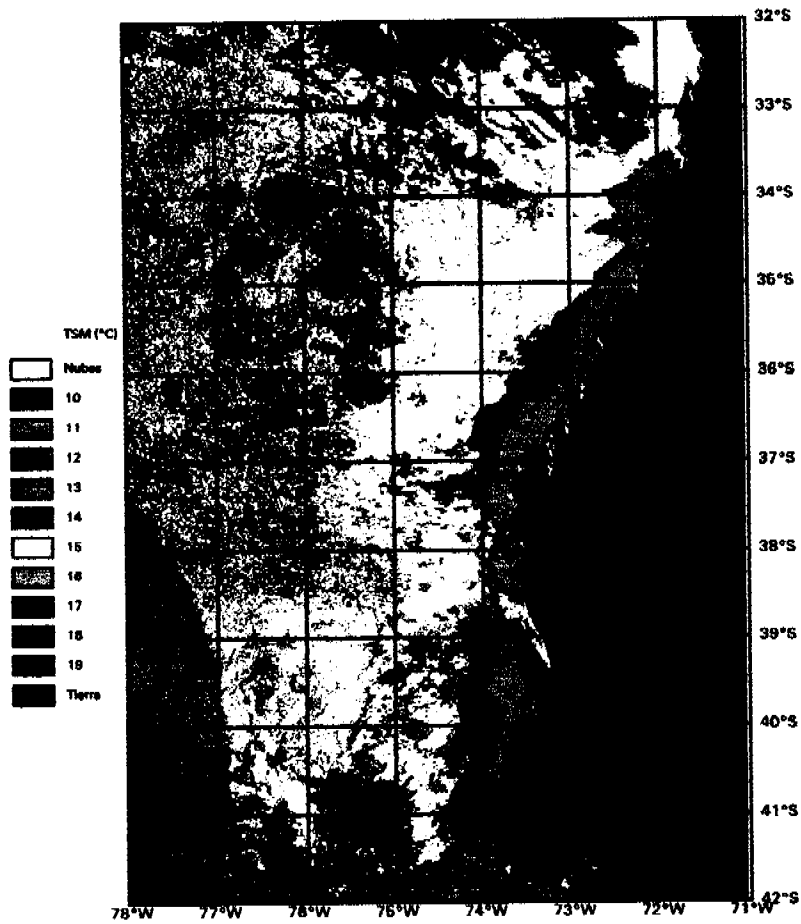


Figura 16. Imágen promedio de la temperatura superficial del mar de todas las imágenes validadas en el período de estudio.

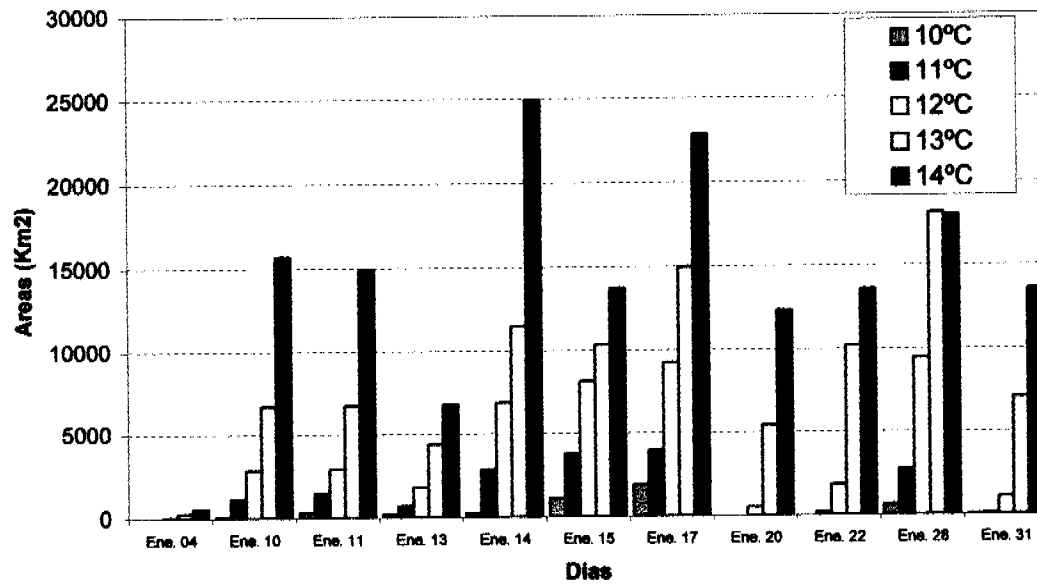


Figura 17. Evolución temporal de la cobertura areal para las isotermas de 10, 11, 12, 13 y 14 °C en el área de estudio.

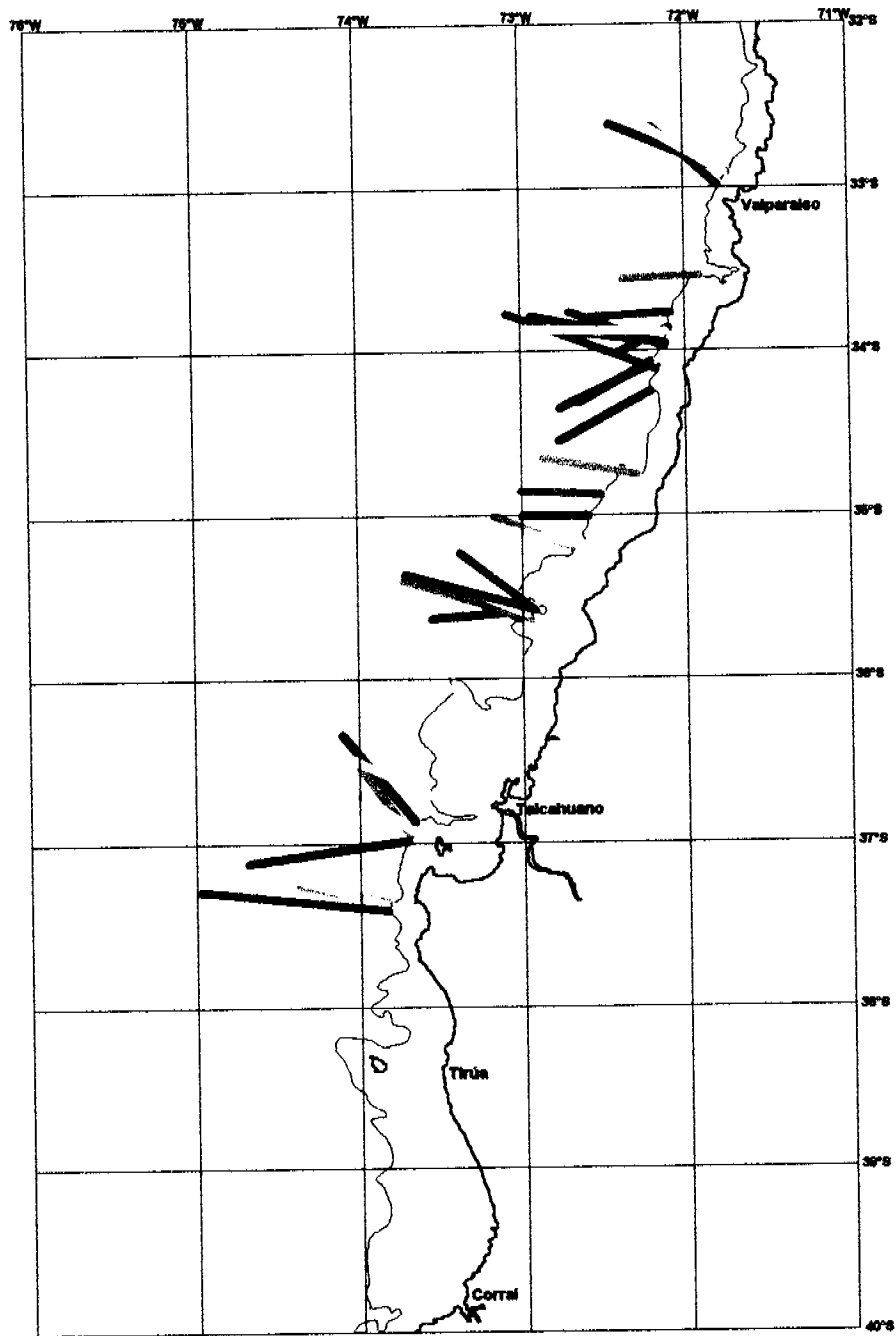


Figura 18

Filamentos de surgencia determinados a partir de imágenes satelitales de TSM para el período y área de estudio.

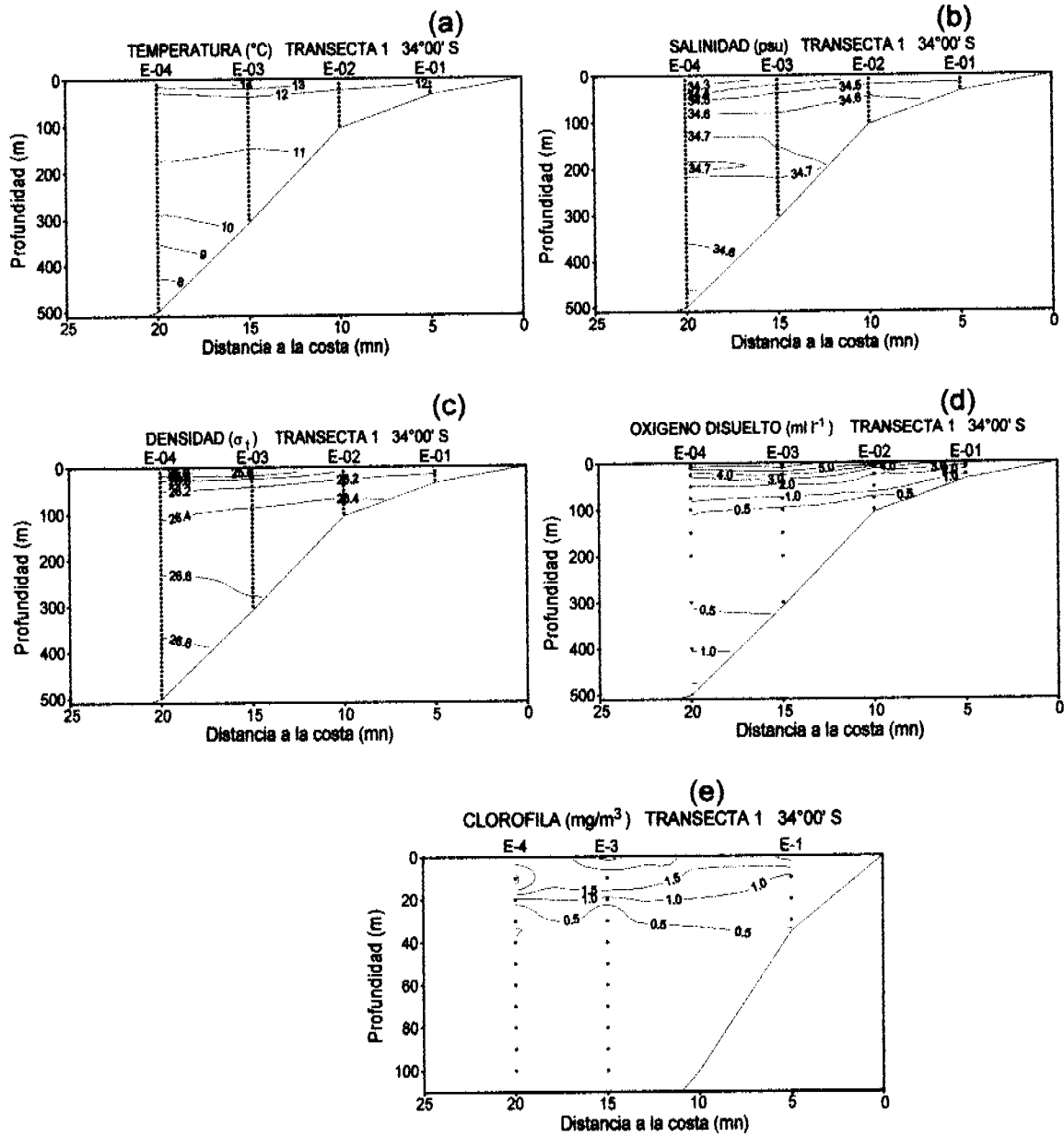


Figura 19. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml l<sup>-1</sup>) y e) clorofila-a (mg m<sup>-3</sup>). Transecta 1.

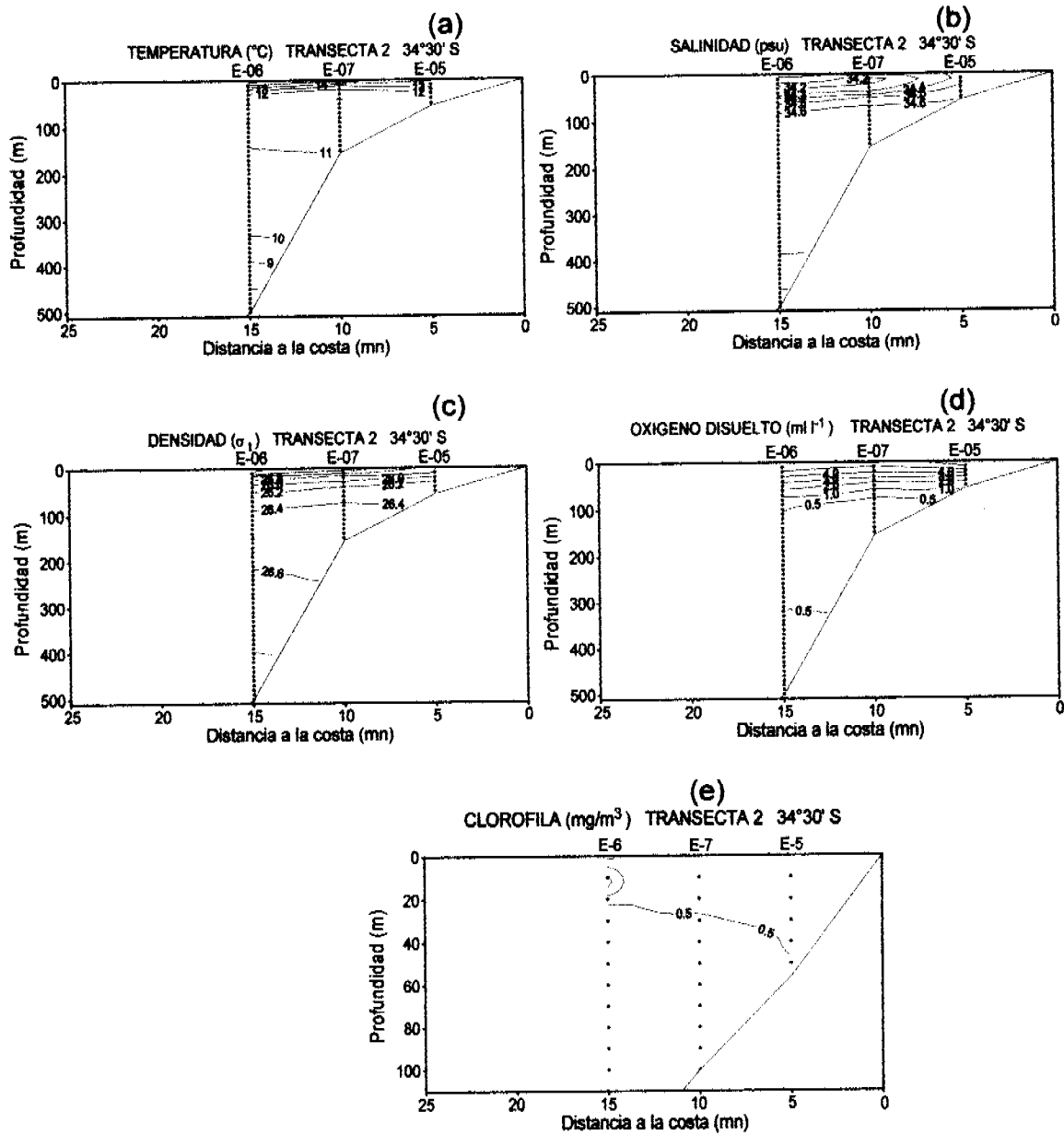


Figura 20. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta 2.



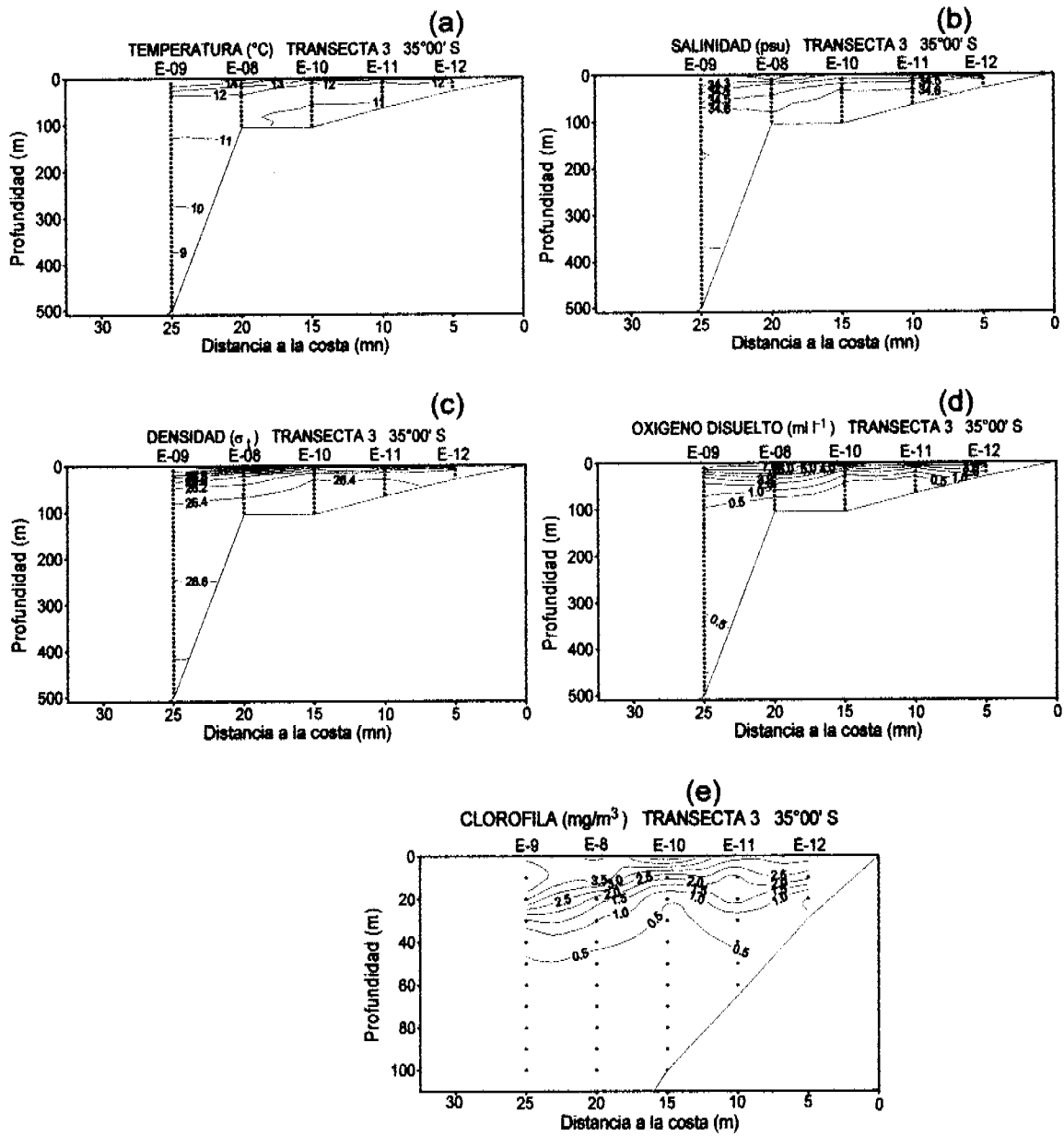


Figura 21. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta 3.

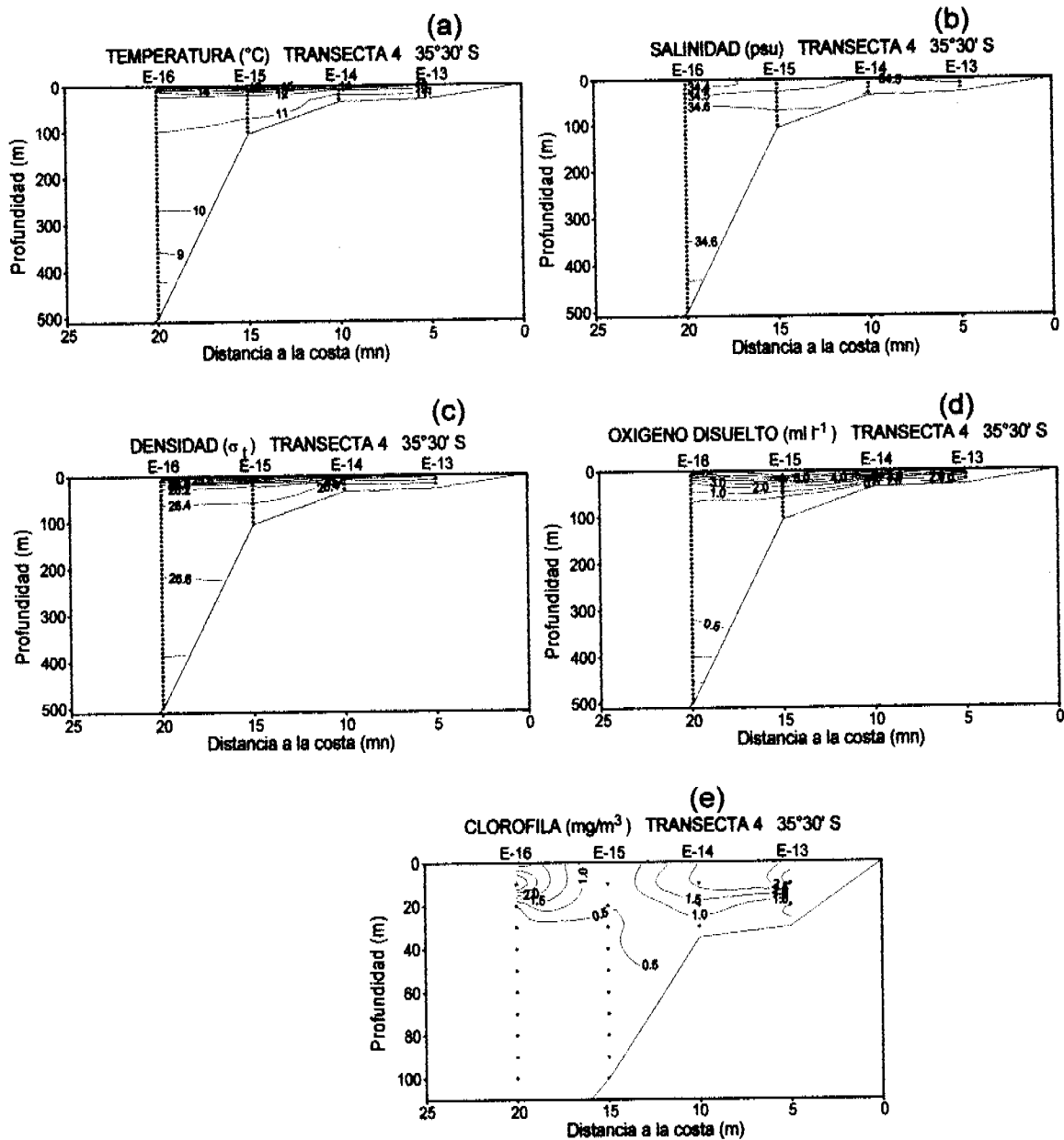


Figura 22. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml l<sup>-1</sup>) y e) clorofila-a (mg m<sup>-3</sup>). Transecta 4.

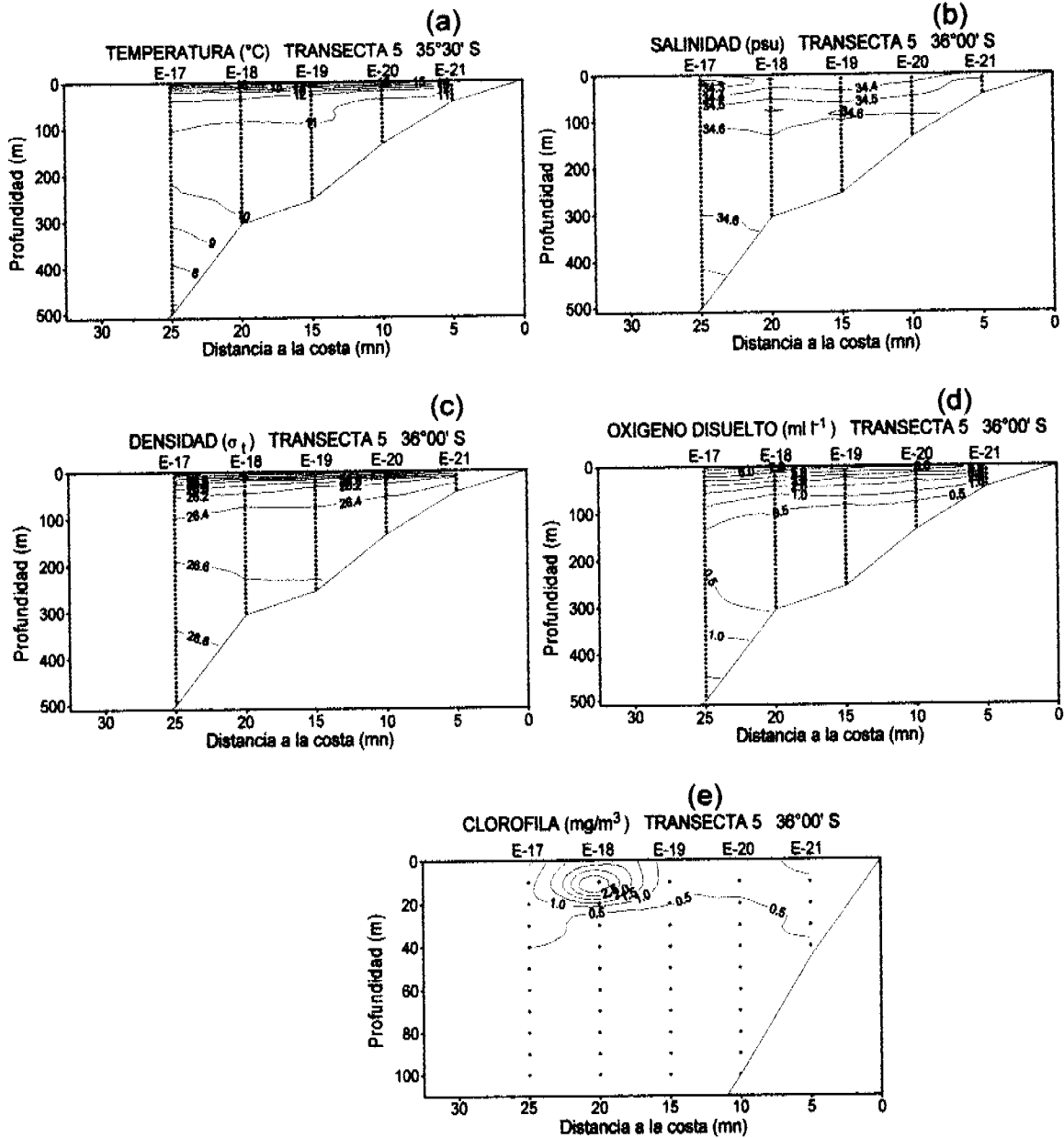


Figura 23. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml l<sup>-1</sup>) y e) clorofila-a (mg m<sup>-3</sup>). Transecta 5.

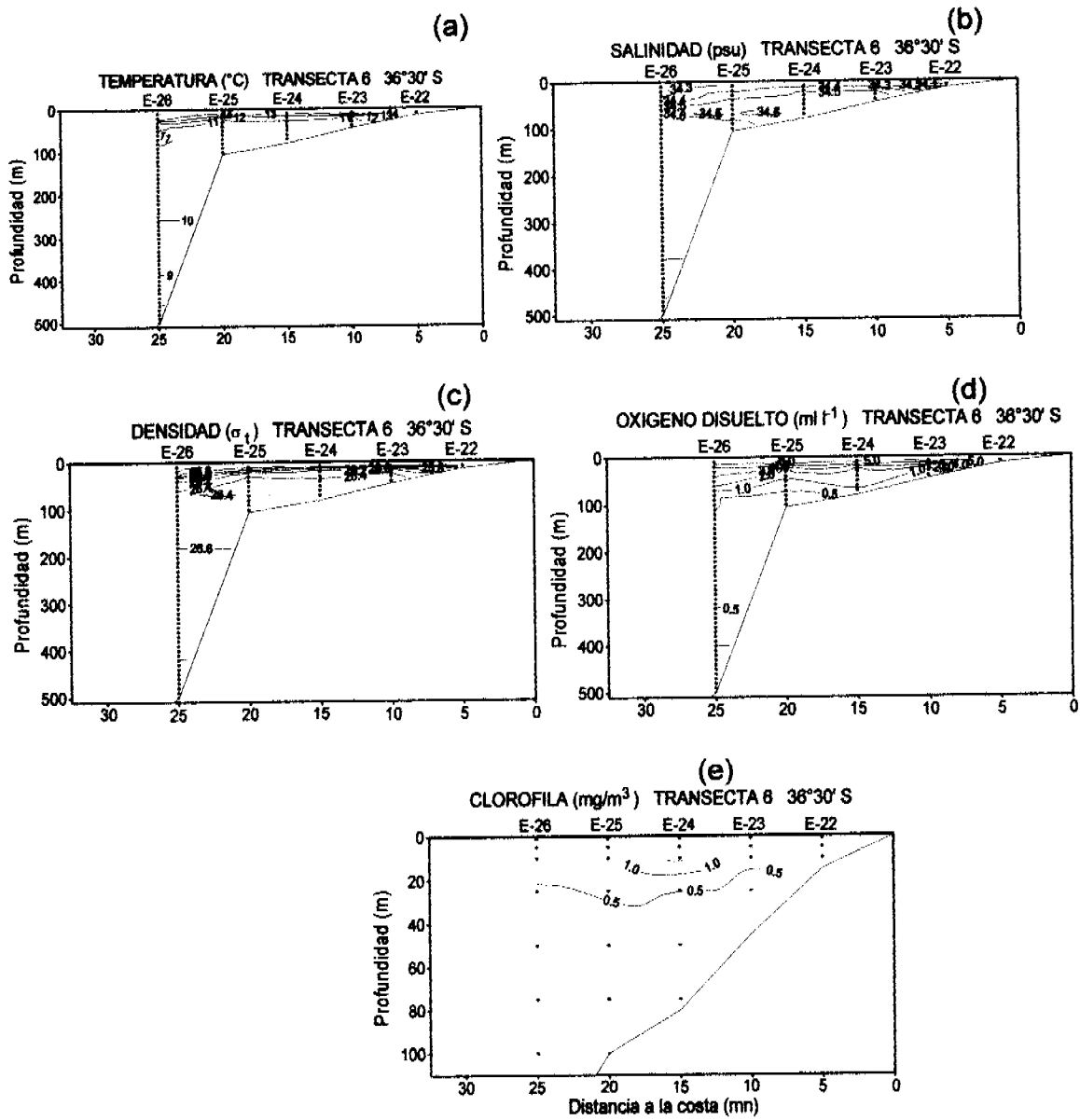


Figura 24. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto (ml l<sup>-1</sup>) y e) clorofila-a (mg m<sup>-3</sup>). Transecta 6.

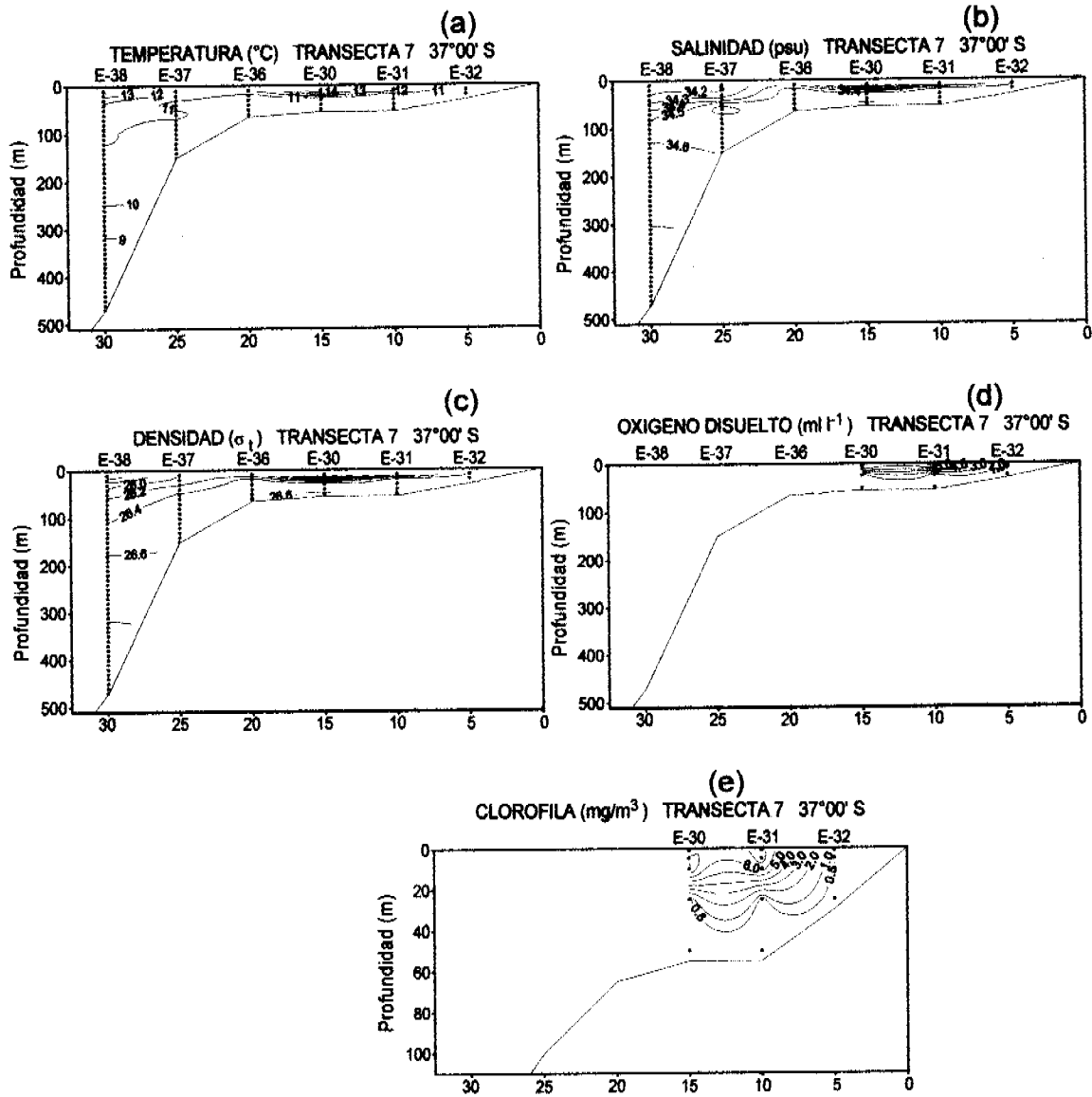


Figura 25. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta 7.

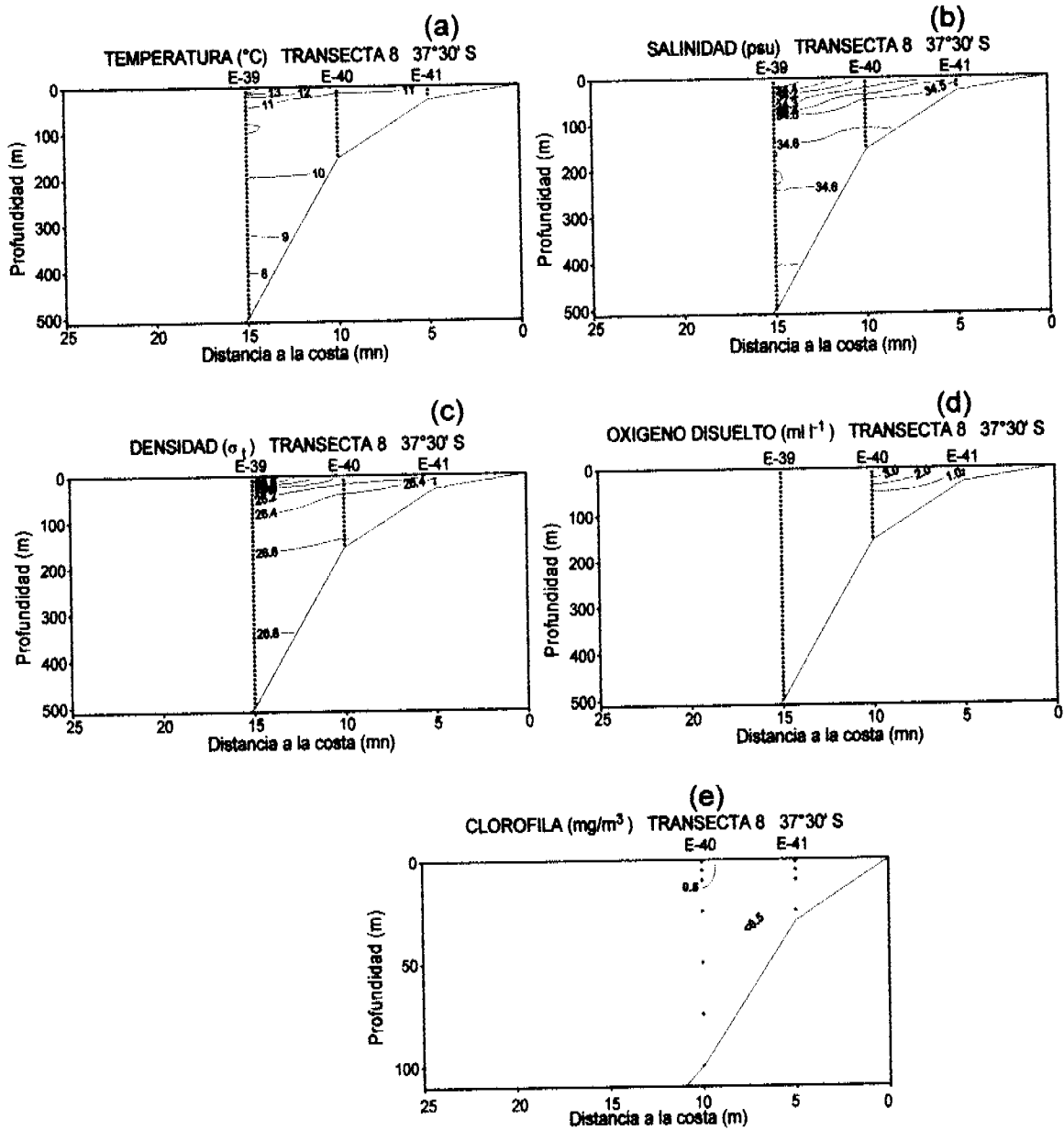


Figura 26. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta 8.

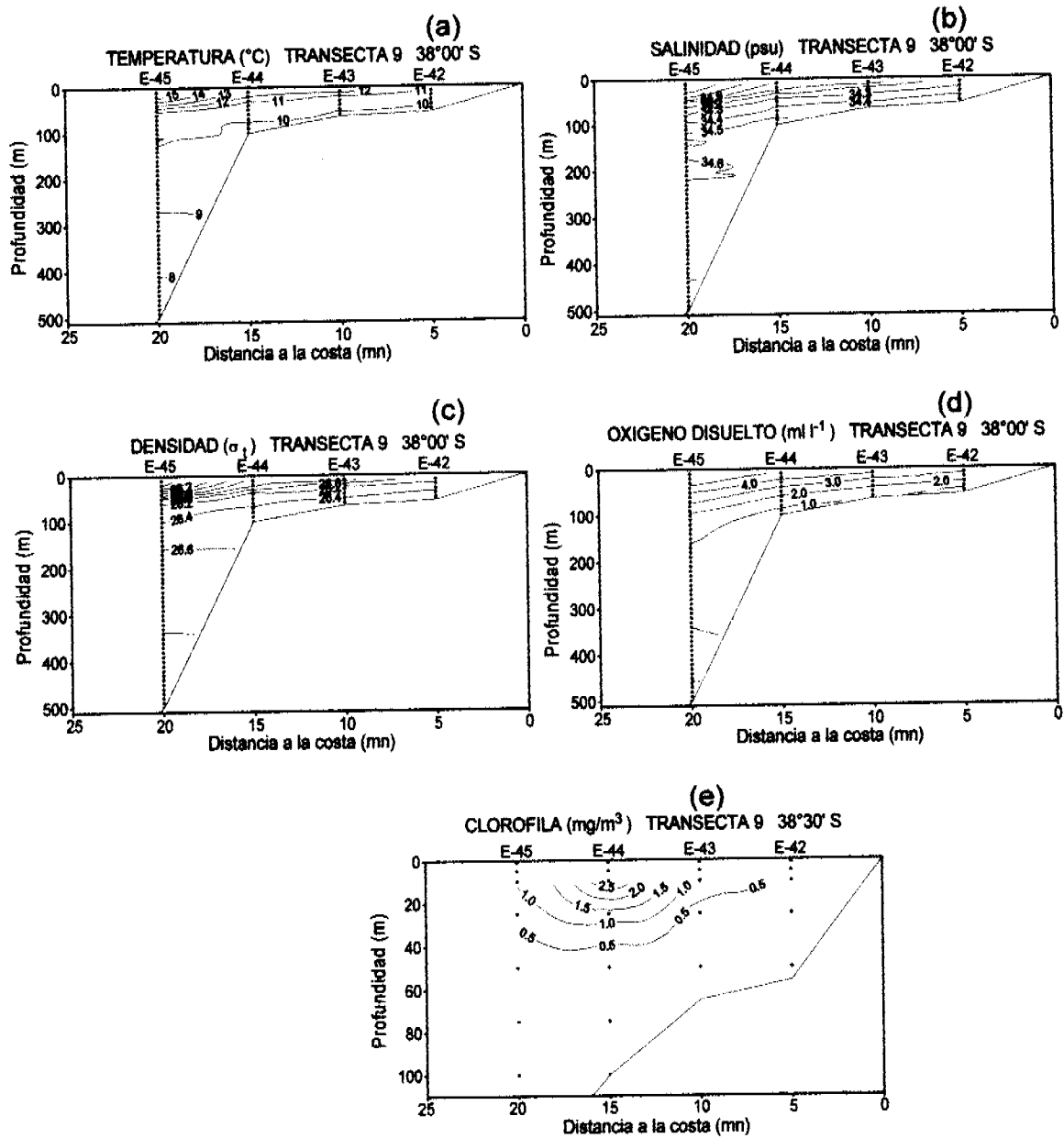


Figura 27. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), (d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y (e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta 9.

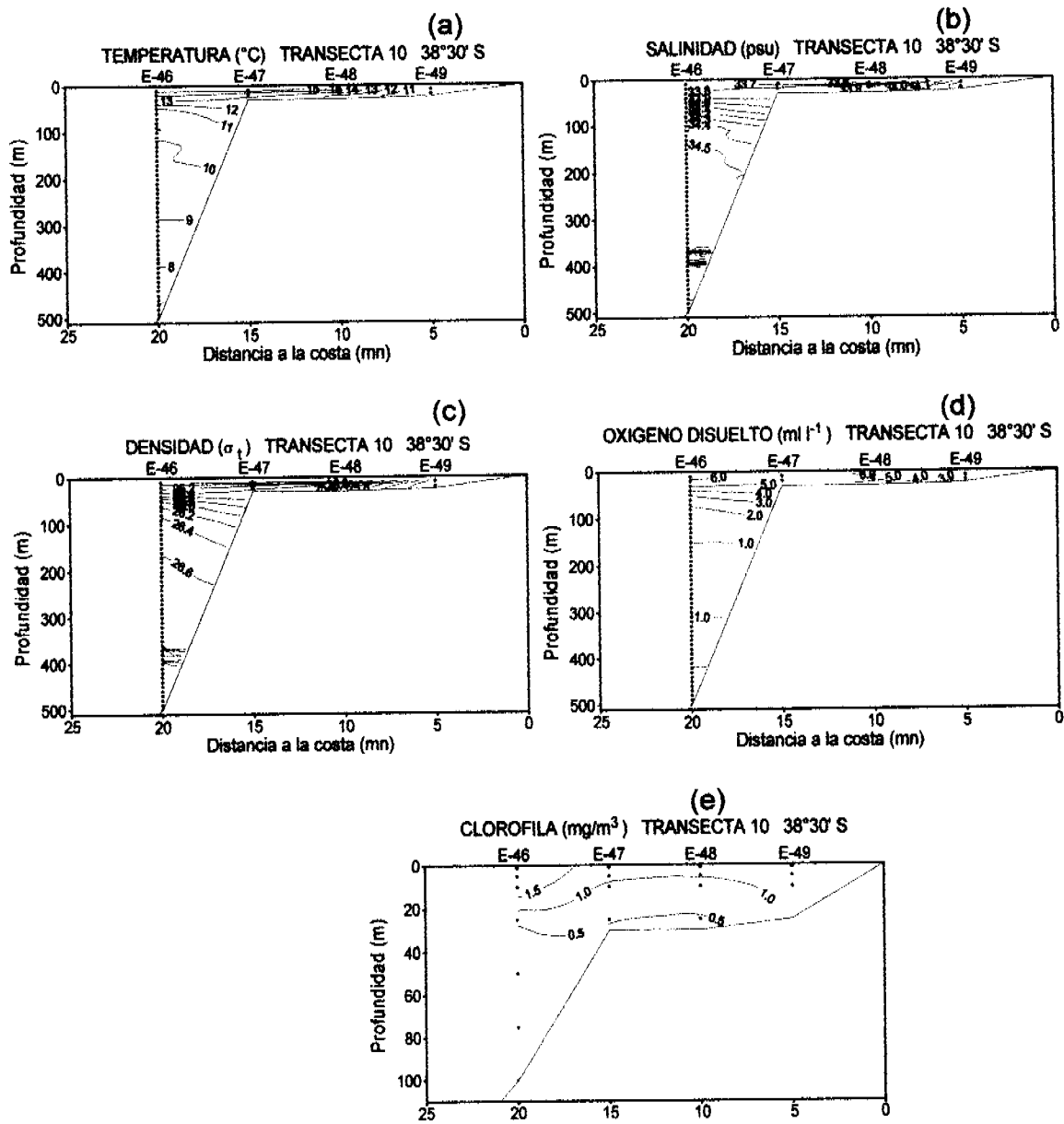


Figura 28. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta 10.



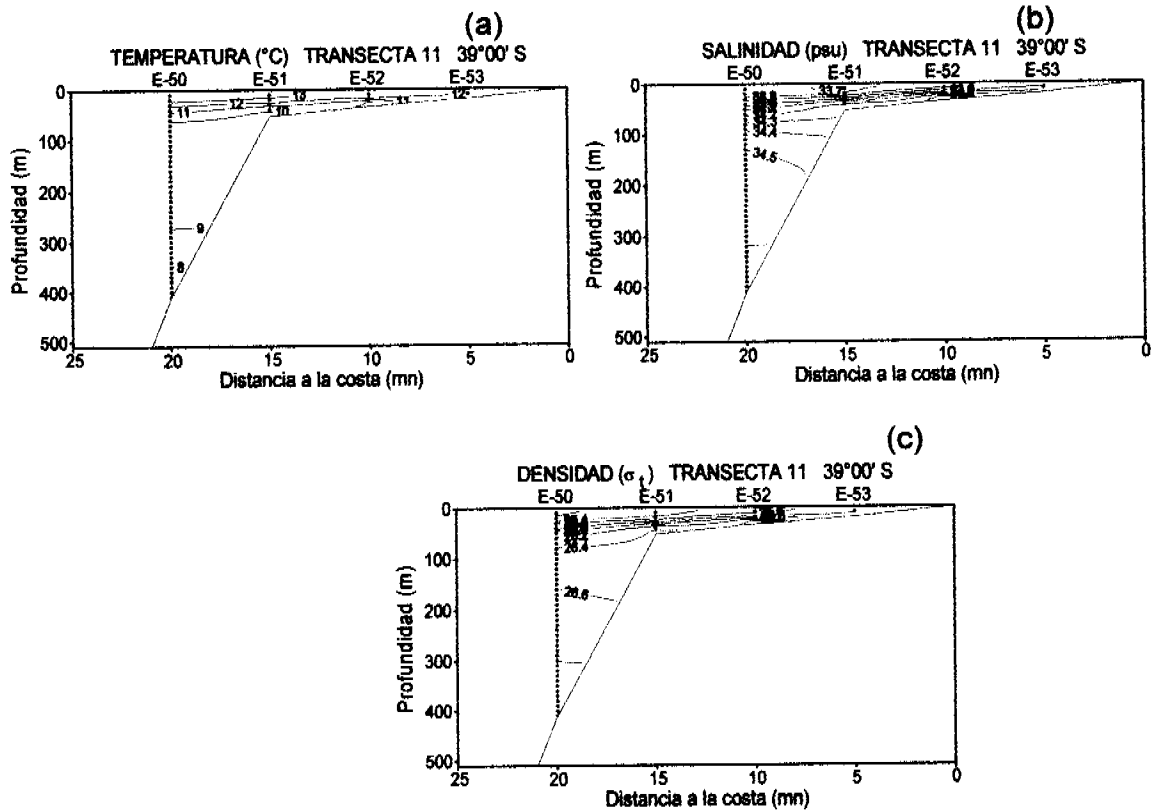


Figura 29 Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu) y (c) densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta 11.

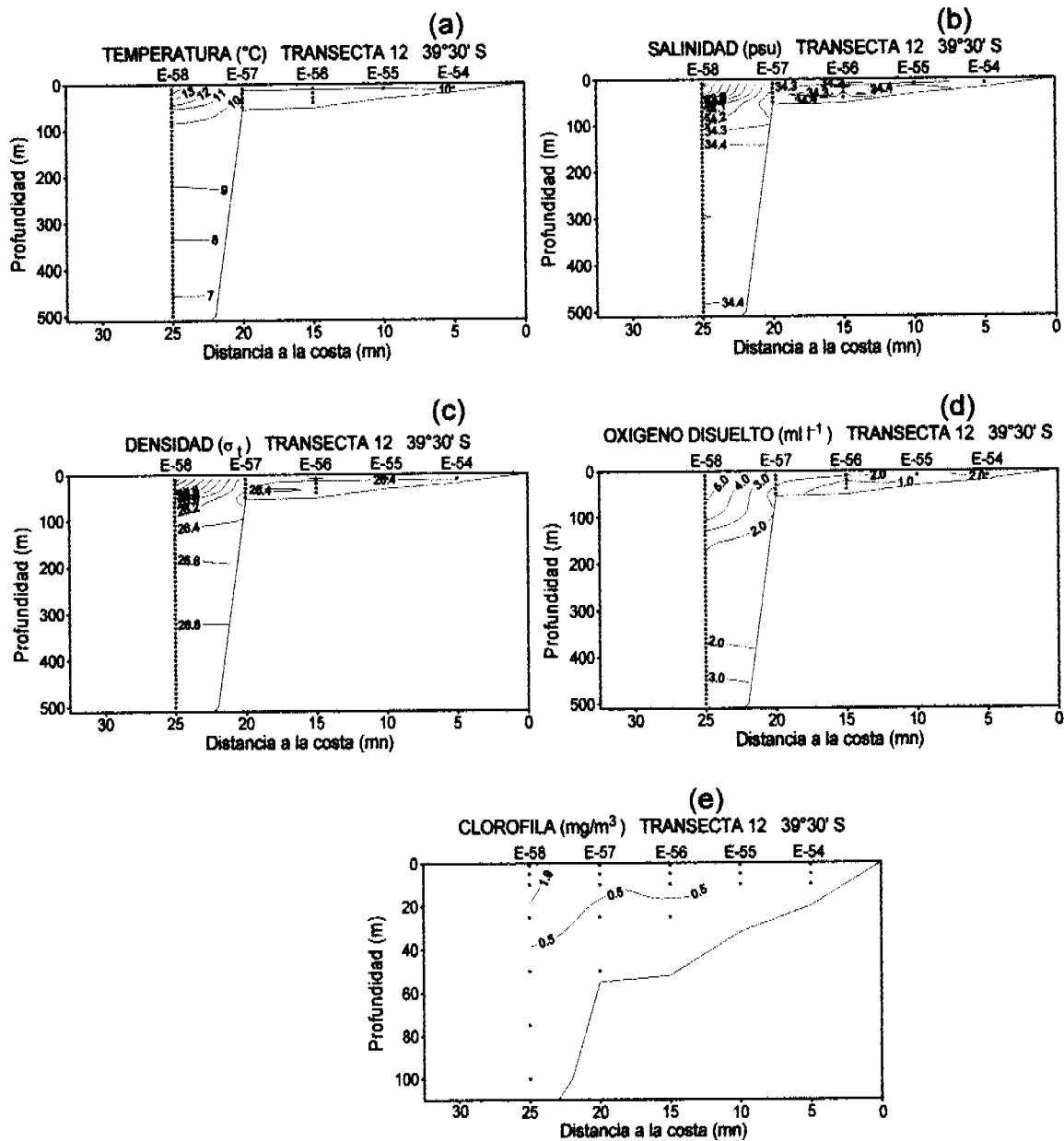


Figura 30. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta 12.

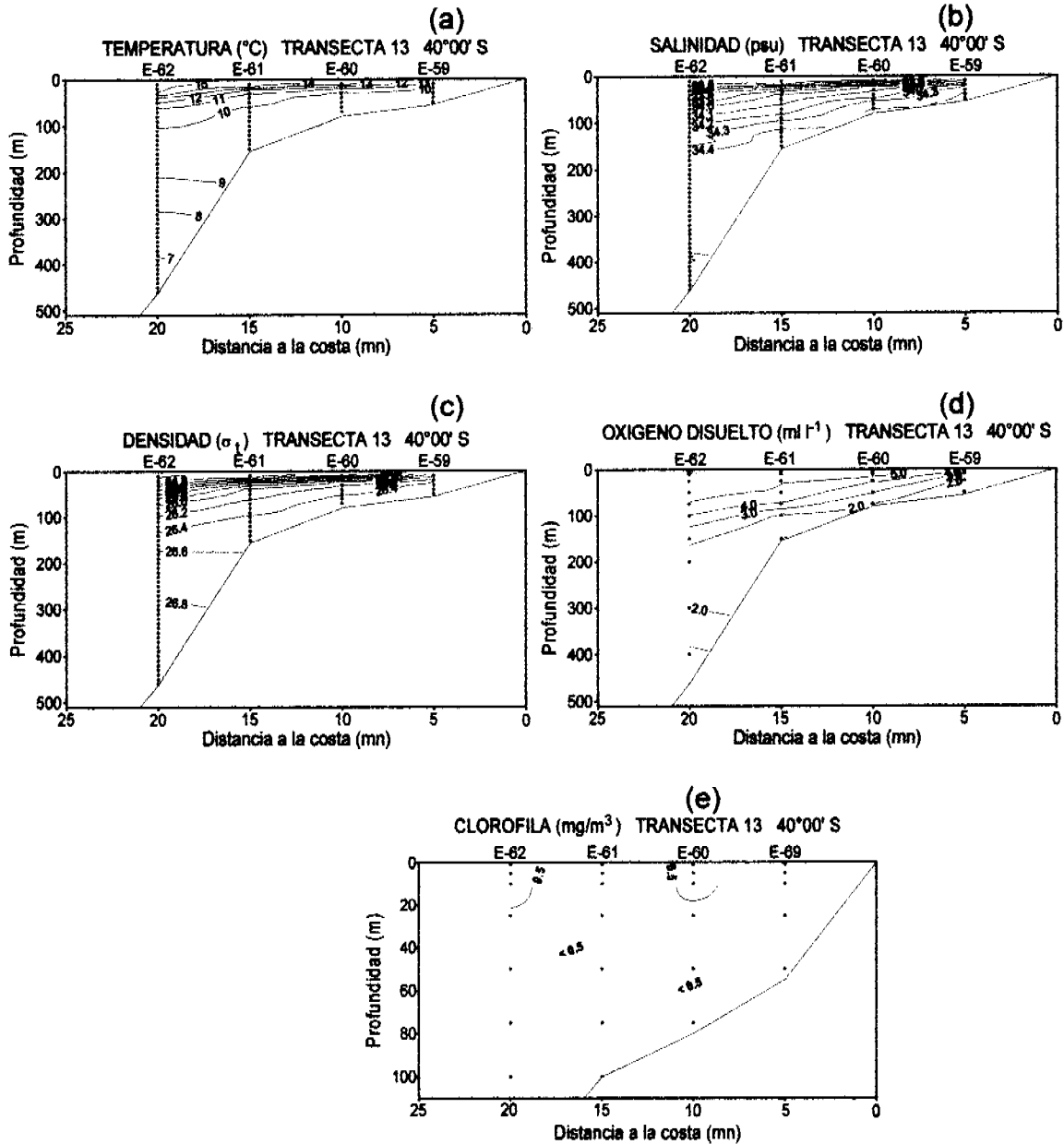


Figura 31. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta 13.

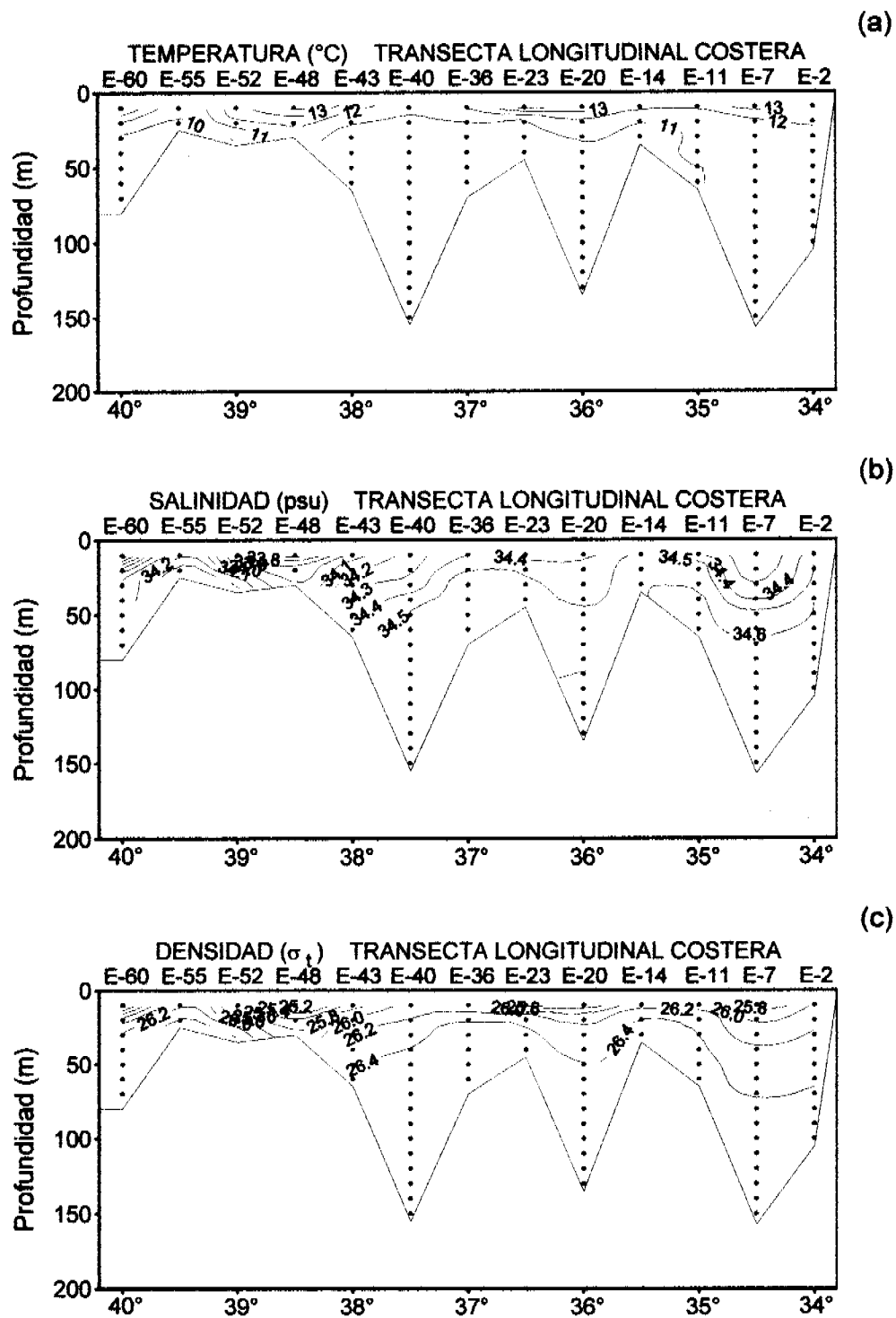


Figura 32. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta longitudinal costera.

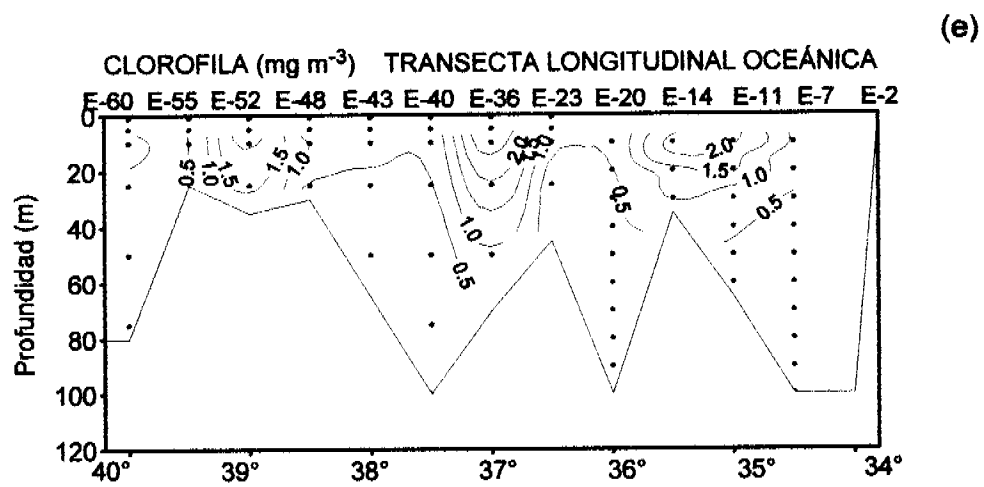
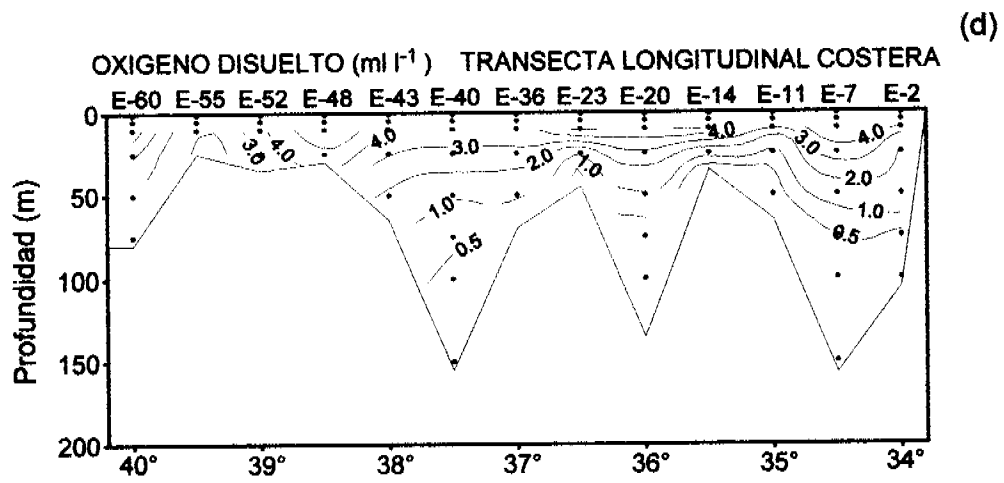


Figura 32. (Continuación) Distribución vertical de las variables : (d) Oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y (e) clorofila ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta longitudinal costera.

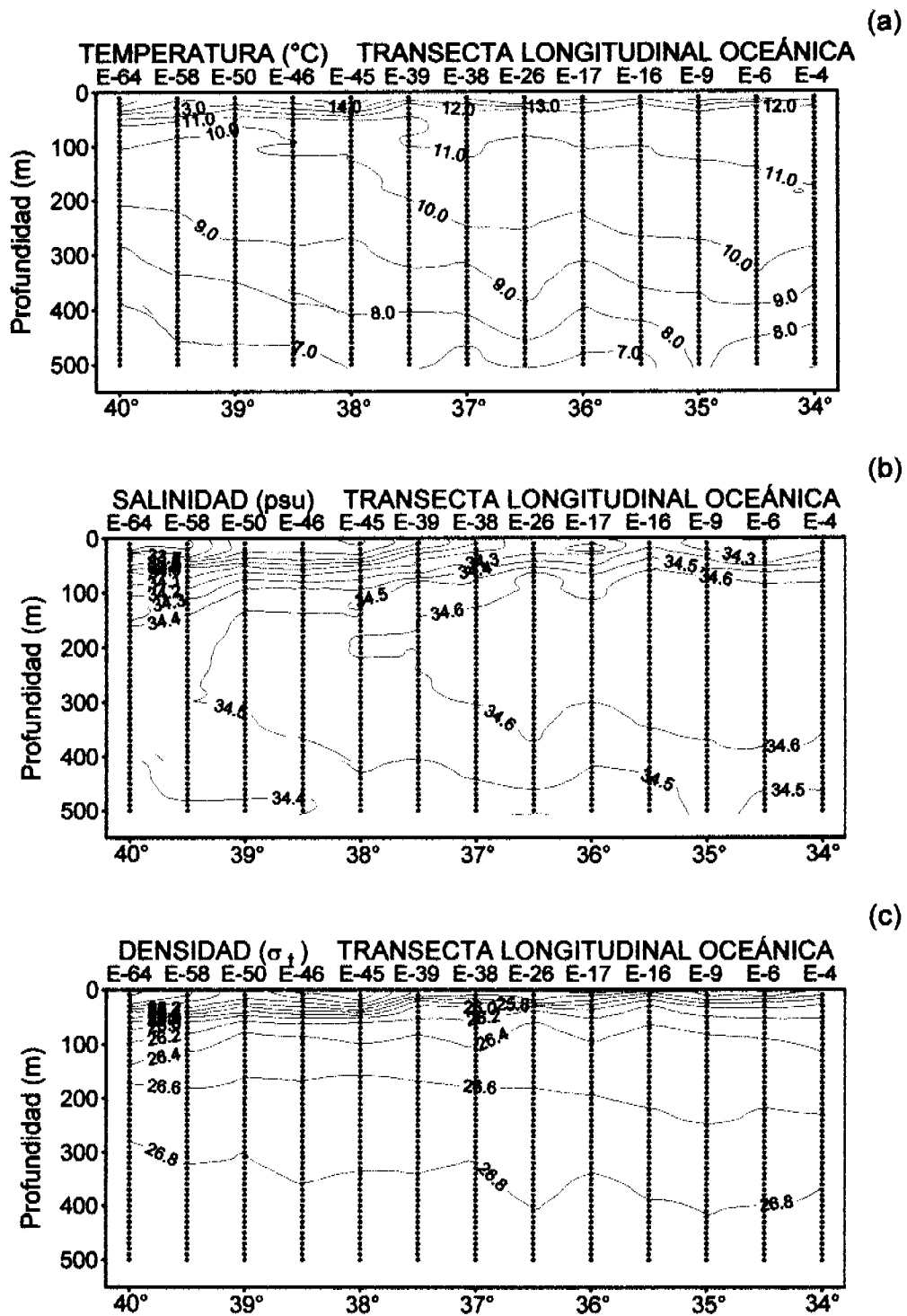


Figura 33. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ). Transecta longitudinal oceánica.

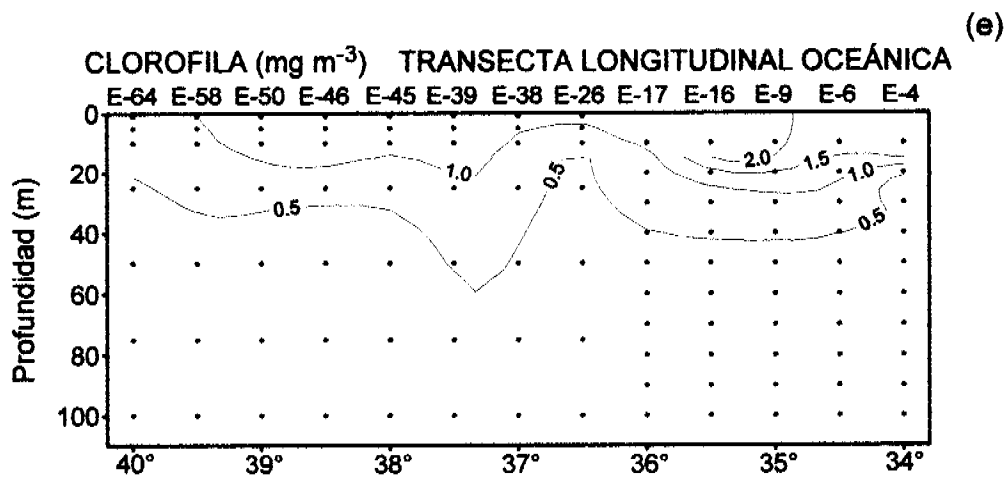
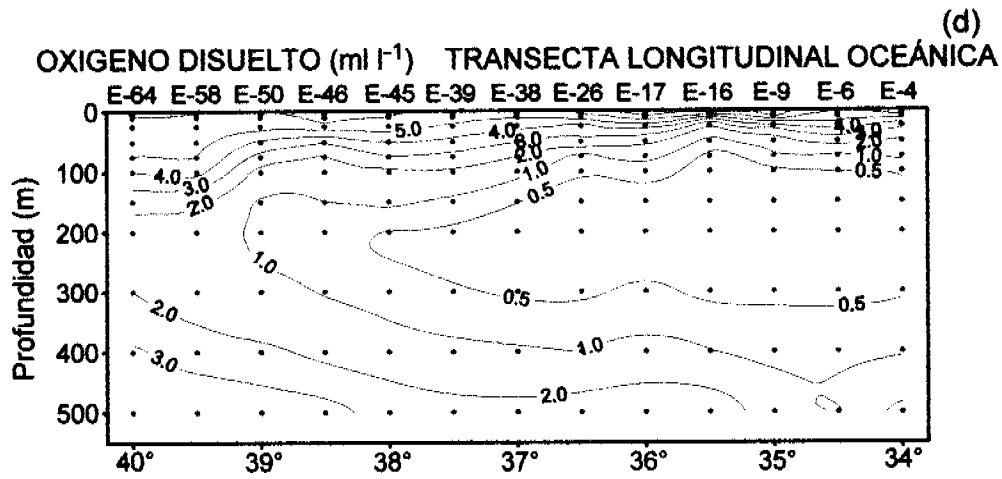


Figura 33. (Continuación) Distribución vertical de las variables : (d) Oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y (e) clorofila ( $\text{mg m}^{-3}$ ). Transecta longitudinal oceánica.

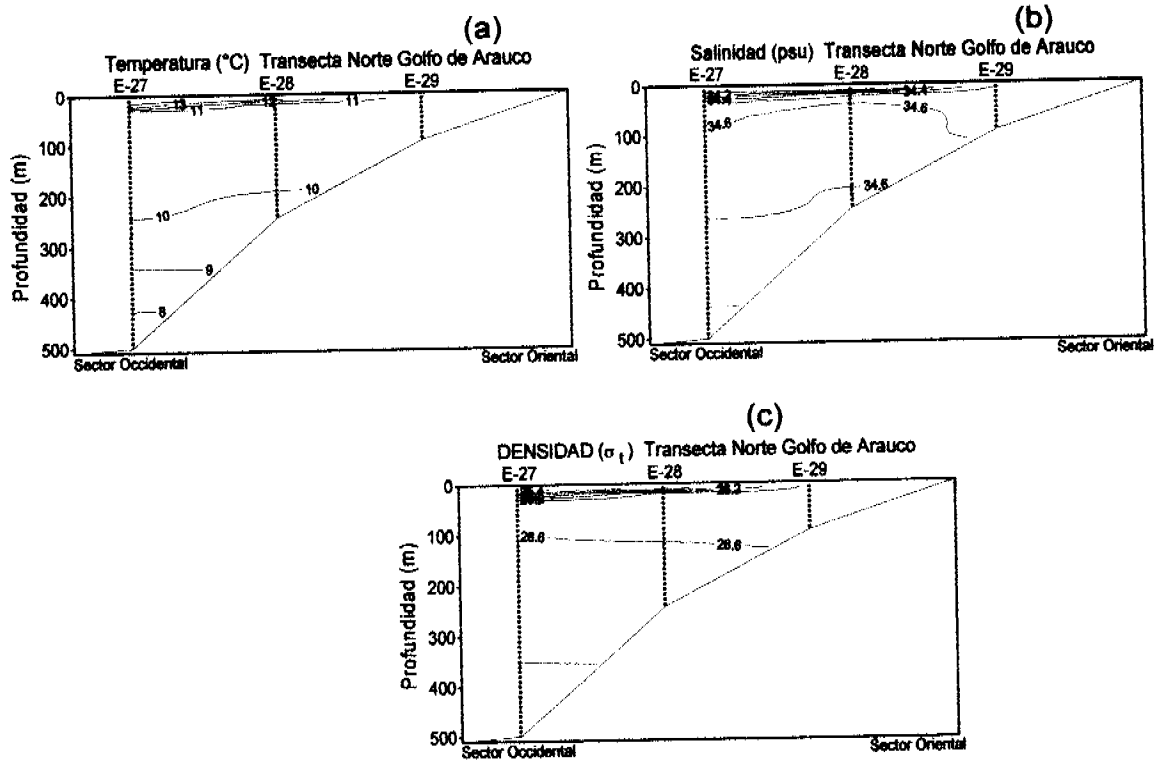


Figura 34. Distribución vertical de las variables : (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ) al interior del Golfo de Arauco. Transecta norte.



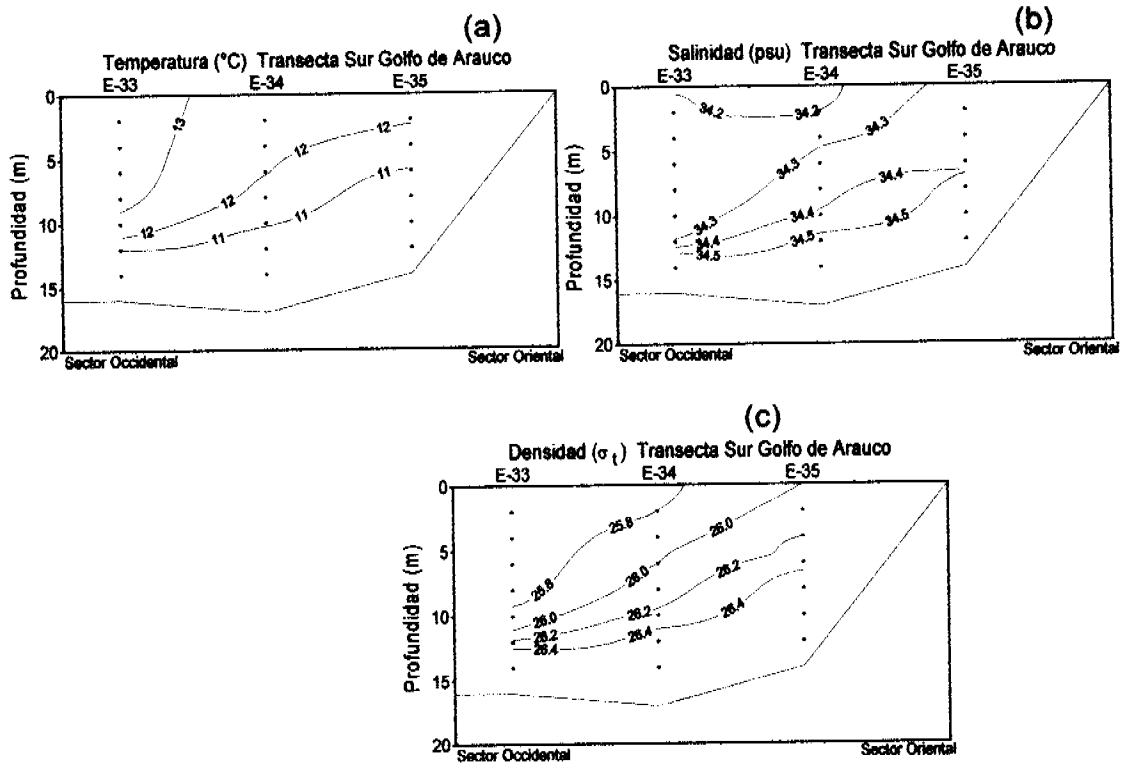


Figura 34. (Continuación) Distribución vertical de las variables : (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ) al interior del Golfo de Arauco. Transecta sur.

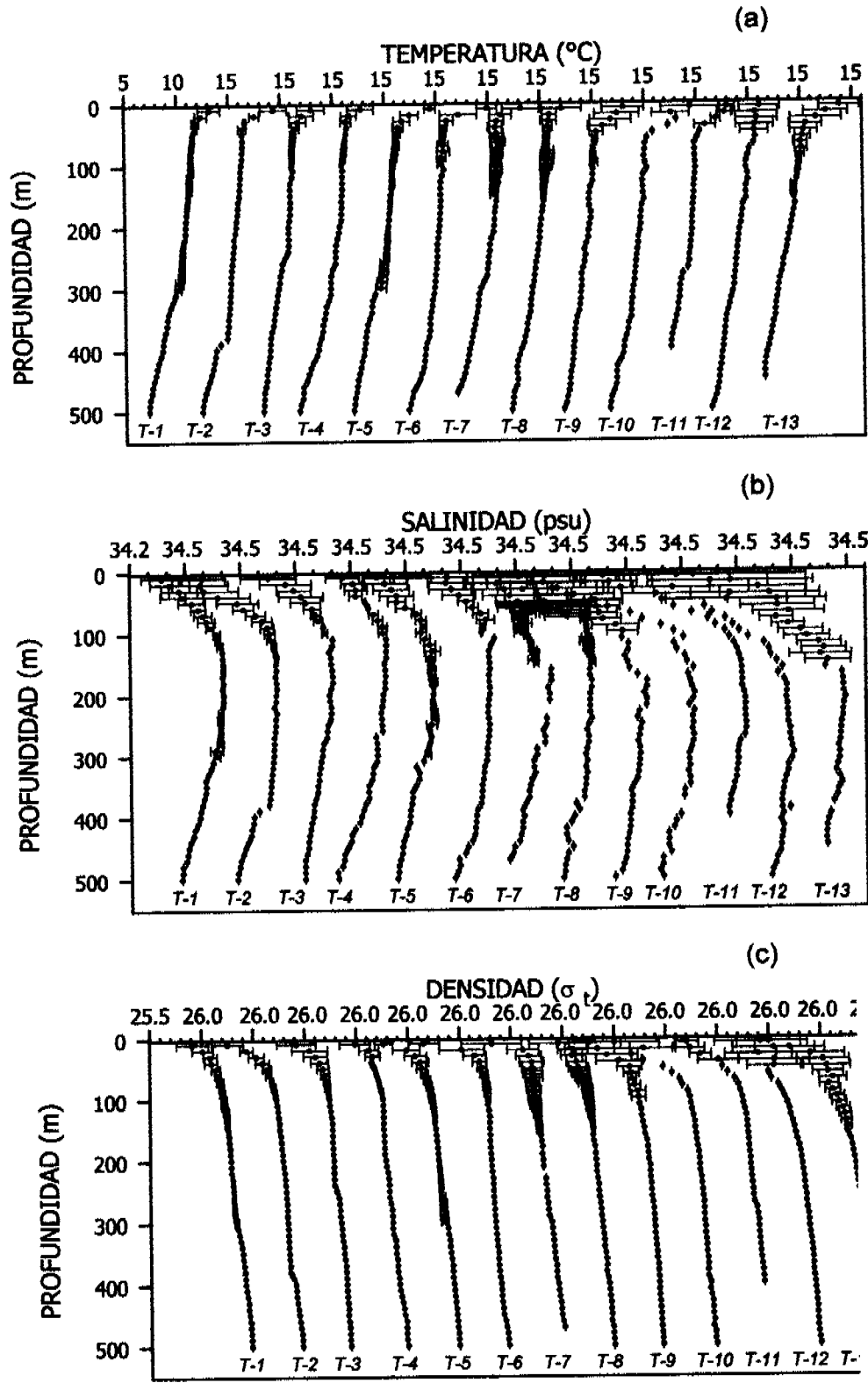


Figura 35. Perfiles verticales promedio de (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ) para cada una de las transectas realizadas.

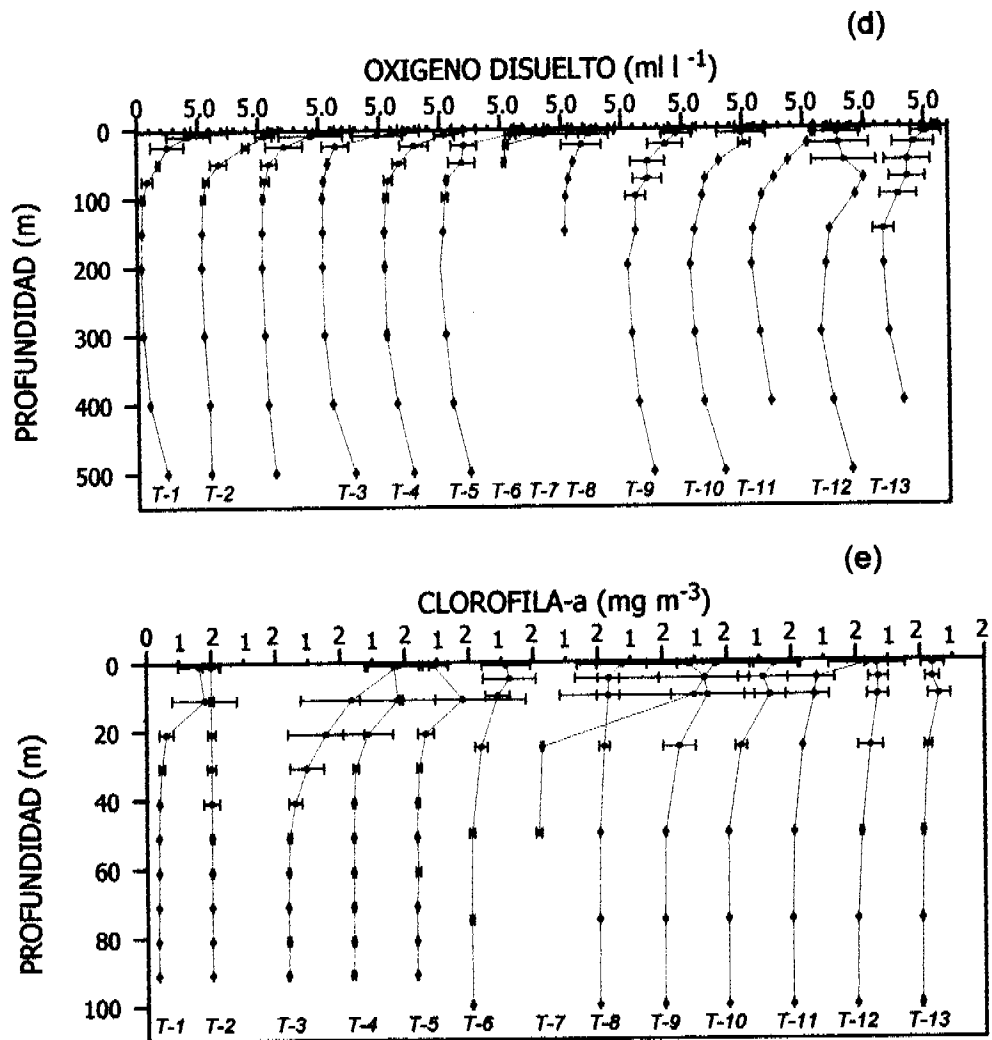


Figura 35. (Continuación) Perfiles verticales promedio de (d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y (e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) para cada una de las transectas realizadas.

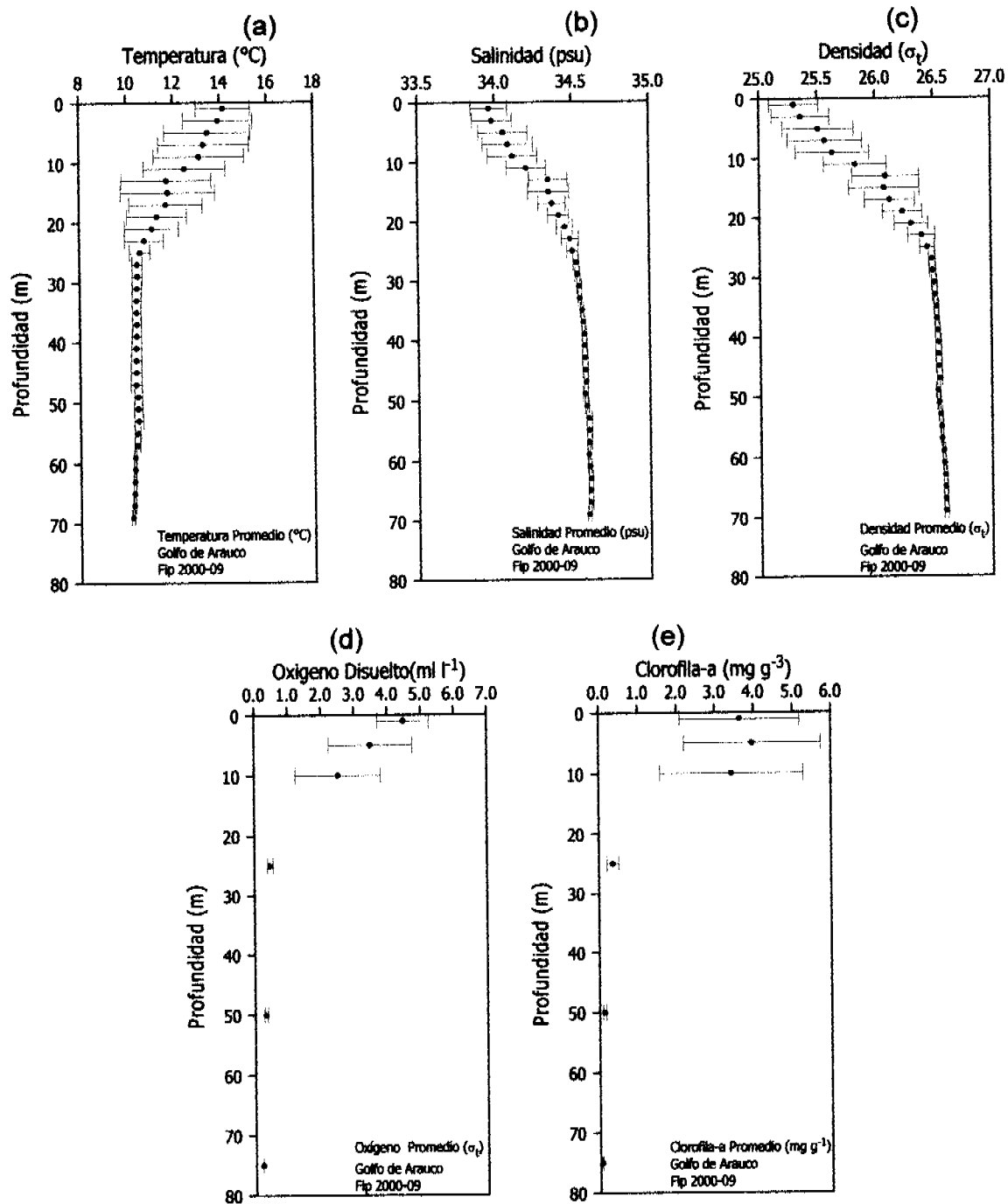


Figura 36

Perfiles verticales promedio de (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad ( $\sigma_t$ ), (d) oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) y (e) clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) para las transectas realizadas al interior del Golfo de Arauco.

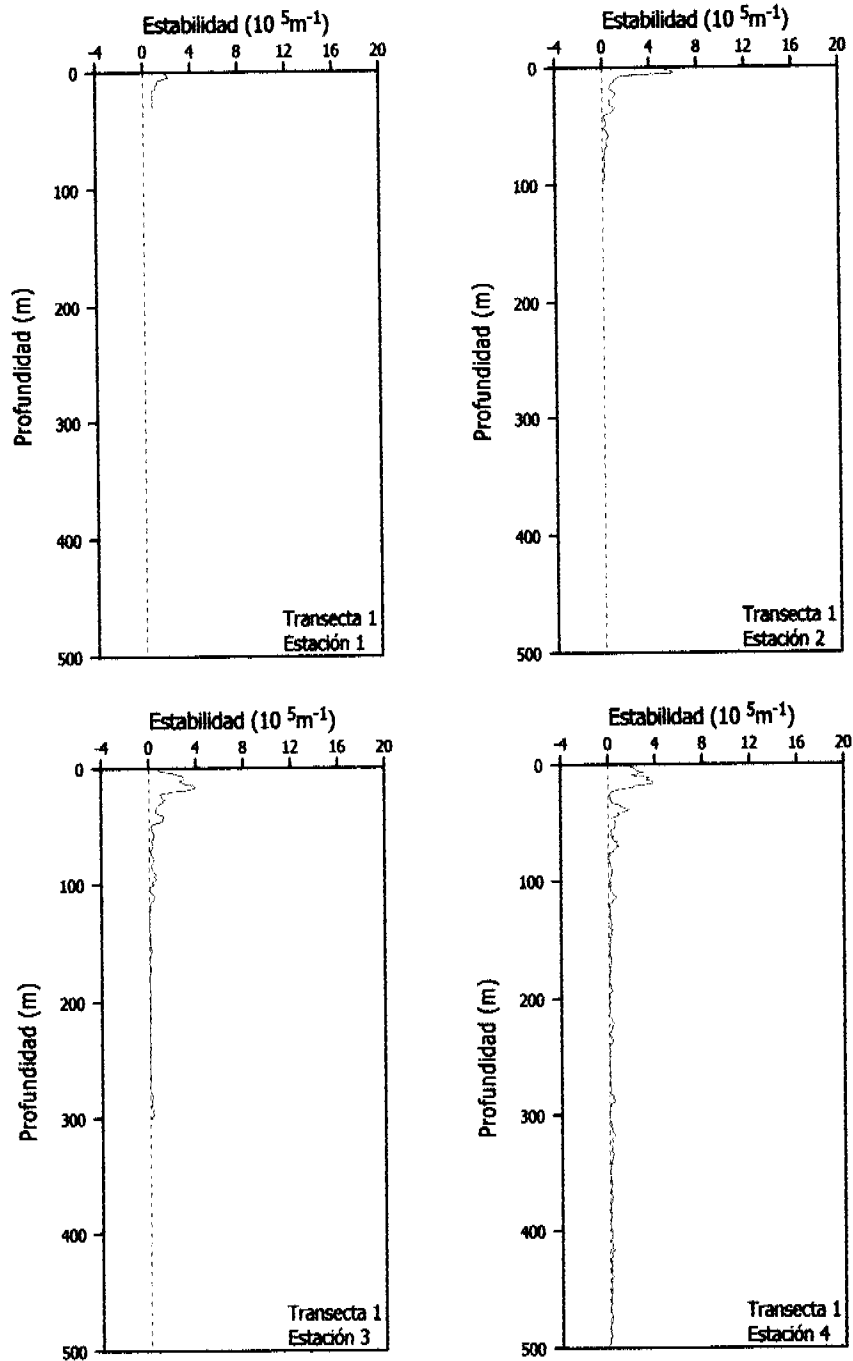


Figura 37. Perfiles verticales de estabilidad ( $10^{-5} m^{-1}$ ) para las estaciones que componen la transecta 1.

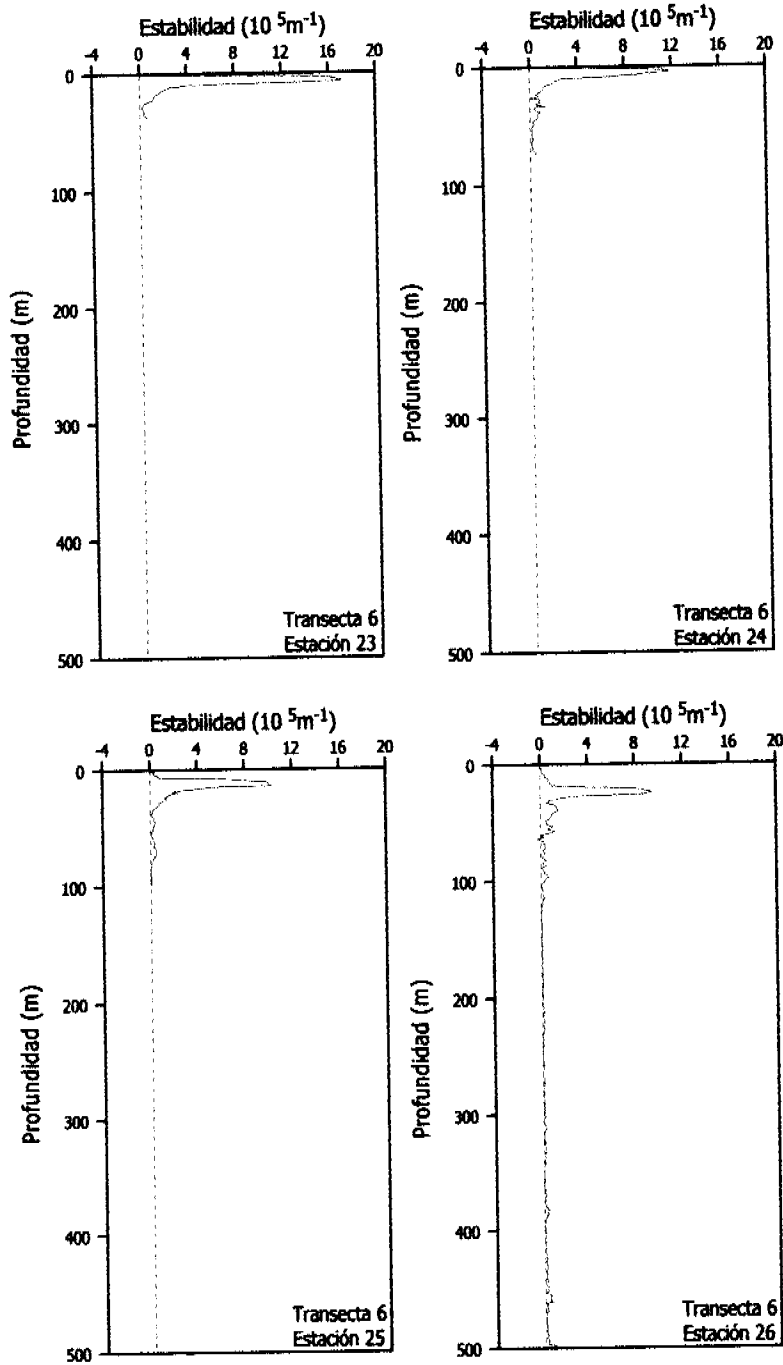


Figura 38. Perfiles verticales de estabilidad ( $10^{-5} m^{-1}$ ) para las estaciones que componen la transecta 6.

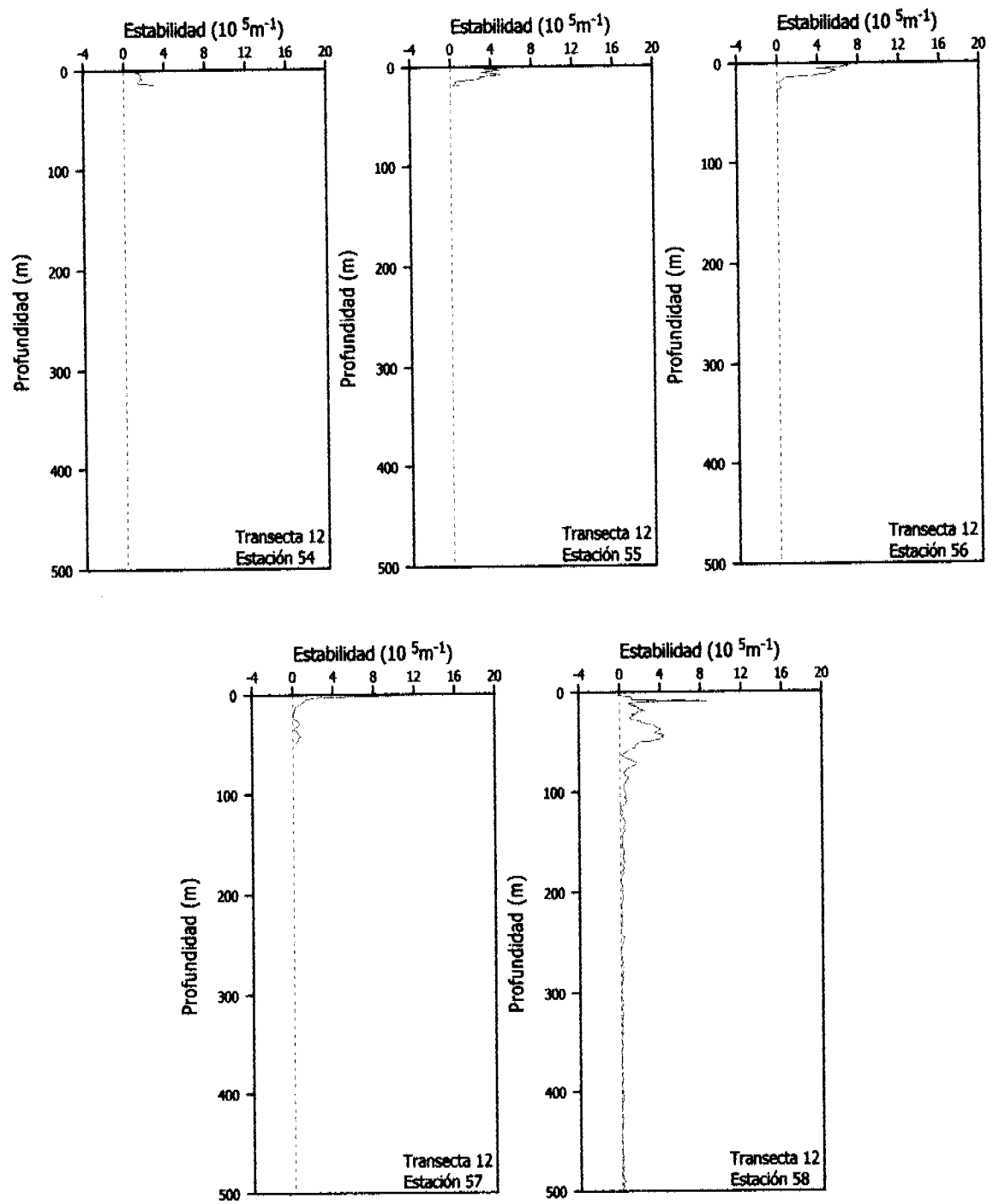


Figura 39. Perfiles verticales de estabilidad ( $10^5 m^{-1}$ ) para las estaciones que componen la transecta 12.

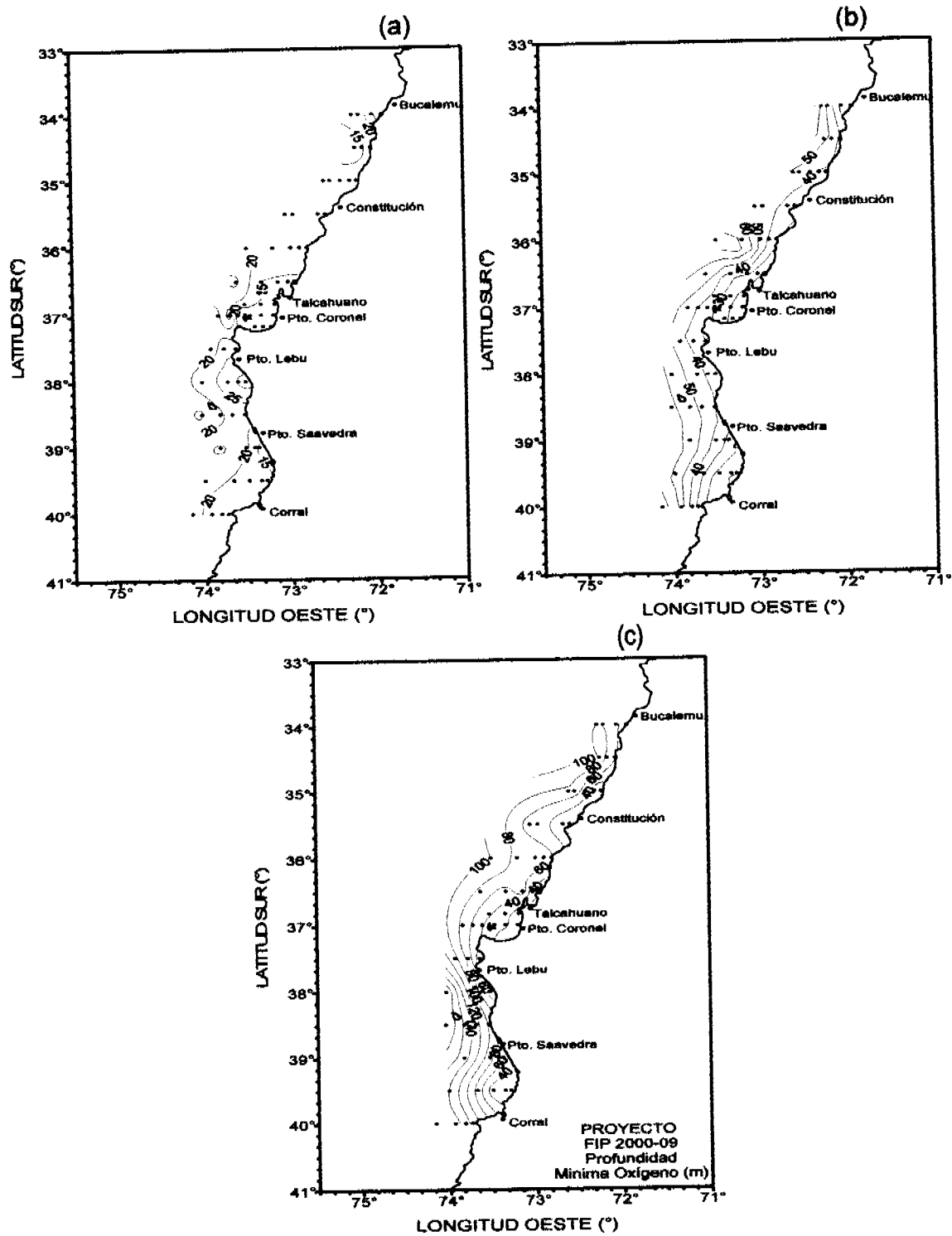


Figura 40. Distribución espacial horizontal de la (a) Profundidad de la Capa de Mezcla (PCM), (b) Profundidad Base de la Temoclina (PBT) y (c) Profundidad del Mínimo de Oxígeno.



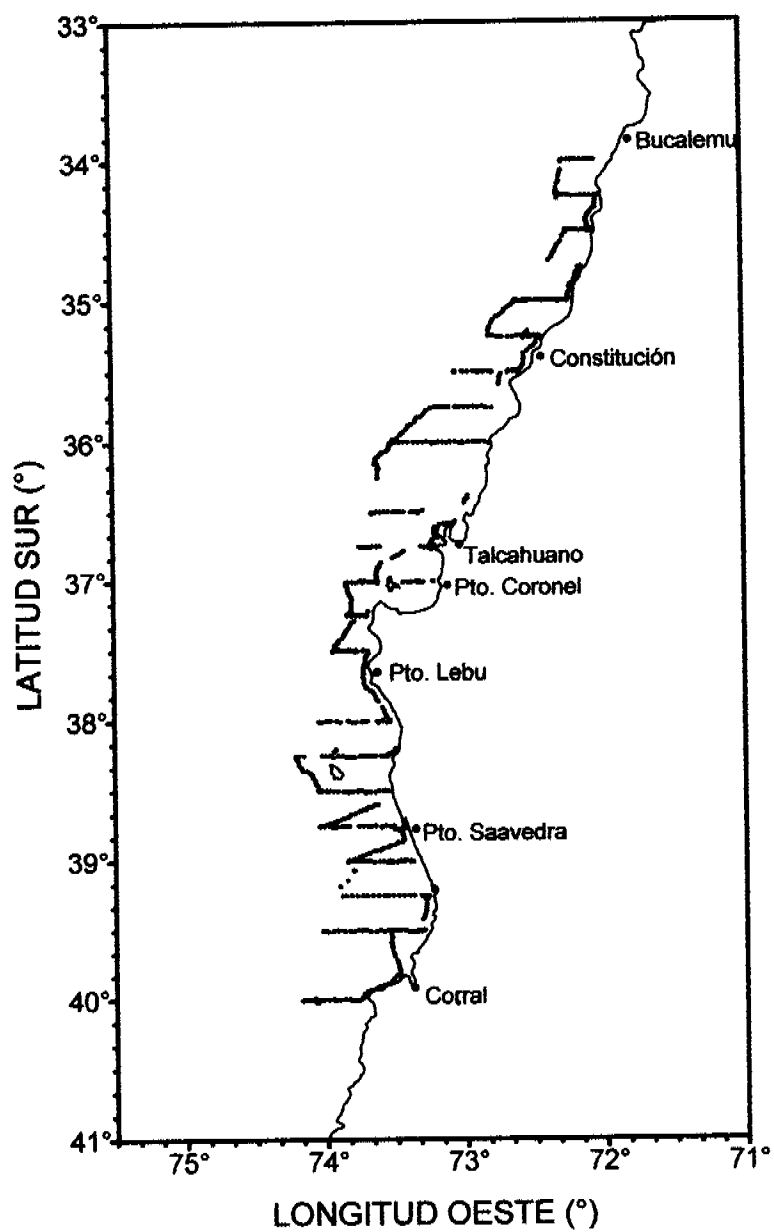


Figura 41. Distribución espacial de las transectas realizadas con EPCS (Electronic Plankton Counting and Sizing System).

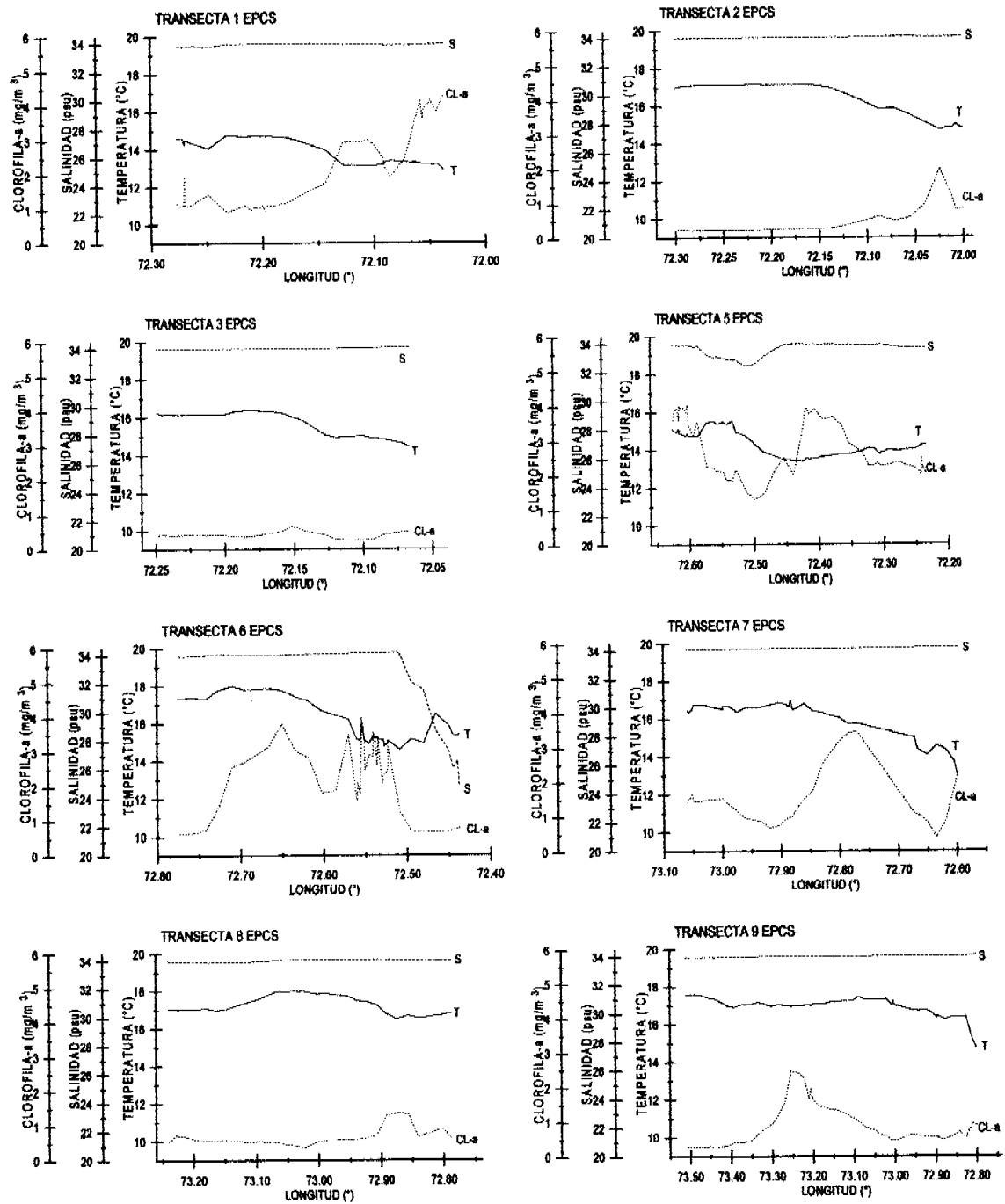


Figura 42. Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las transectas 1 a la 9.

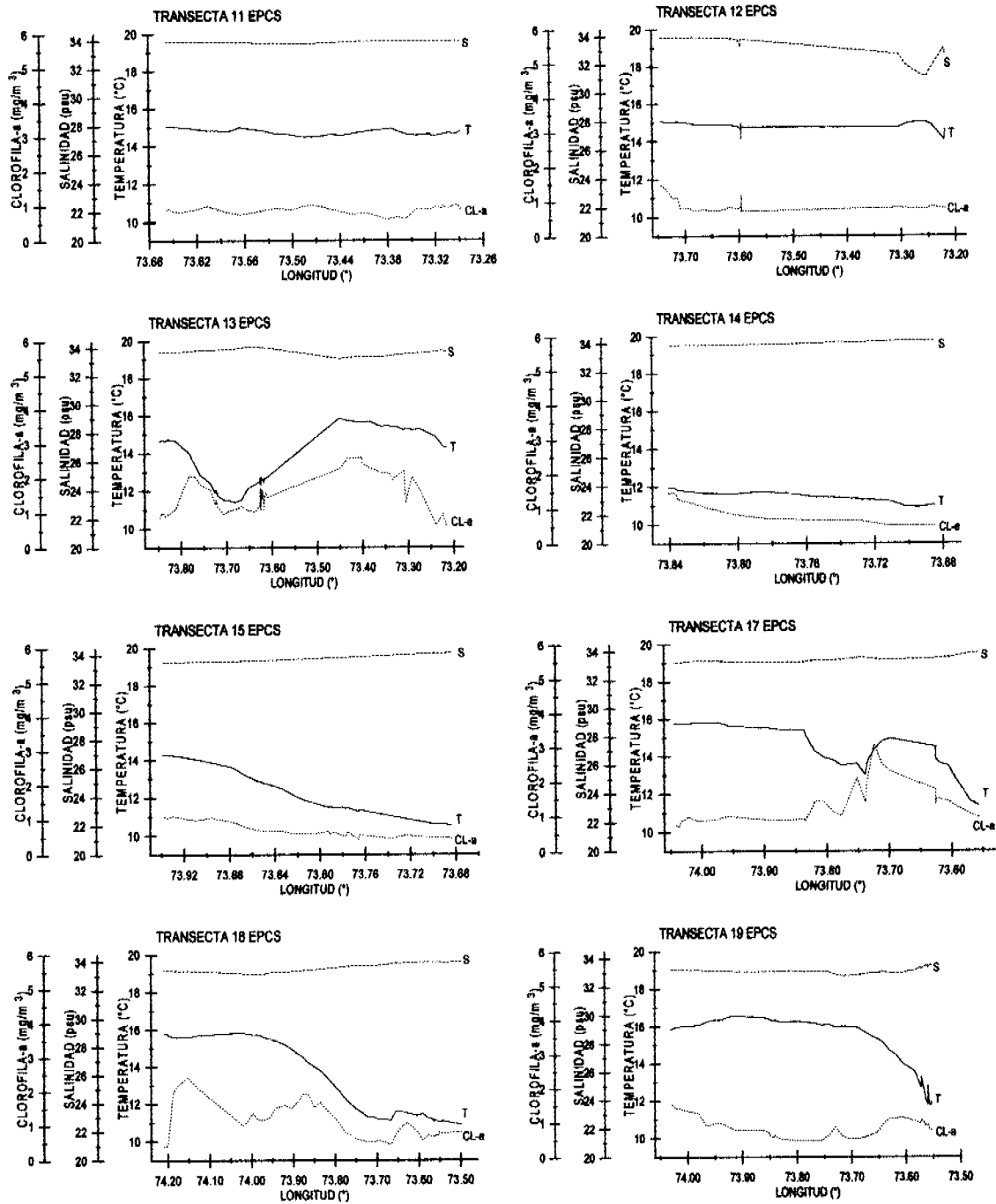


Figura 43. Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las transectas 11 a la 19.

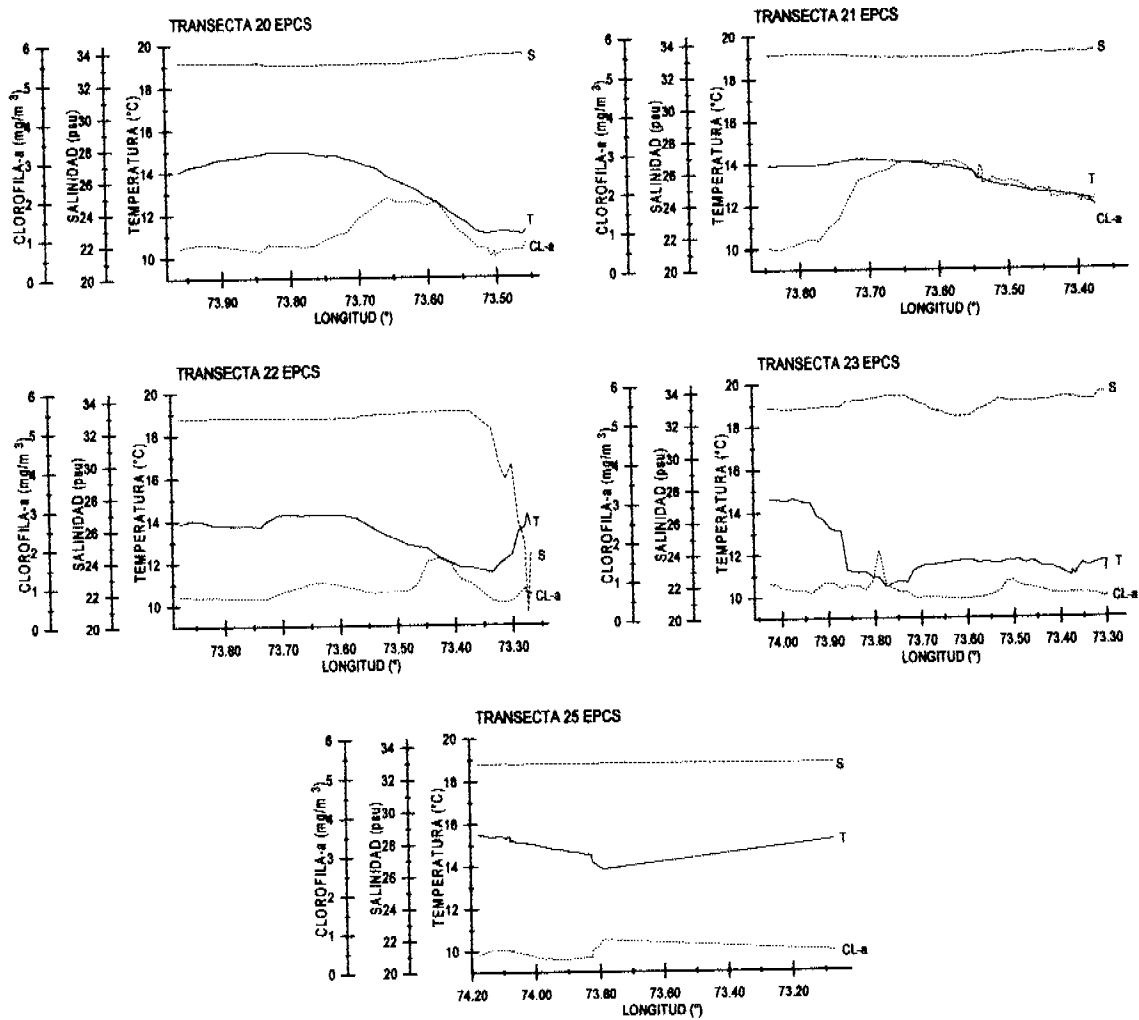


Figura 44. Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a para las transectas 20 a la 25.

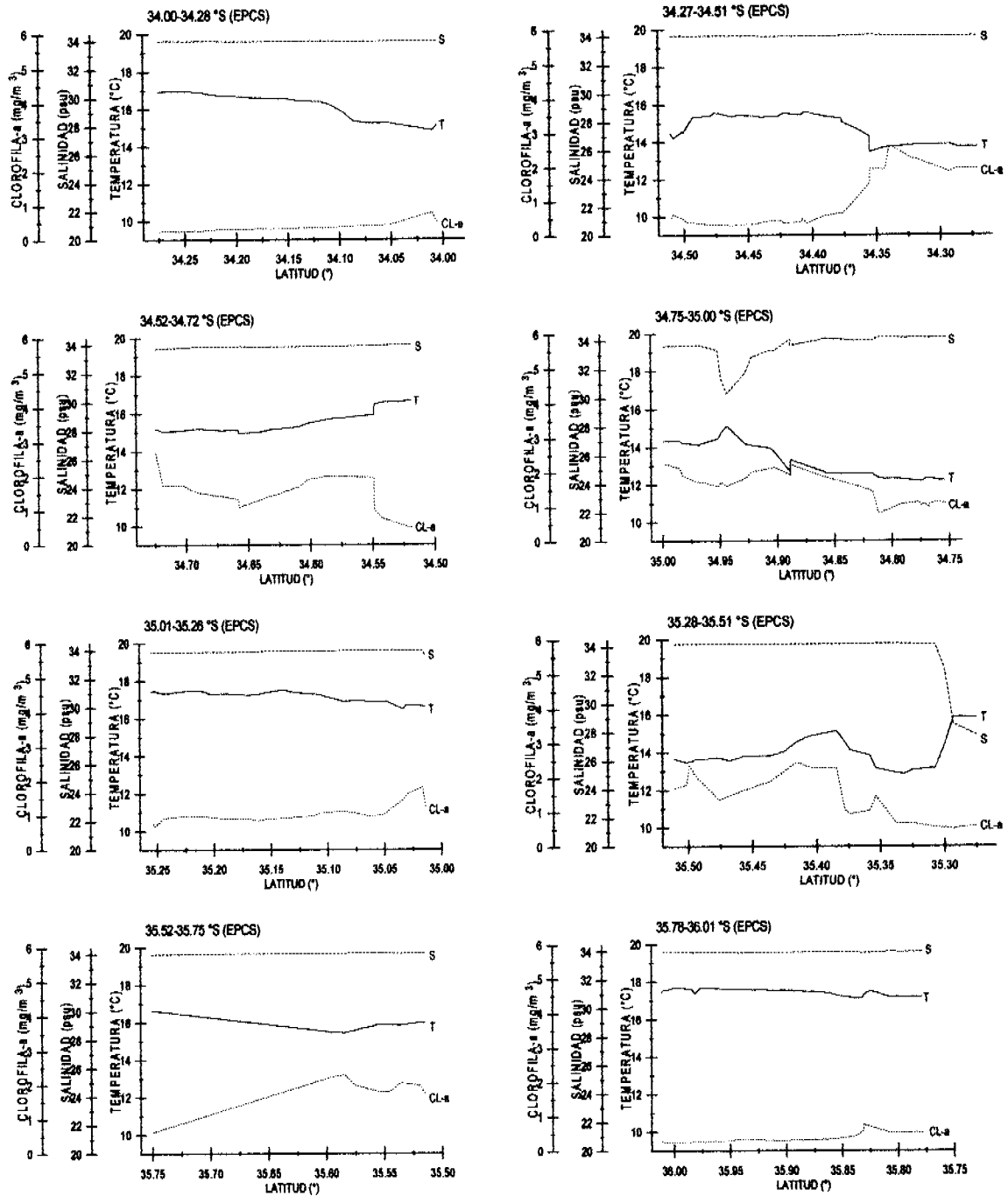


Figura 45. Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a las intertransectas situadas entre los 34.00 $^{\circ}S$  y los 36.01 $^{\circ}S$ .

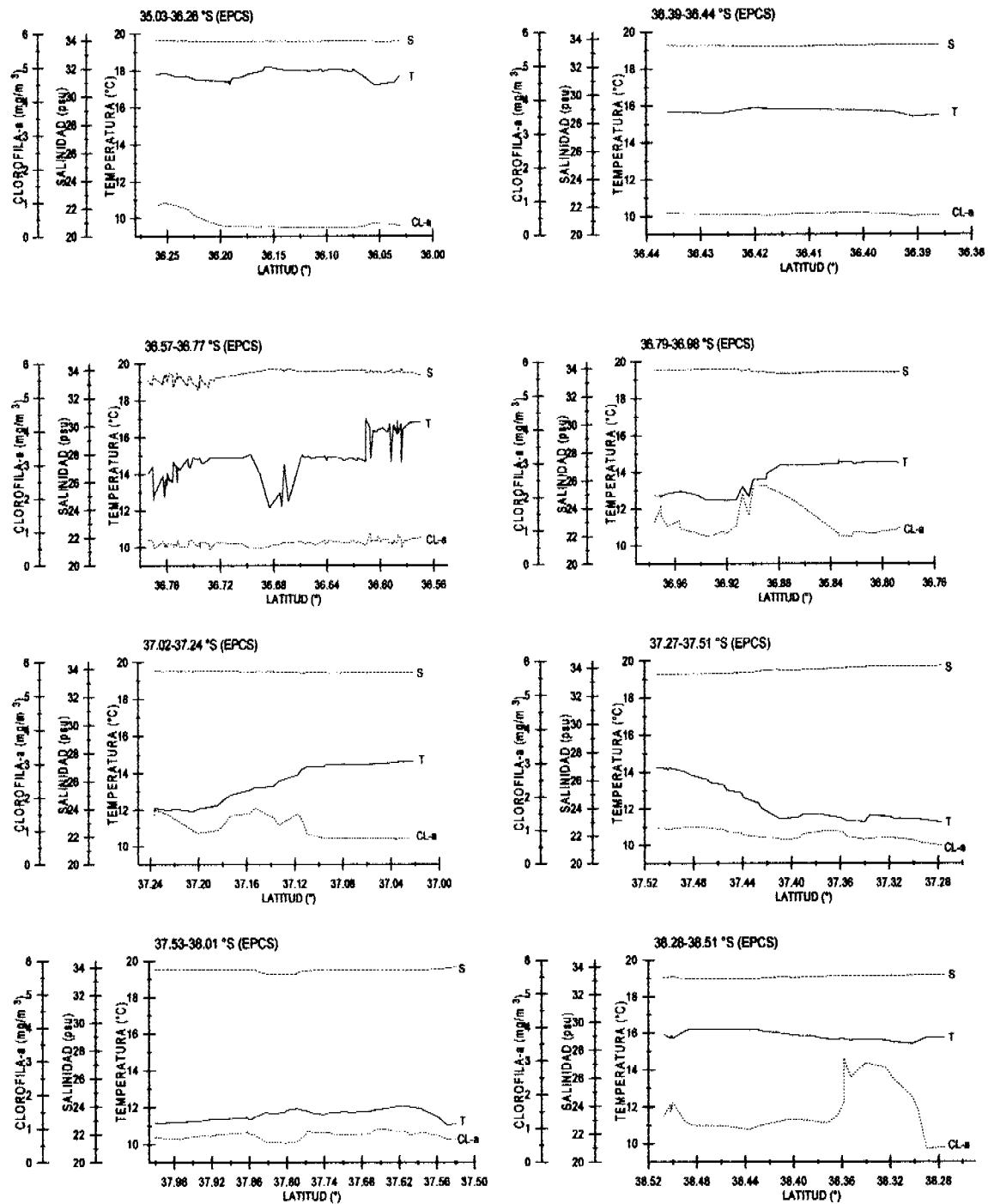


Figura 46. Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a las intertransectas situadas entre los 34.03°S y los 38.51°S.

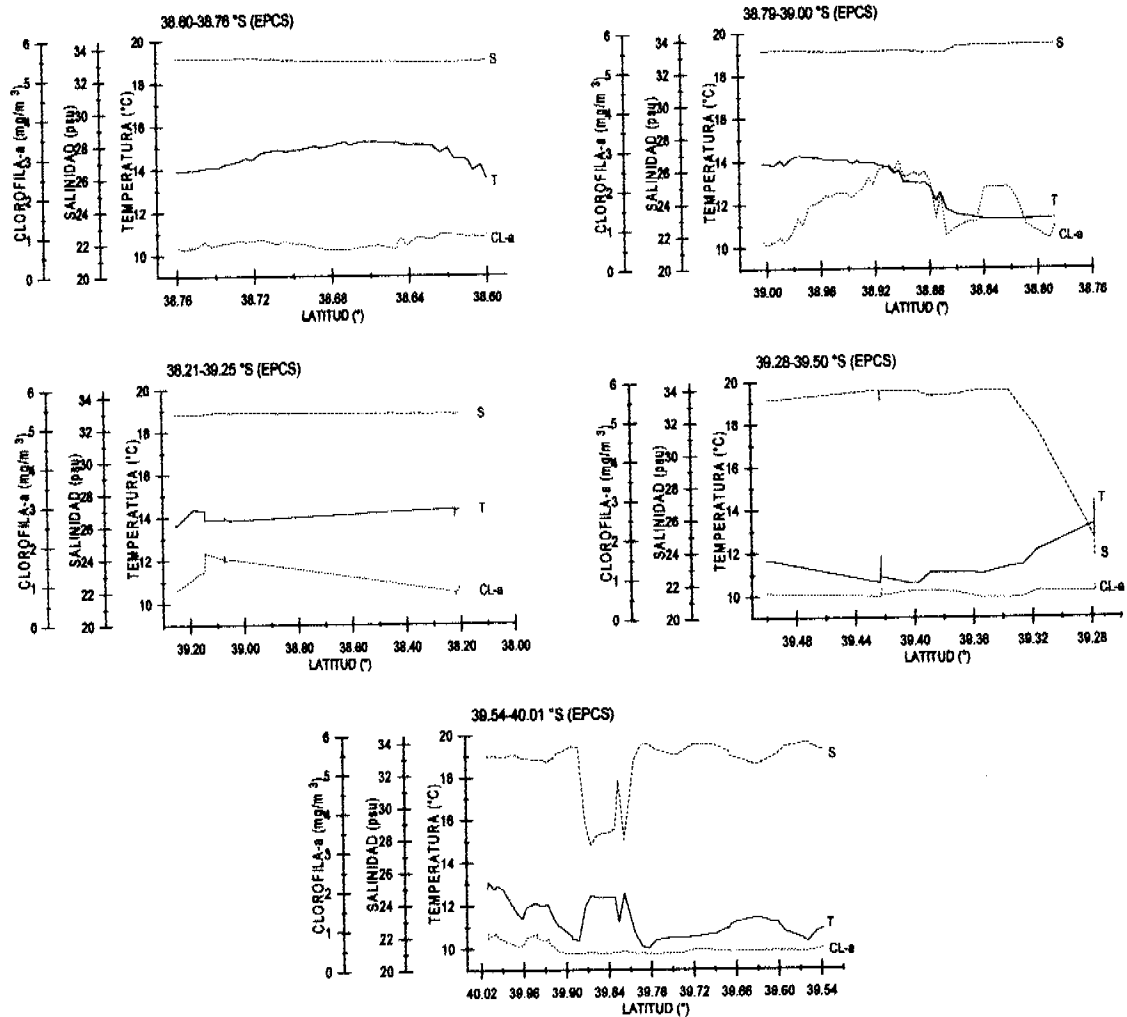


Figura 47. Distribución espacial superficial de la temperatura, salinidad y clorofila-a las intertransectas situadas entre los 38.60 $^{\circ}S$  y los 40.01 $^{\circ}S$ .

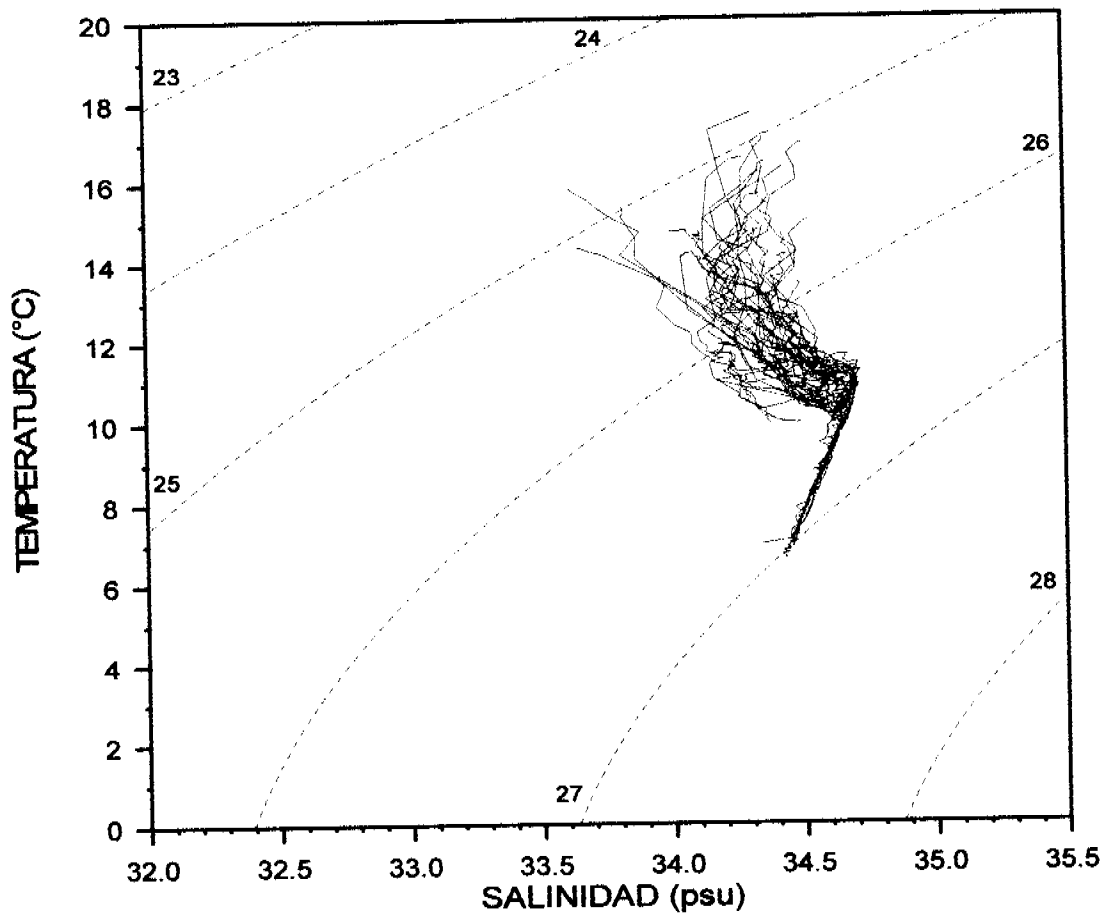


Figura 48. Diagrama TS para todas las estaciones oceanográficas realizadas durante el crucero



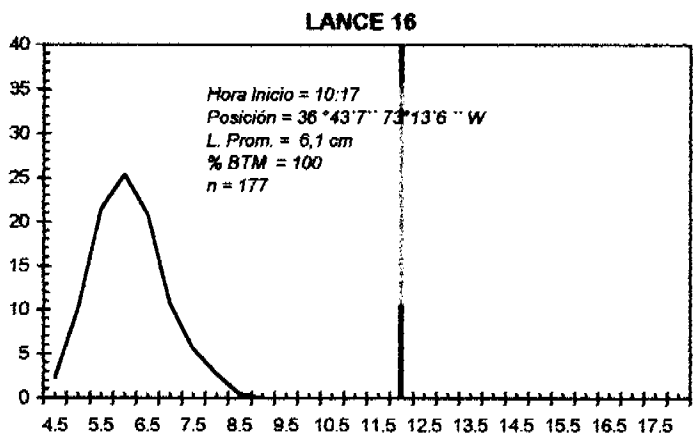
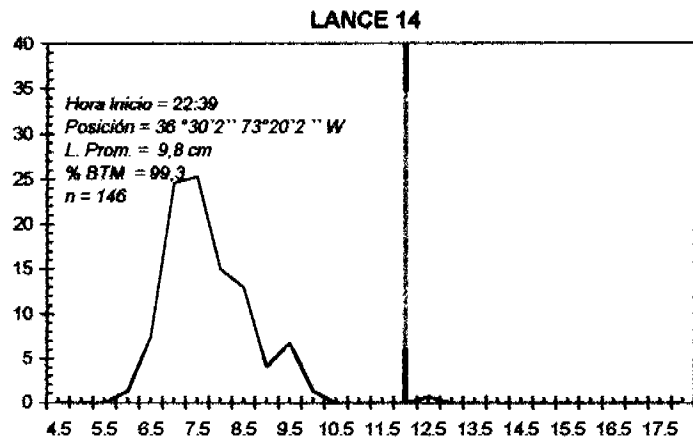
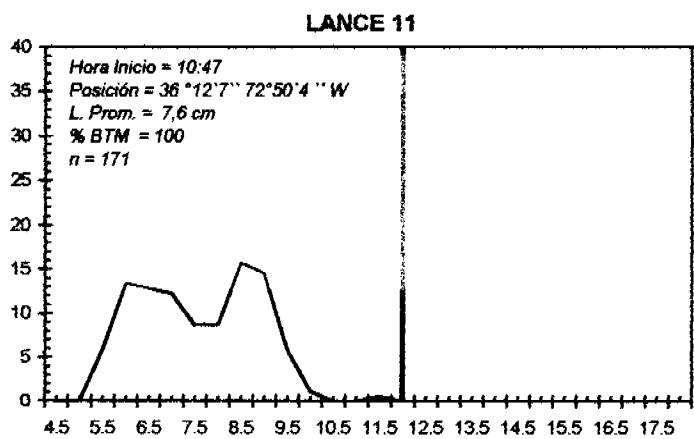
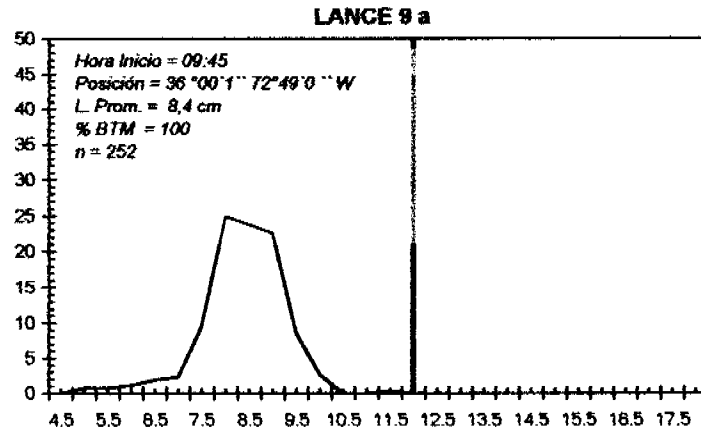
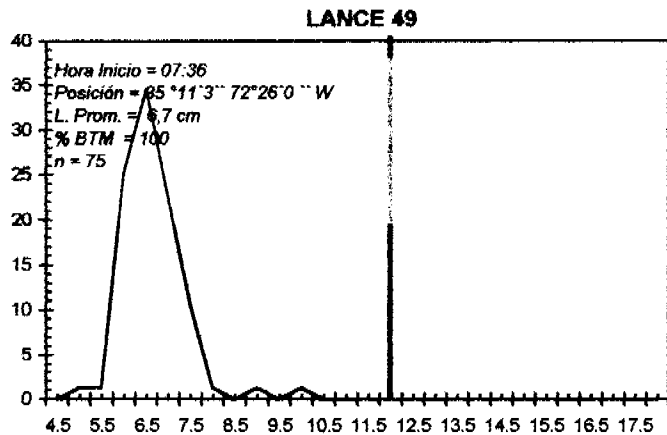
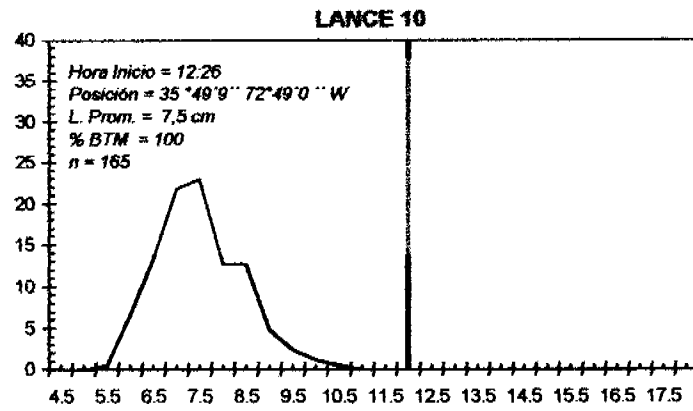
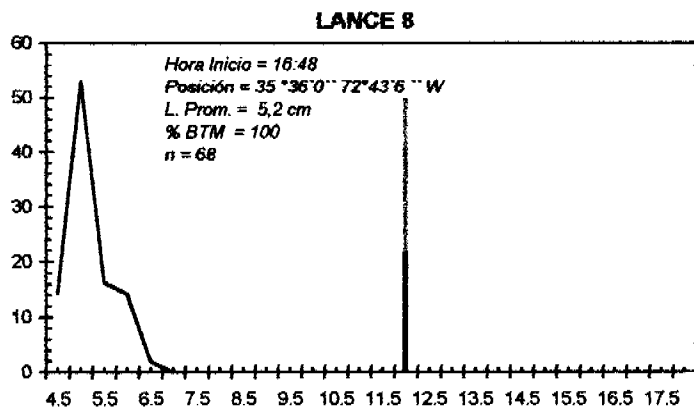


Figura 49: Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua, durante el crucero RECLAS0101 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).

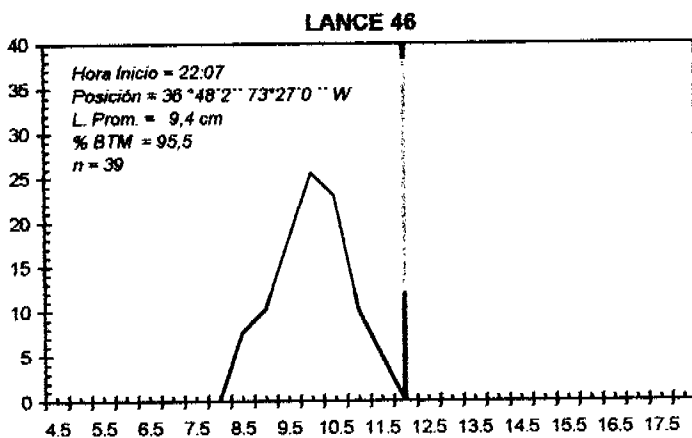
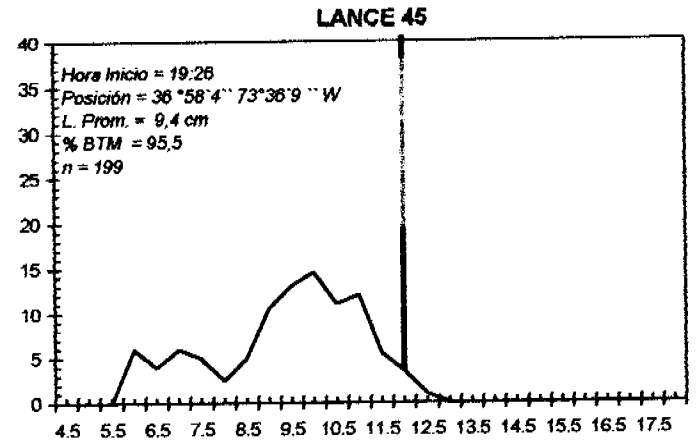
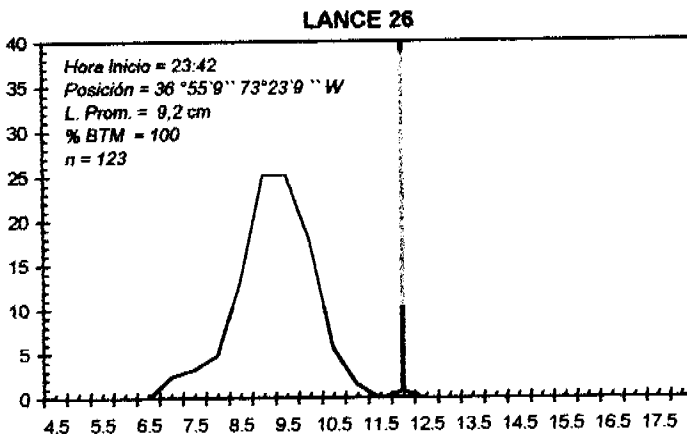
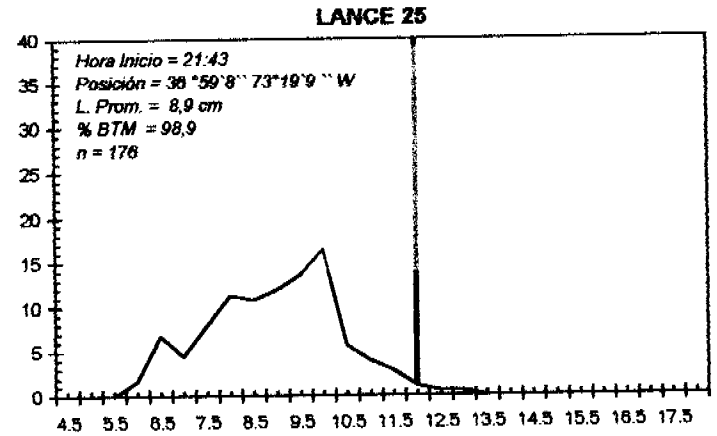
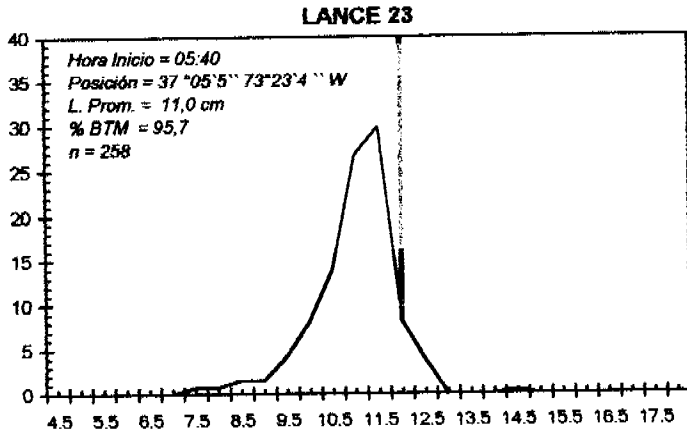
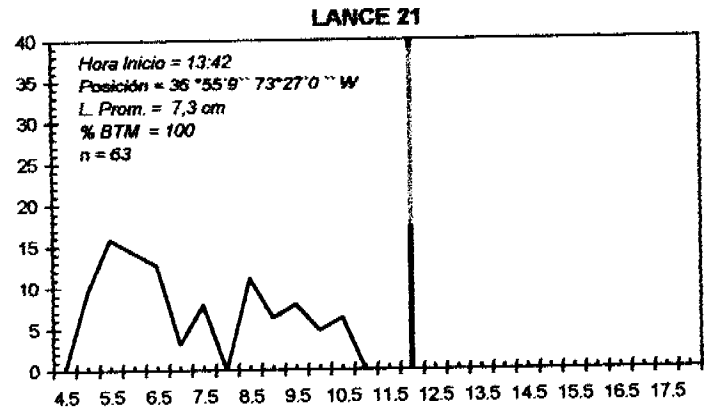
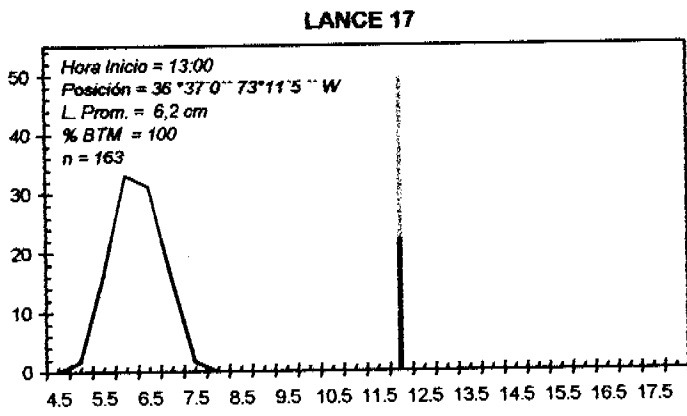


Figura 50 Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua, durante el crucero RECLAS0101 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).

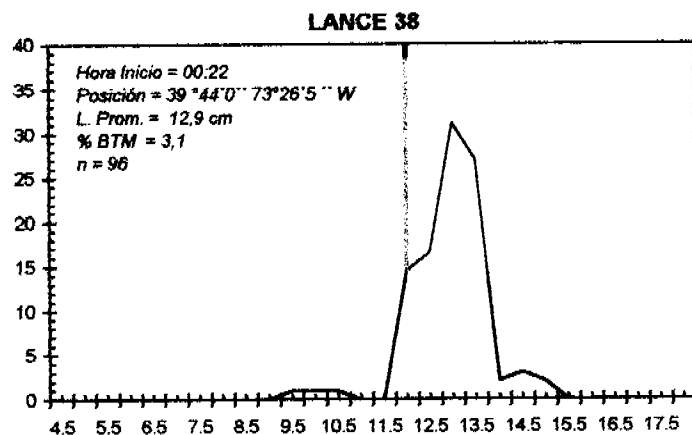
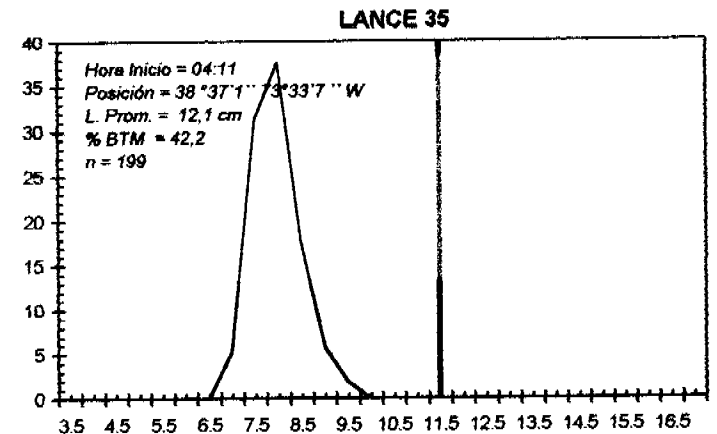
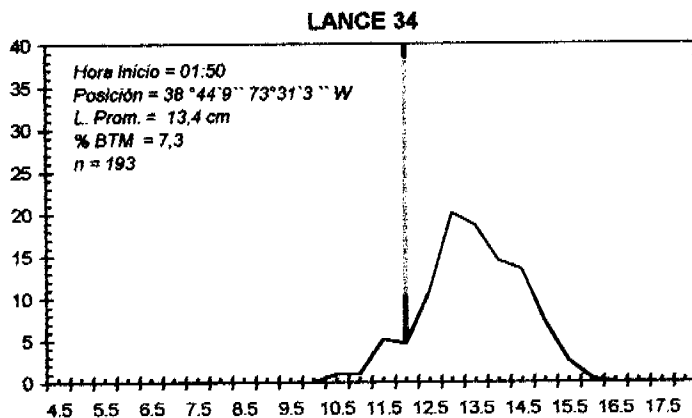
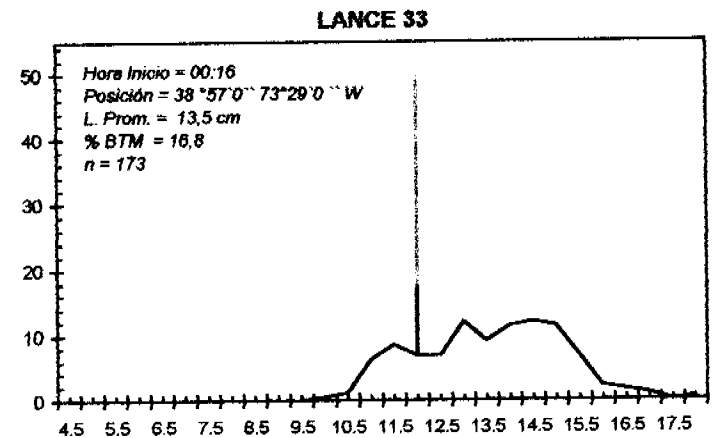
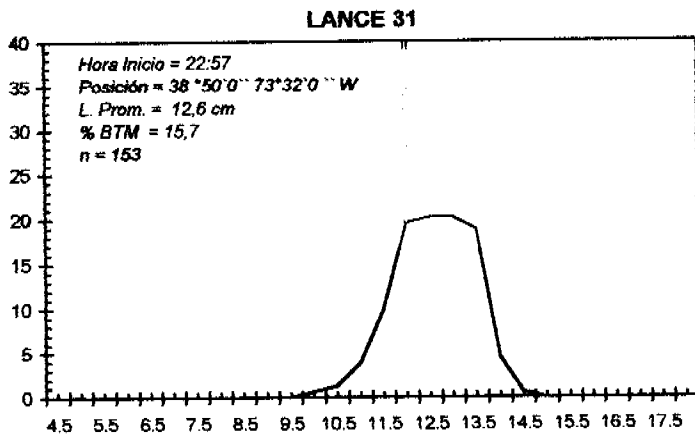
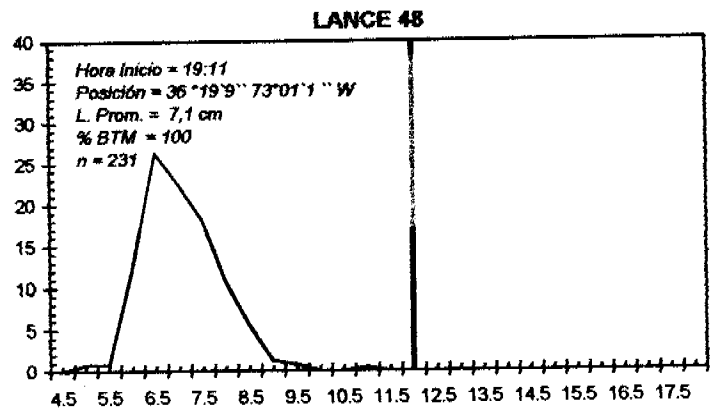
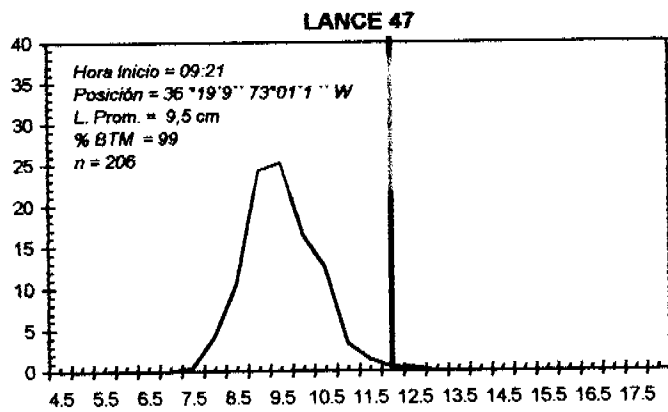


Figura 51 Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua, durante el crucero RECLAS0101 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).

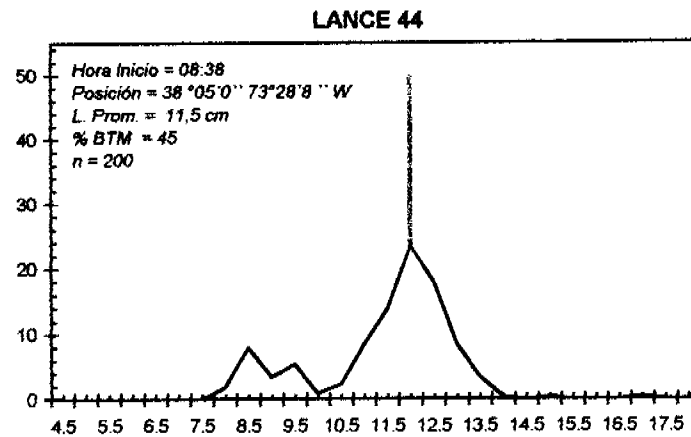
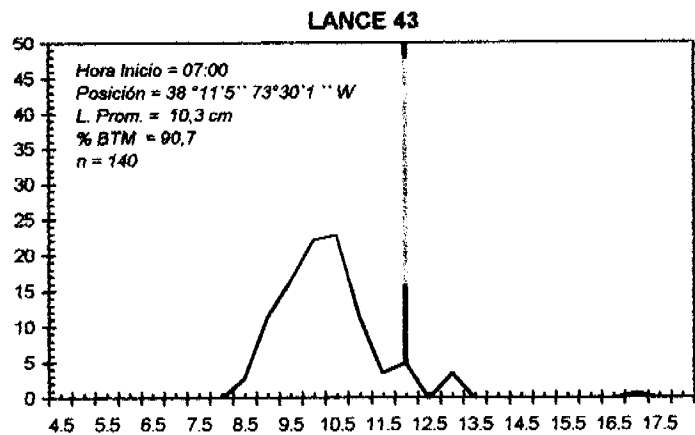
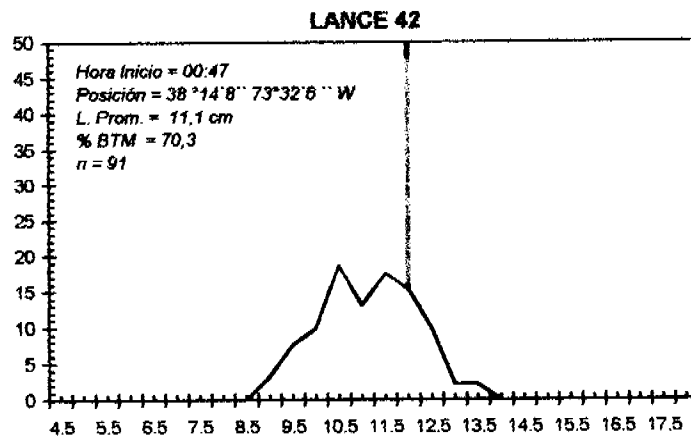
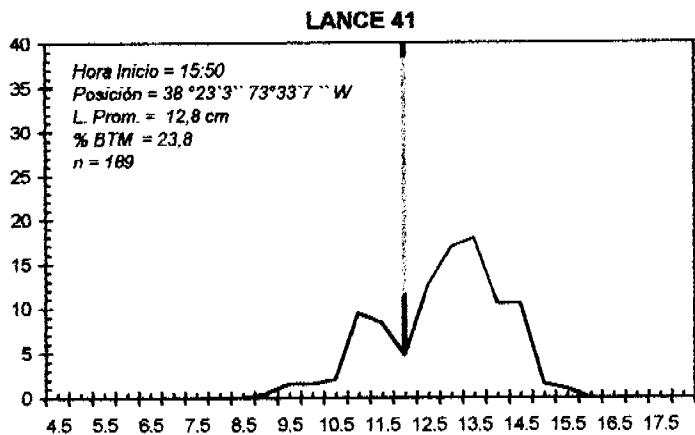
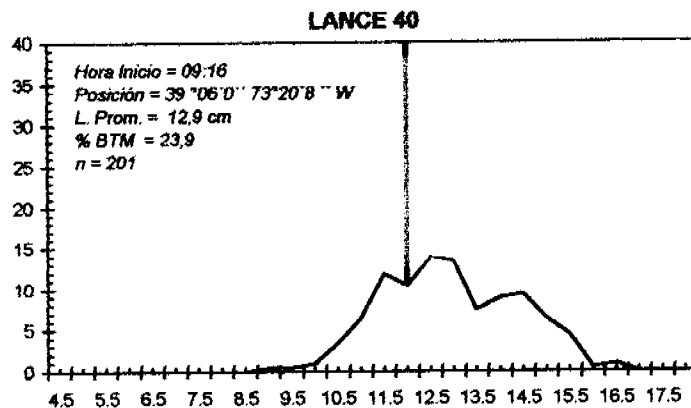
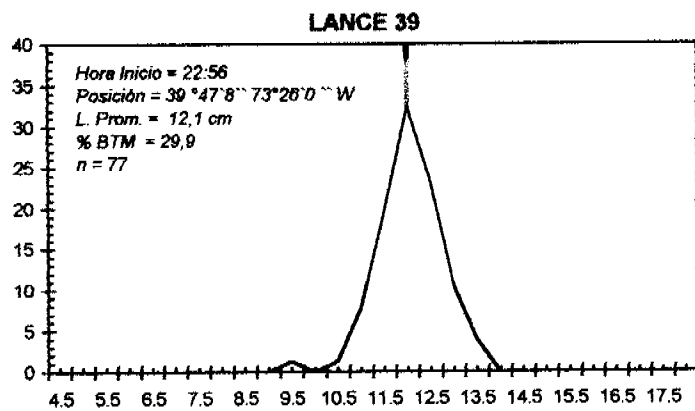
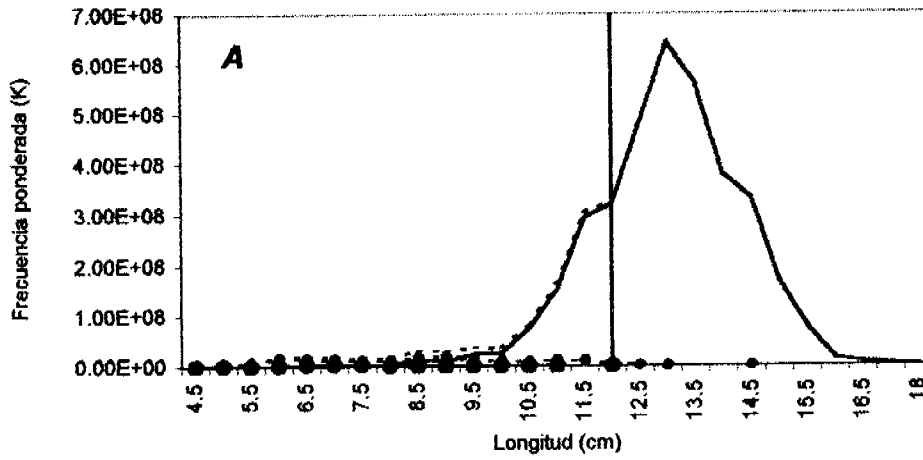
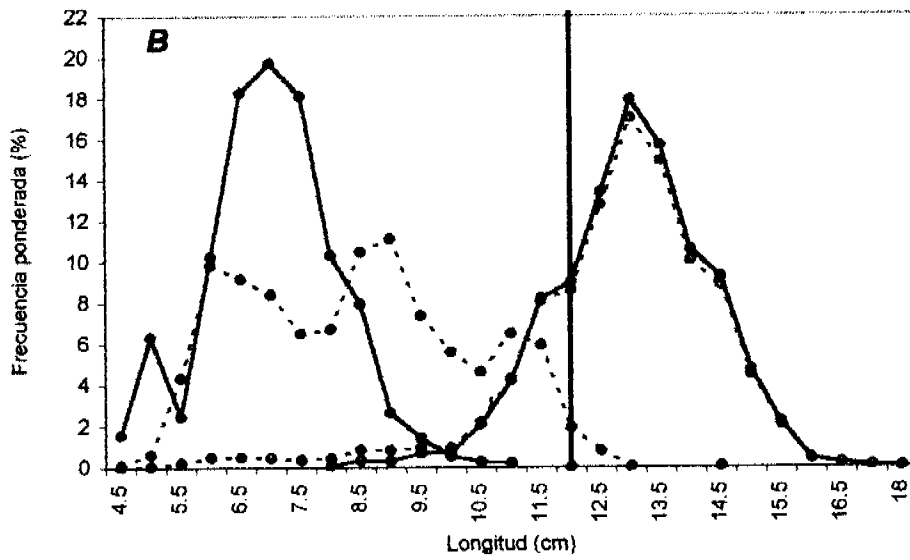


Figura 52 Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua, durante el crucero RECLAS0101 (fracción recluta  $\leq 12$  cm).

Frecuencia de anchoveta ponderada a la captura en toneladas



Frecuencia de anchoveta ponderada a la captura en porcentaje



- San Antonio
- Corral
- - -●- - Talcahuano
- - -●- - Zona San Antonio-Corral

Figura 53 Frecuencia ponderada a la captura de anchoveta A) en toneladas y B) en porcentaje.

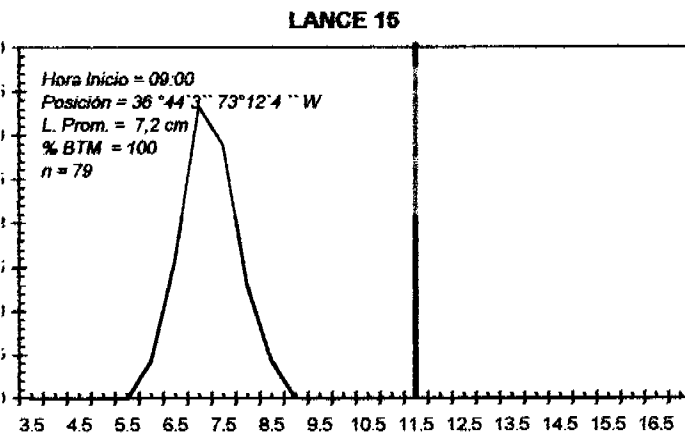
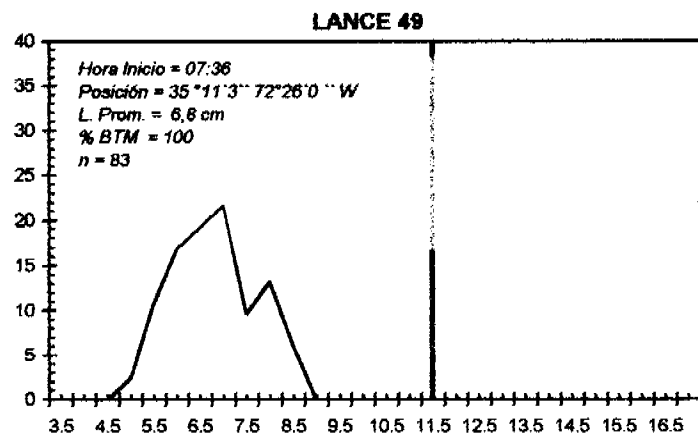
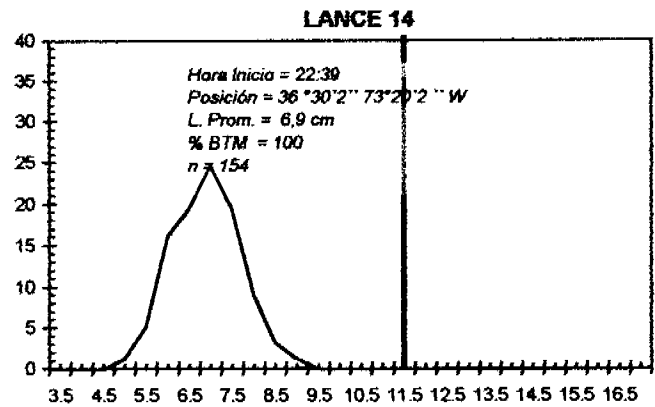
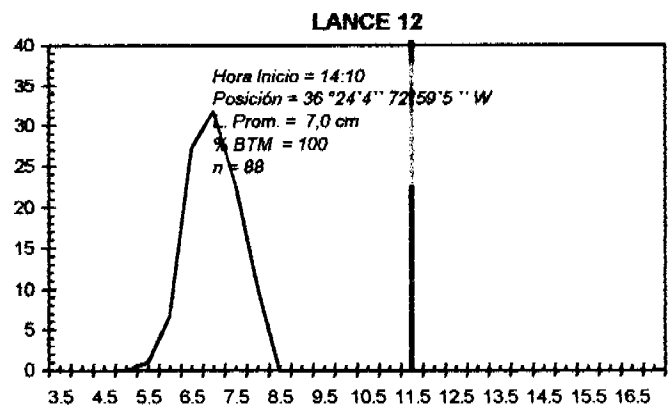
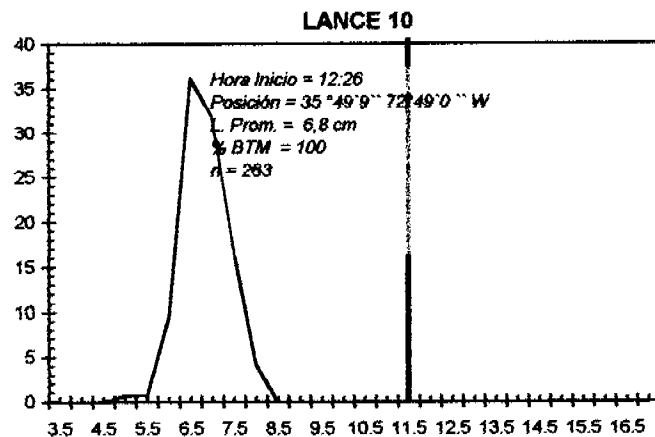
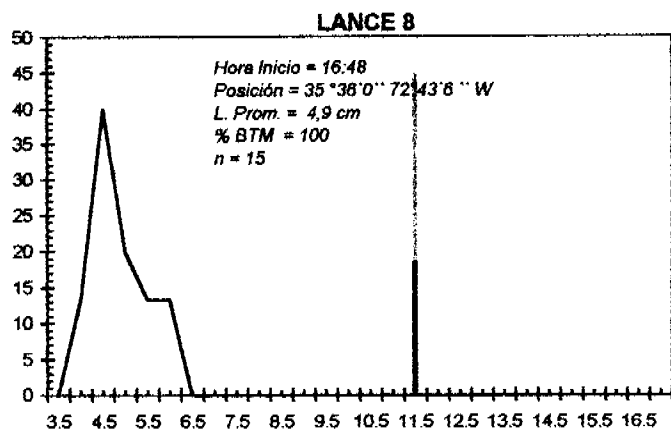
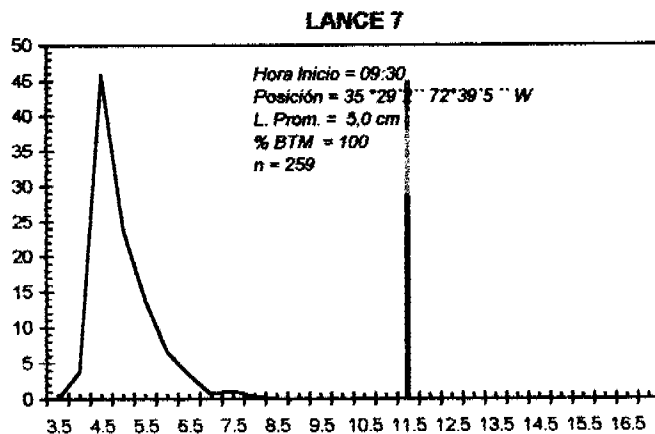
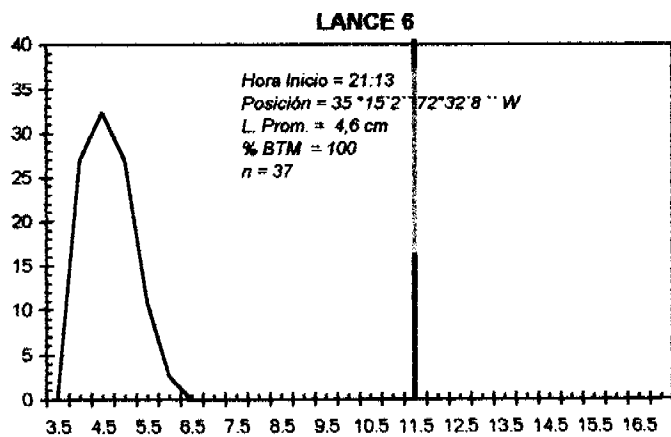


Figura 54 Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de media-agua, durante el crucero RECLAS0101 (fracción recluta  $\leq 11,5$  cm).

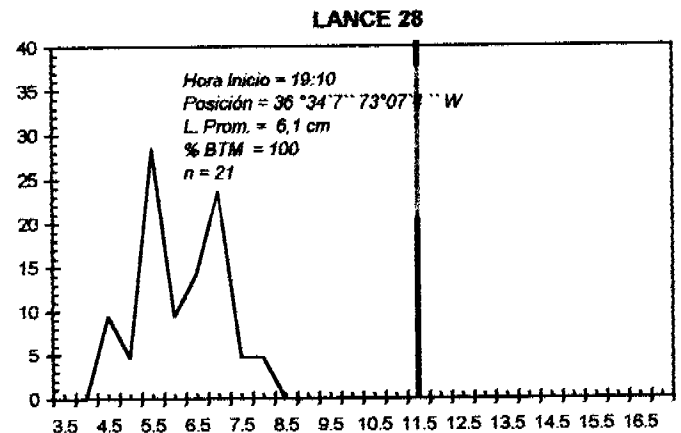
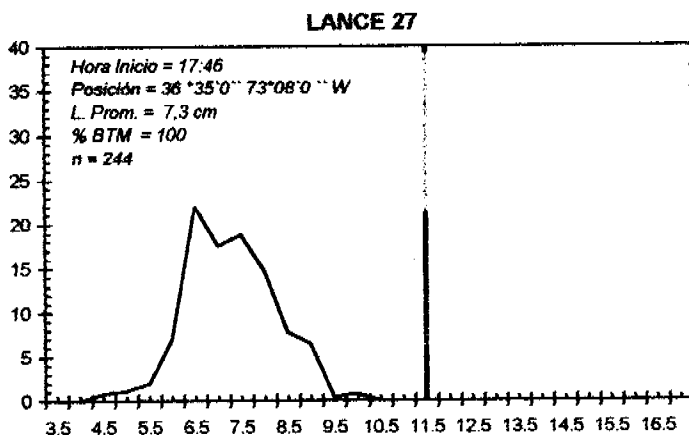
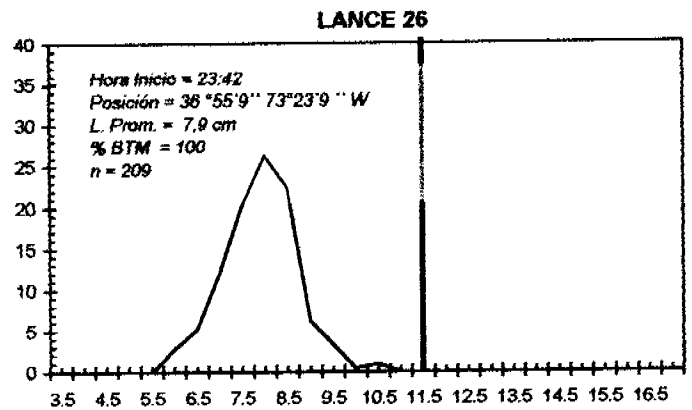
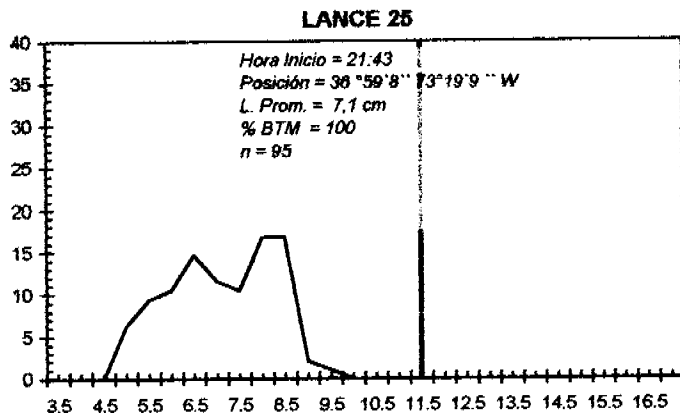
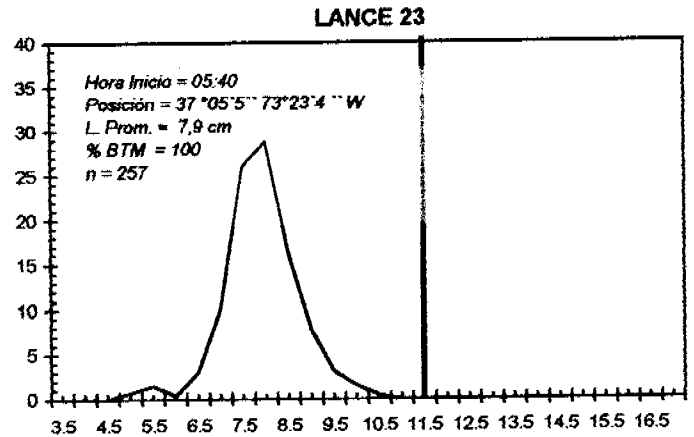
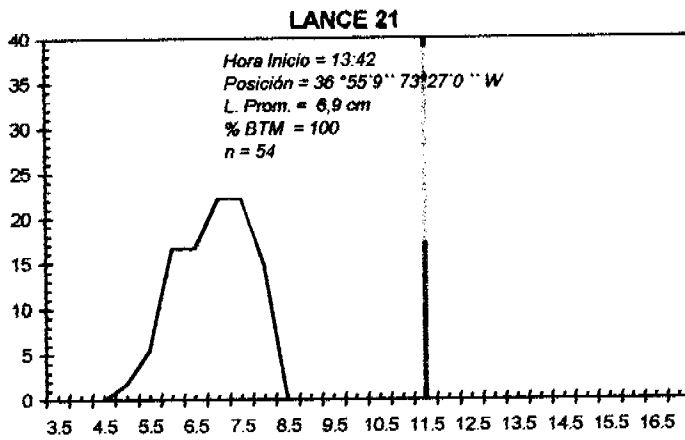
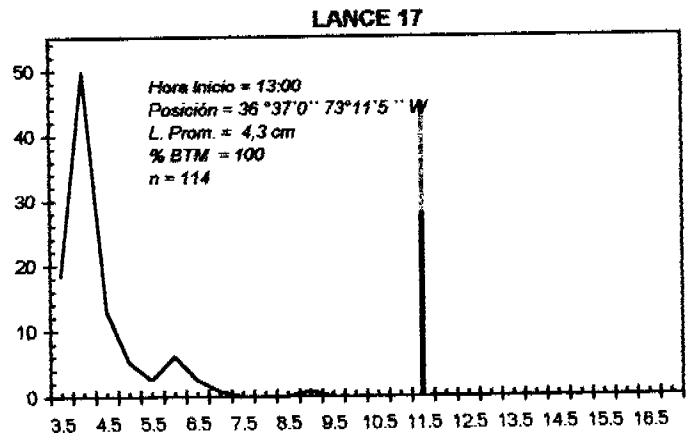
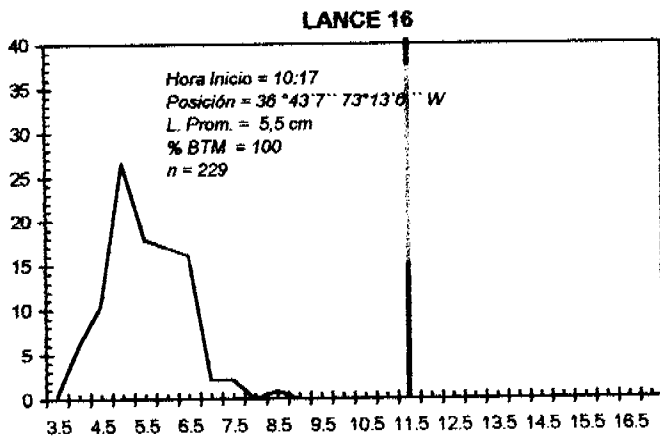


Figura 55 Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de media-agua, durante el crucero RECLAS0101 (fracción recluta  $\leq 11,5$  cm).

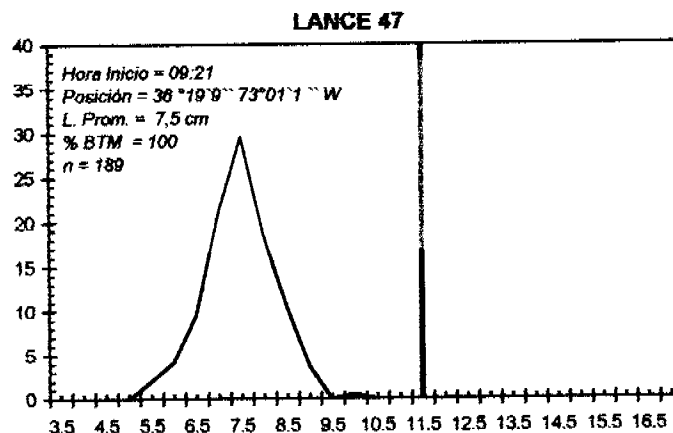
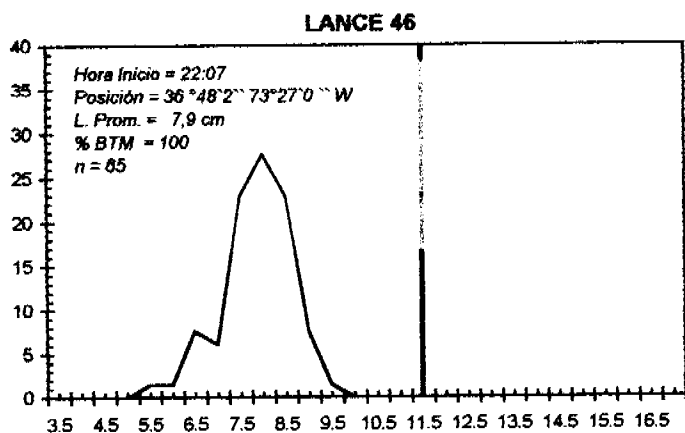
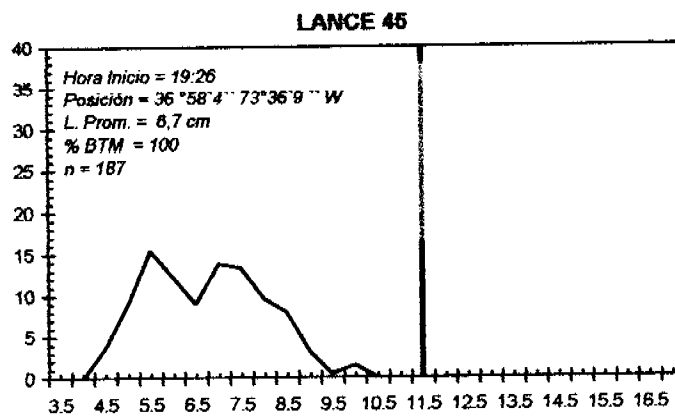
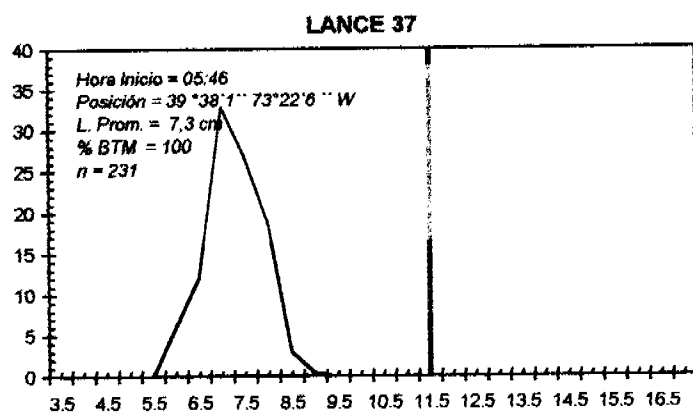
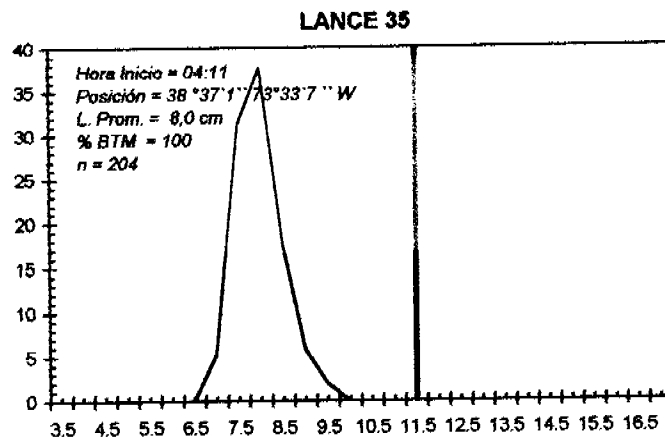
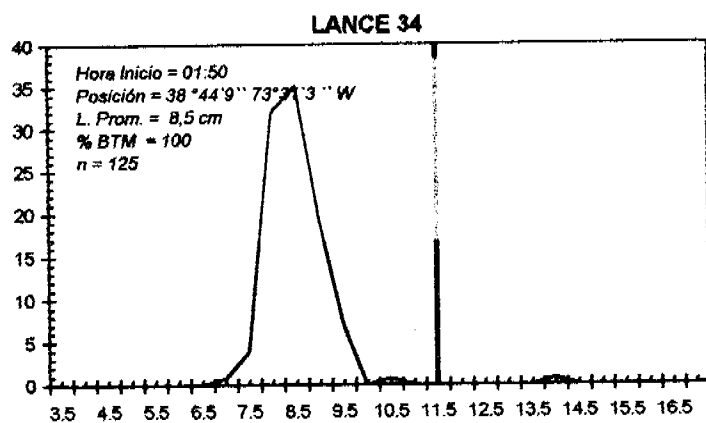
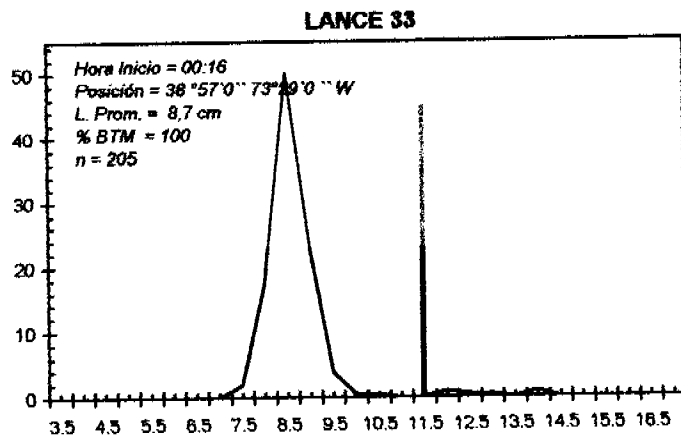
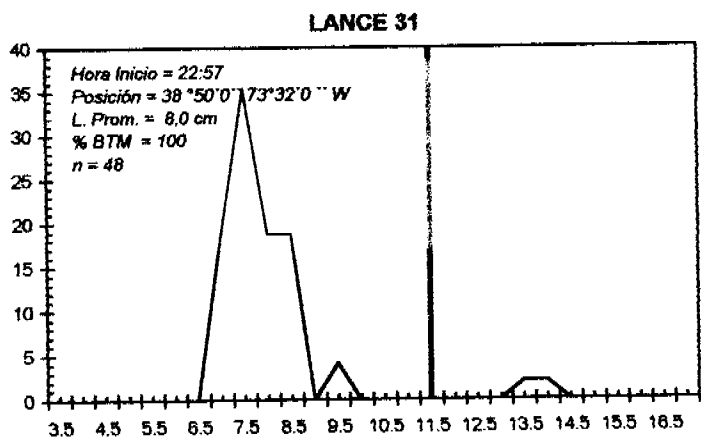


Figura 56 Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de media-agua, durante el crucero RECLAS0101 (fracción recluta  $\leq 11,5$  cm).



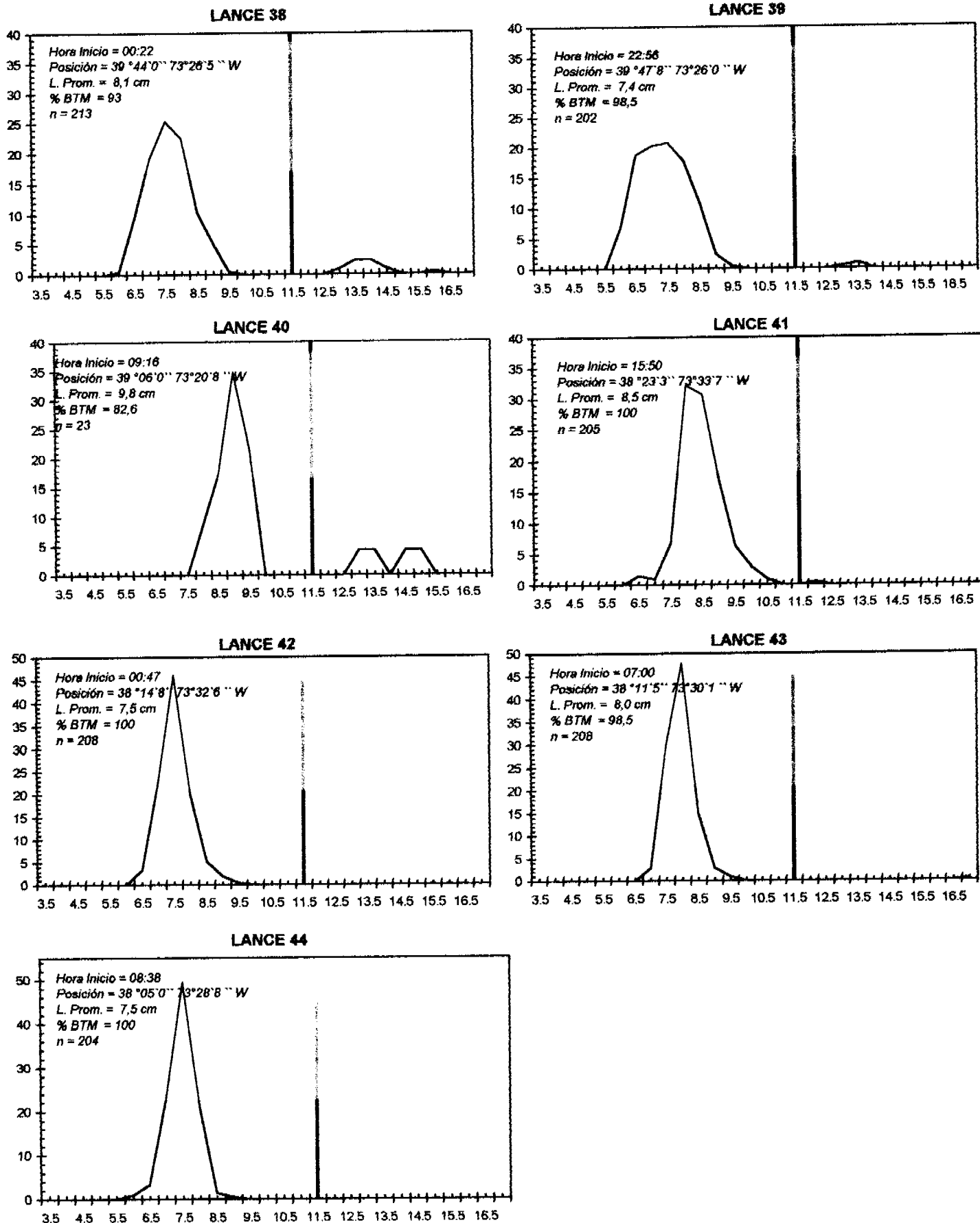
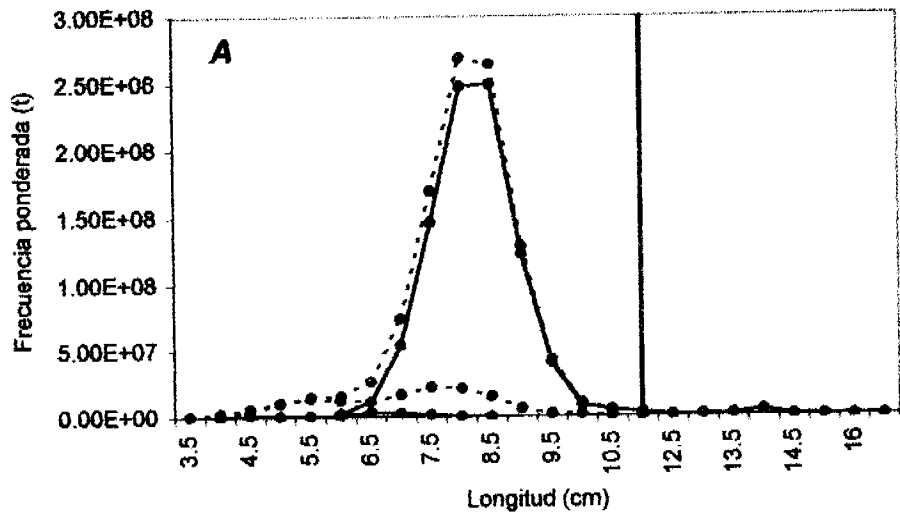
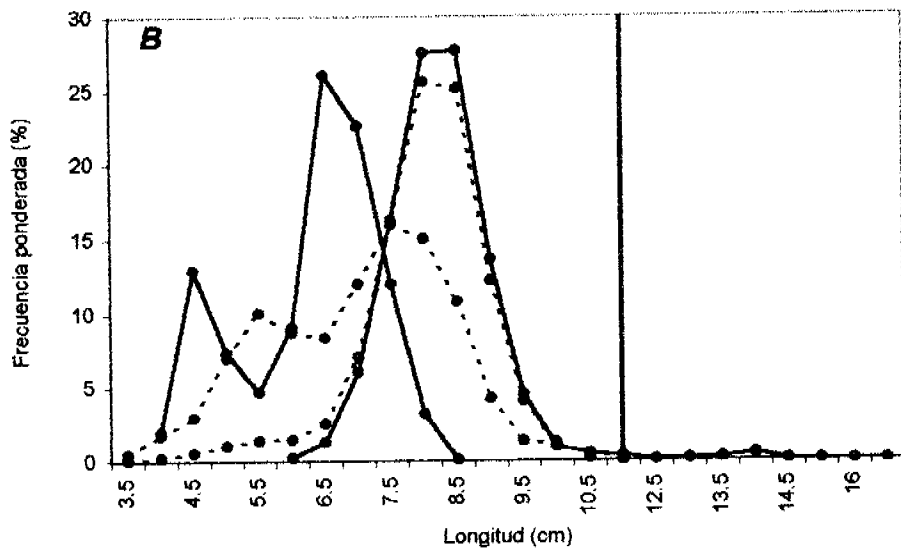


Figura 57 Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de media-agua, durante el crucero RECLAS0101 (fracción recluta  $\leq 11,5$  cm).

Frecuencia ponderada de sardina común en toneladas



Frecuencia ponderada de sardina común en porcentaje



- San Antonio
- Corral
- Talcahuano
- .-.-●-.-.- Zona San Antonio-Corral

Figura 58 Frecuencia ponderada a la captura de sardina común A) en toneladas y B) en porcentaje.

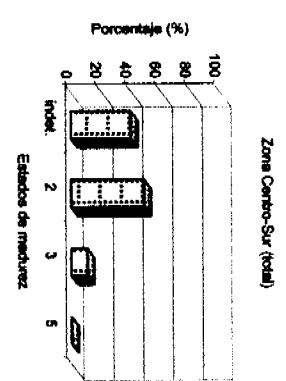
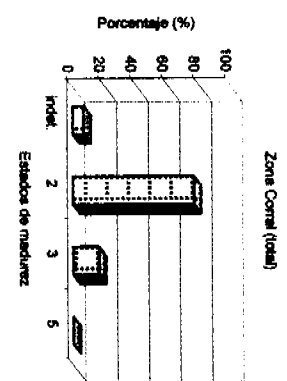
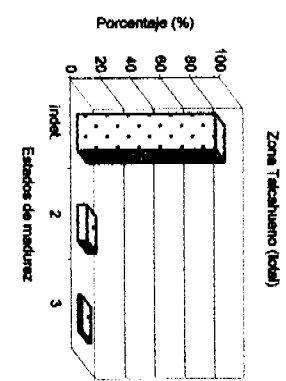
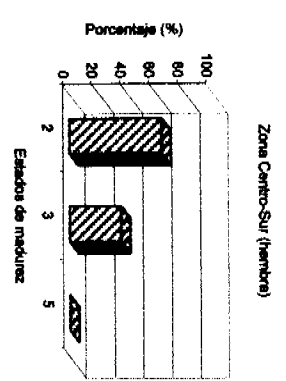
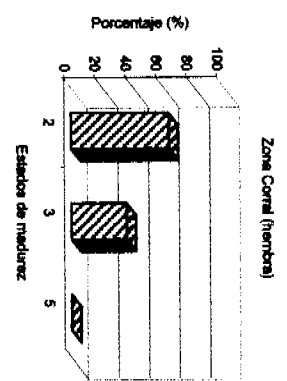
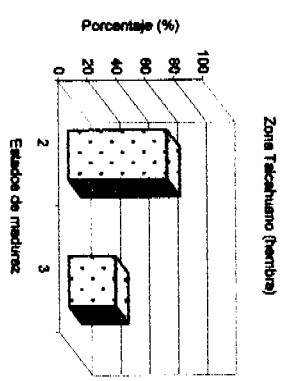
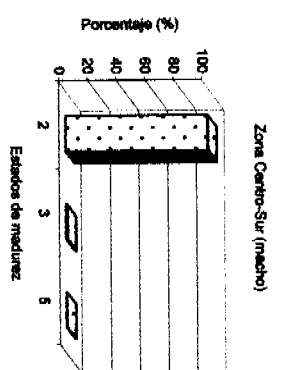
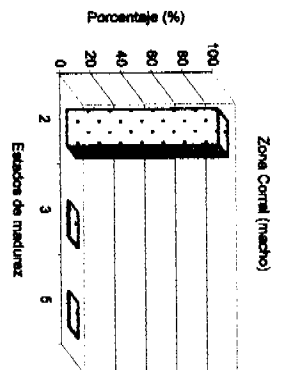
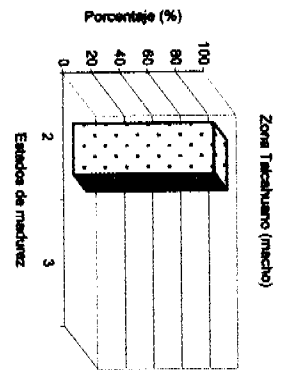
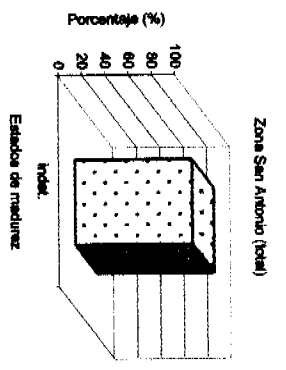
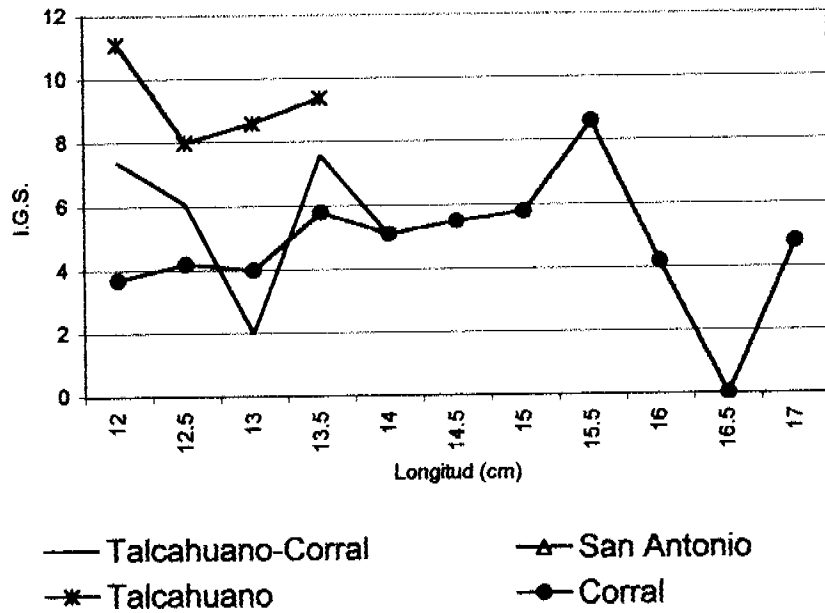


Figura 59 Estados de madurez de anchoveta capturada en el crucero RECLA-S0101 por zona de pasca, sexo y para el total de ejemplares muestreados.

I.G.S. anchoveta crucero Reclas0101



I.G.S. de sardina común en el crucero Reclas0101

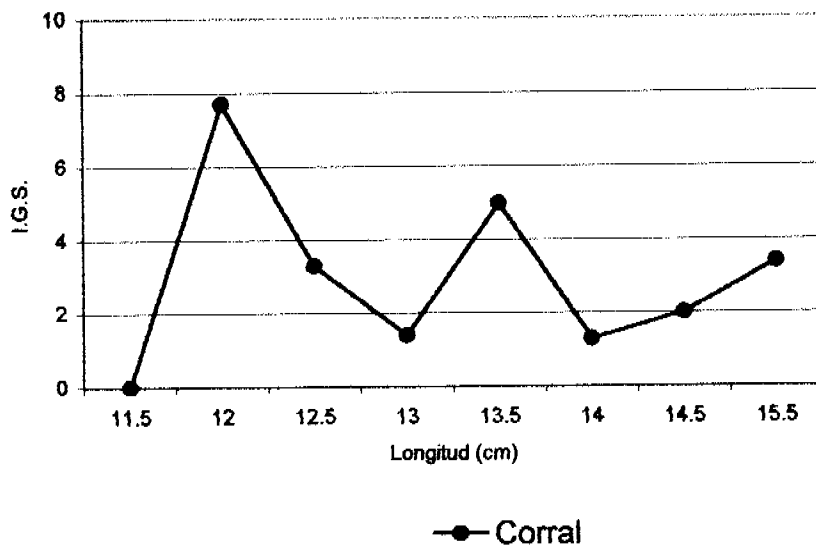
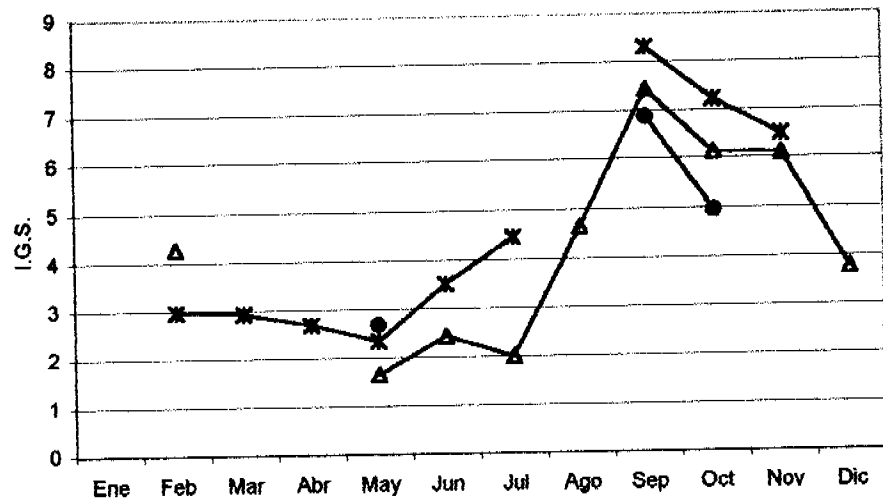
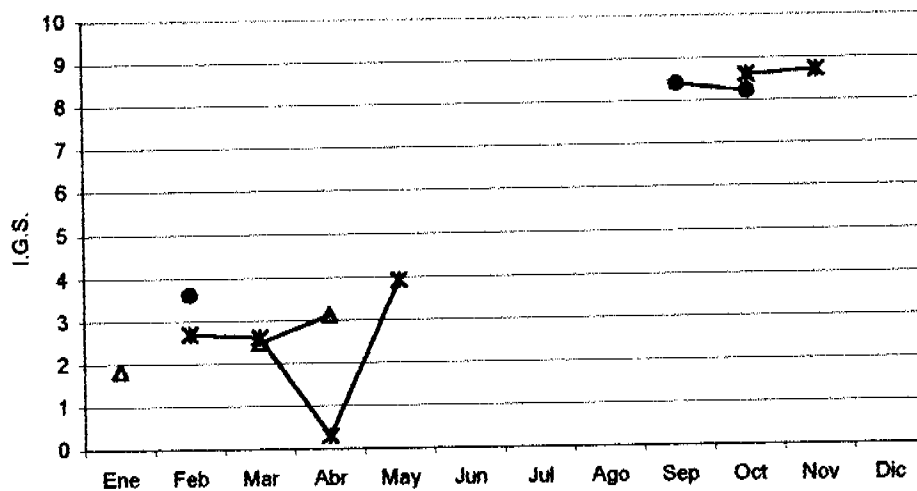


Figura 60 I.G.S. de anchoveta y sardina común en el crucero Reclas0101.

Año 1999



Año 2000



—Δ— San Antonio      —x— Talcahuano      —●— Corral

Figura 61 I.G.S. para anchoveta desde 1999 a 2000 por zona de pesca.

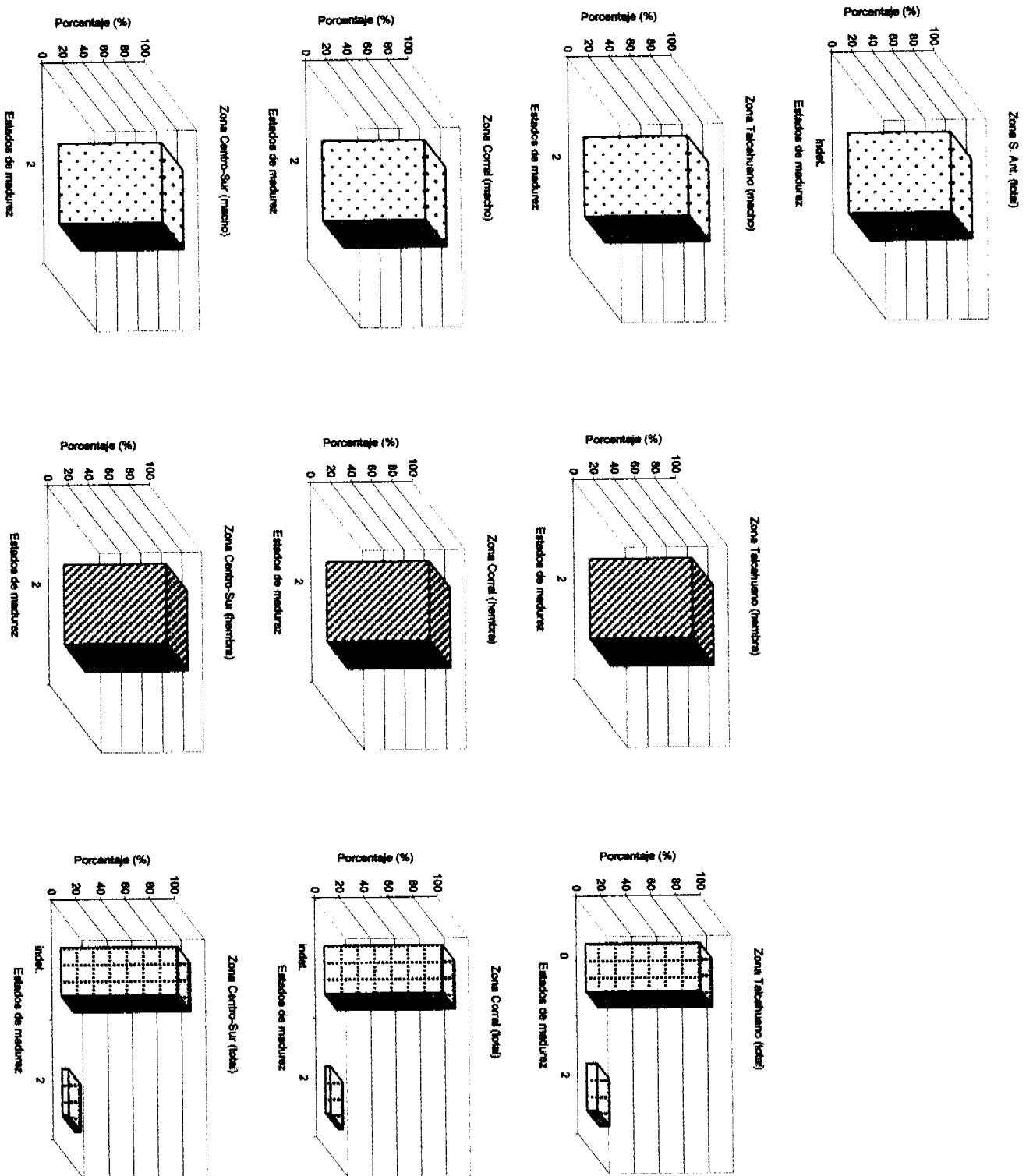
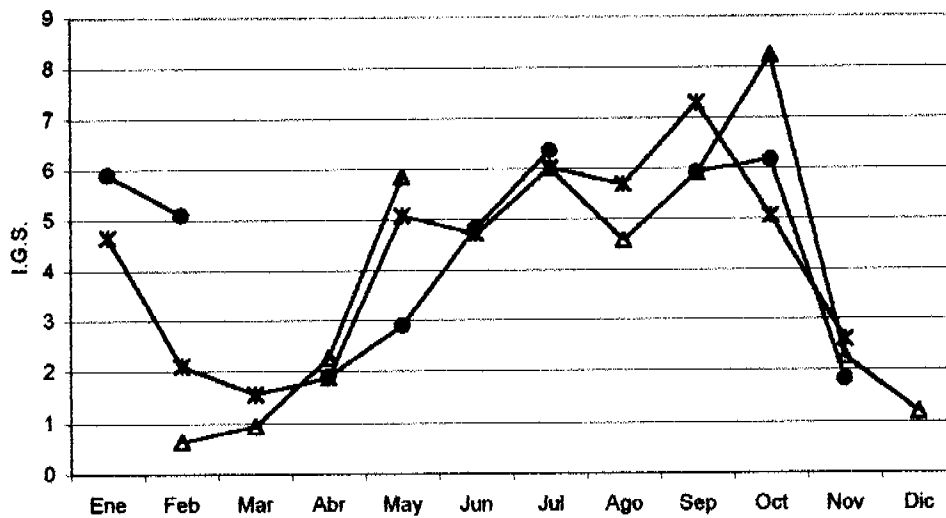
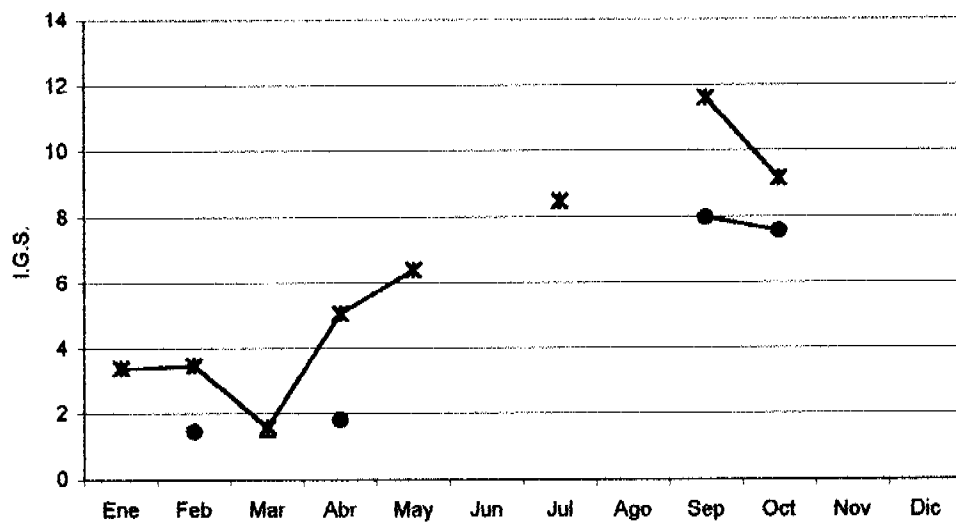


Figura 62 Estados de madurez de sardina común capturada en el crucero RECLAS0101 por zona de pesca, sexo y para el total de ejemplares muestreados

Año 1999

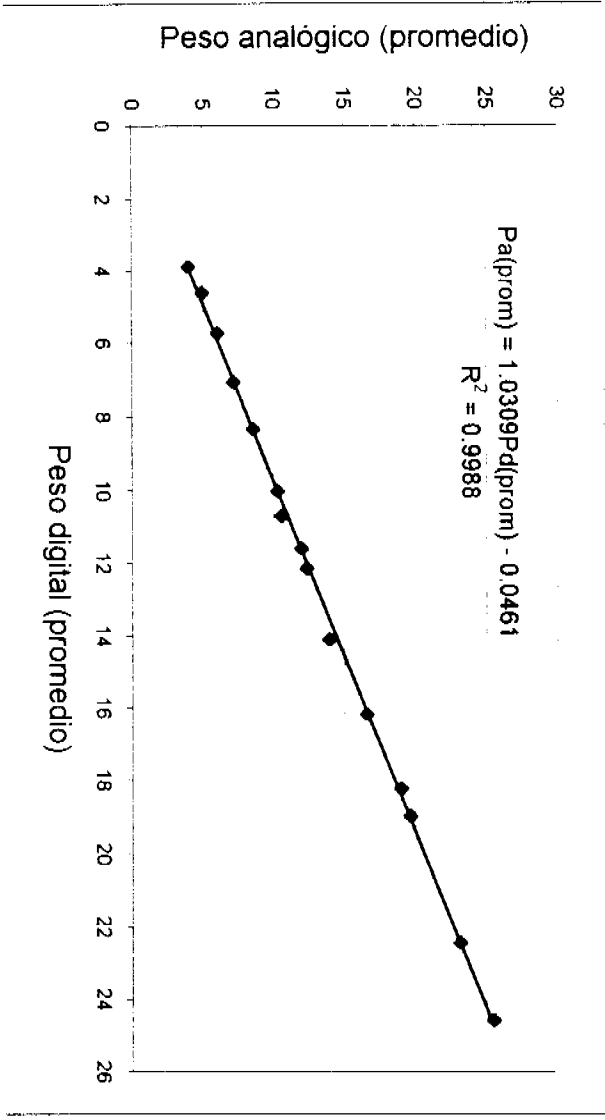


Año 2000



—▲— San Antonio      —×— Talcahuano      —●— Corral

Figura 63 I.G.S. para sardina común desde 1999 a 2000 por zona de pesca.



**Figura 64** Relación entre pesos promedios de anchoveta obtenido mediante balanzas de palanca y balanzas digitales.



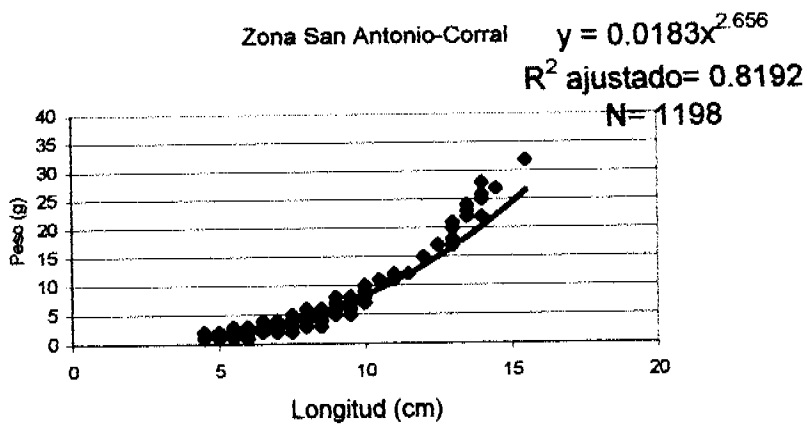
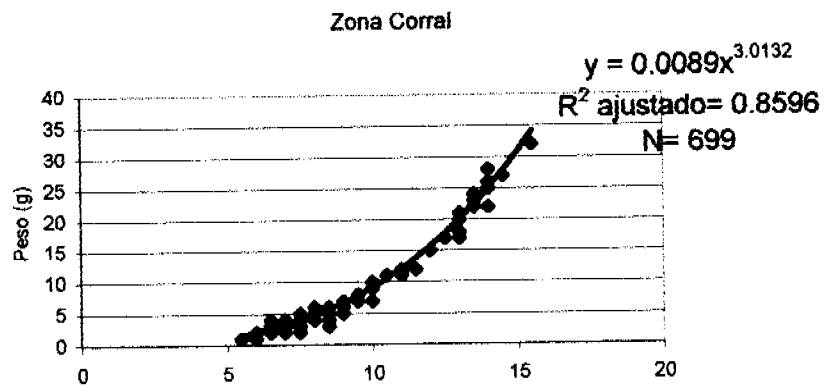
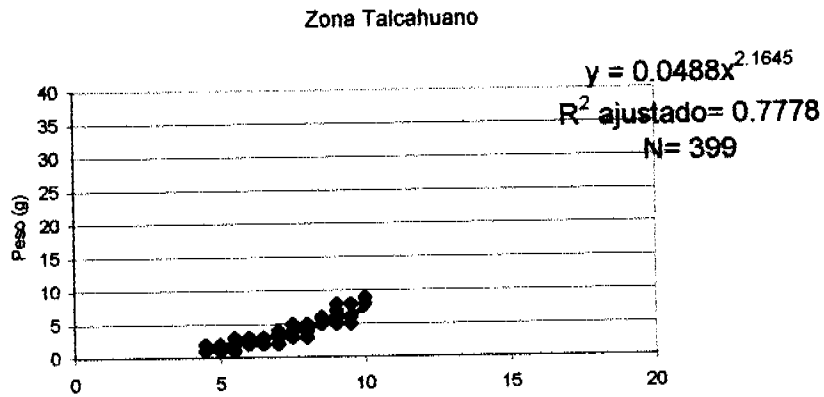
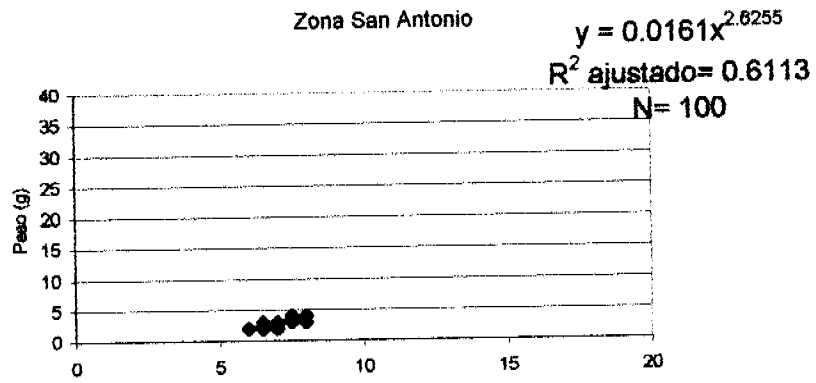


Figura 66 Relaciones longitud-peso de sardina común, por zona de pesca y total zona de estudio.

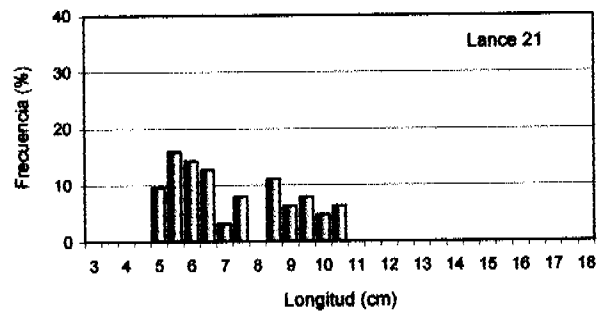
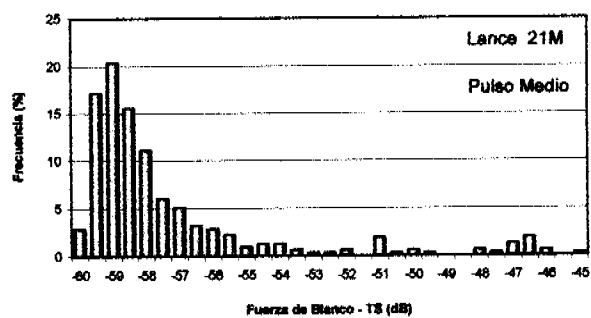
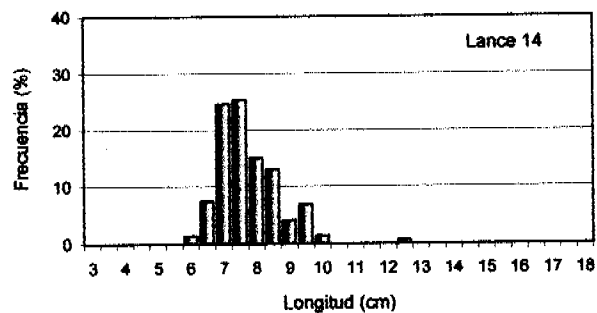
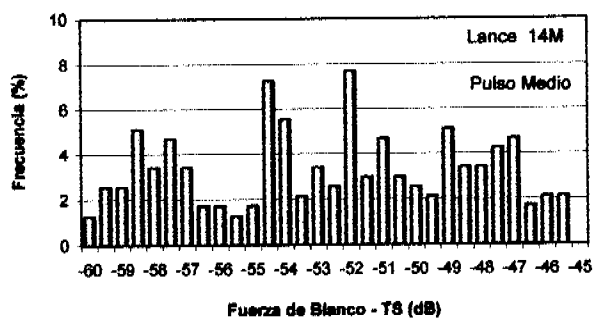
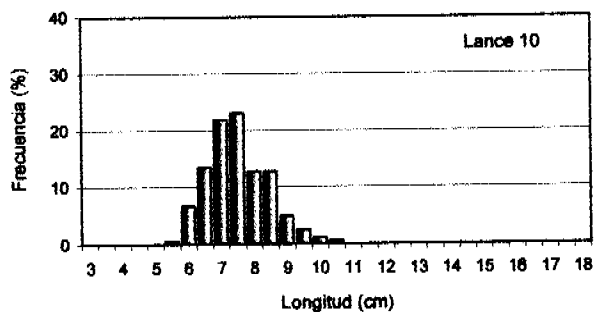
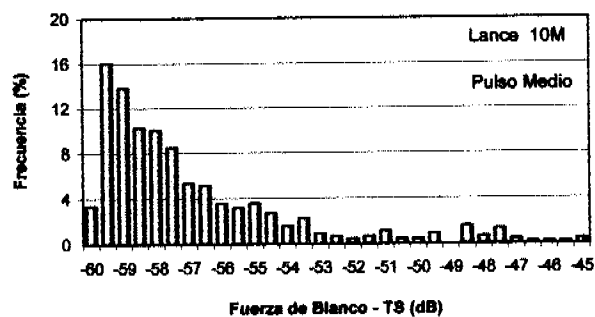
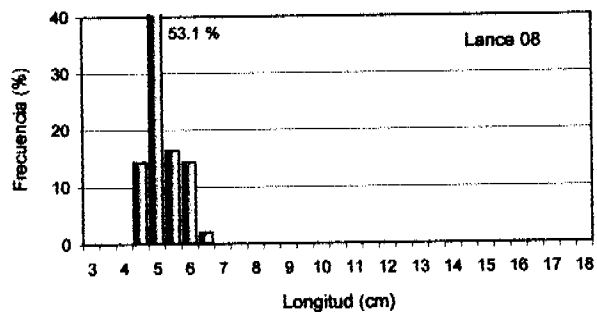
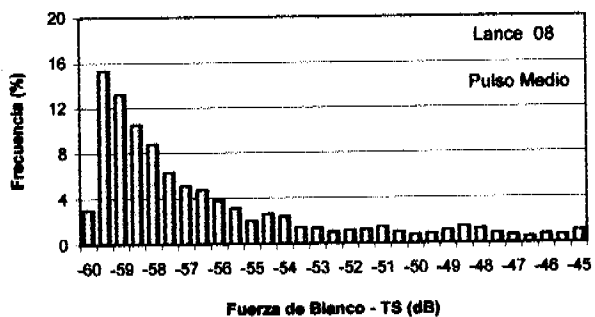


Figura 67.- Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 8, 10, 14 y 21). Crucero RECLAS 0101.

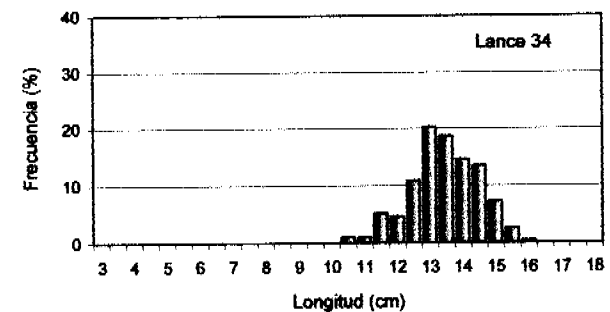
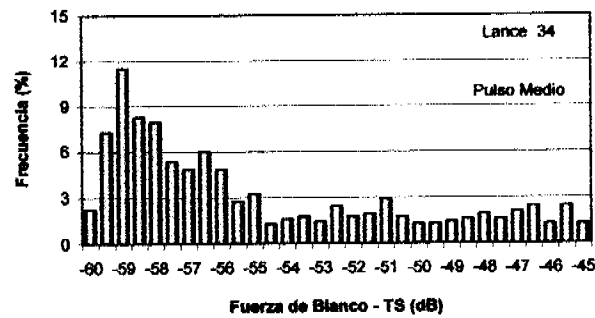
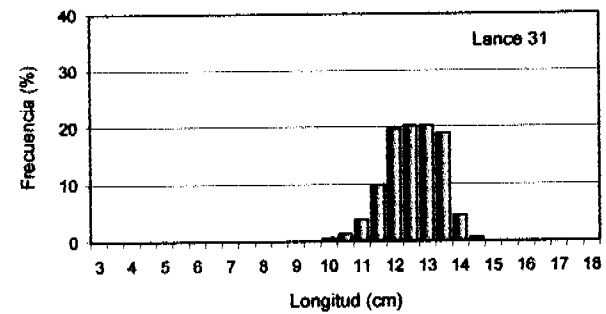
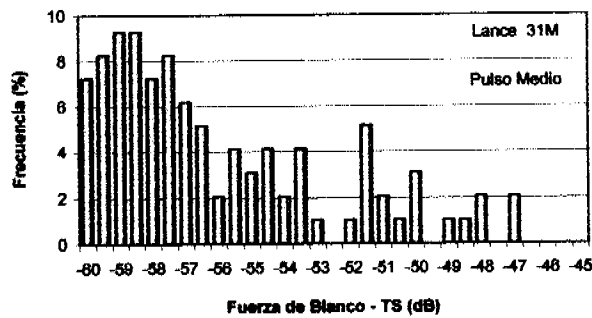
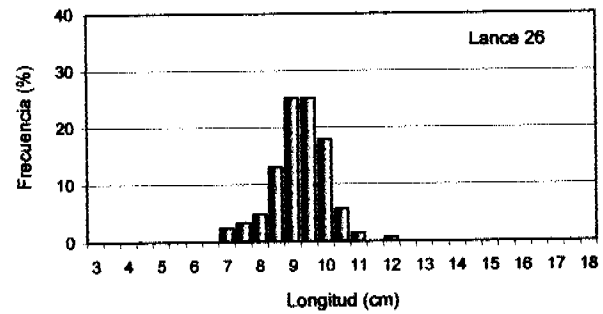
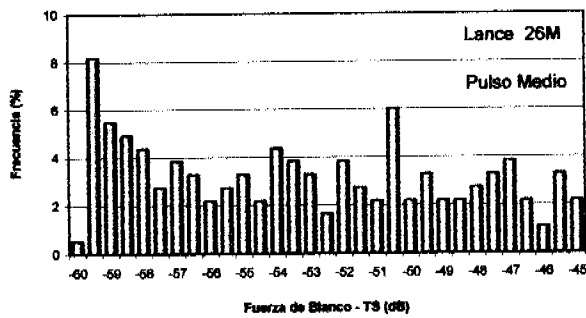
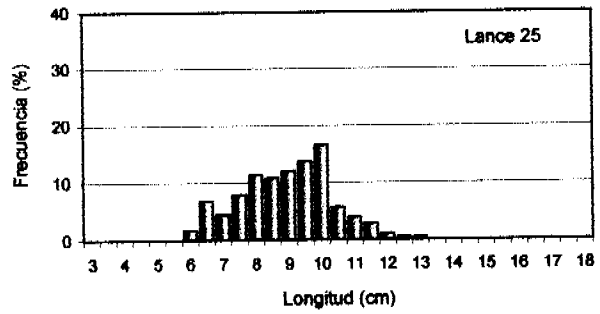
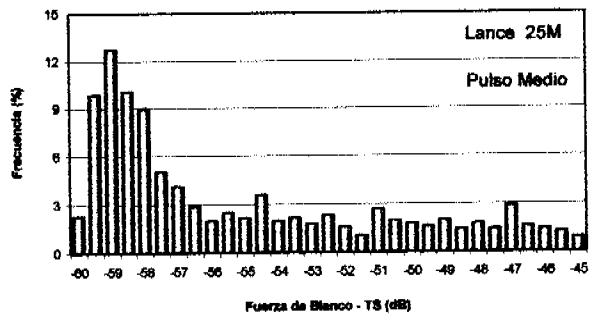


Figura 68.- Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 25, 26, 31 y 34). Crucero RECLAS 0101.

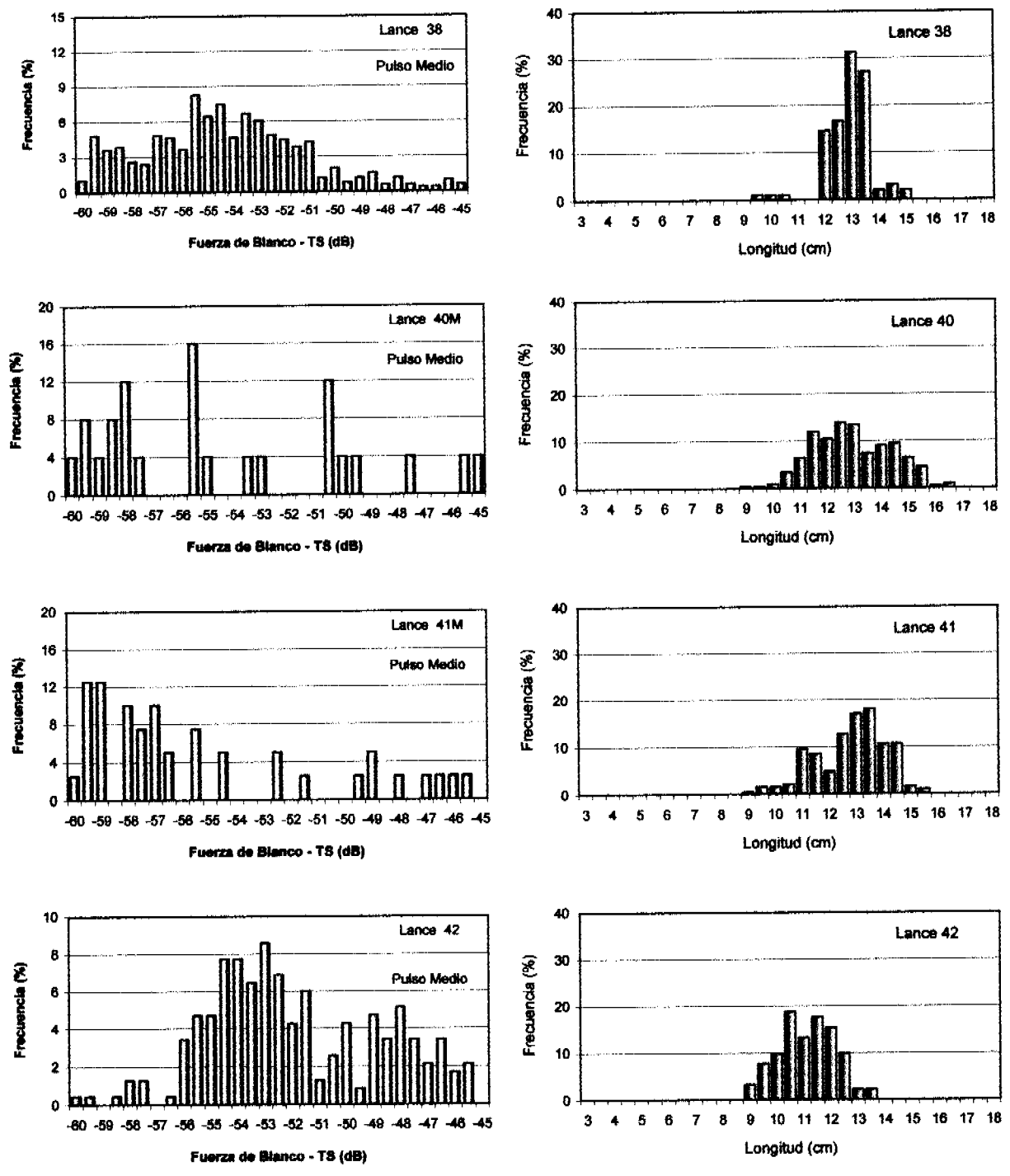


Figura 69.- Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 38, 40, 41 y 42). Crucero RECLAS 0101.

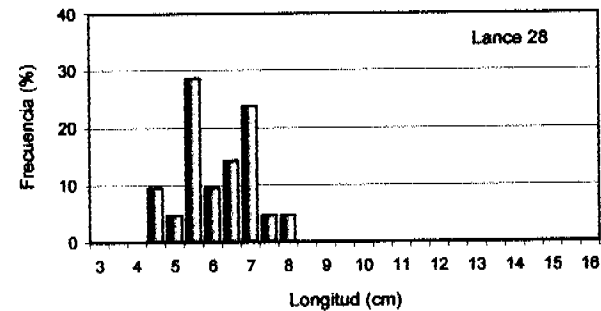
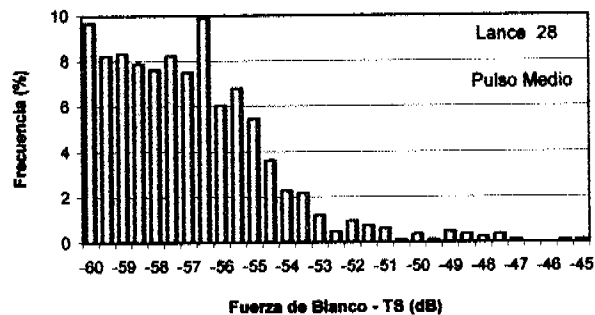
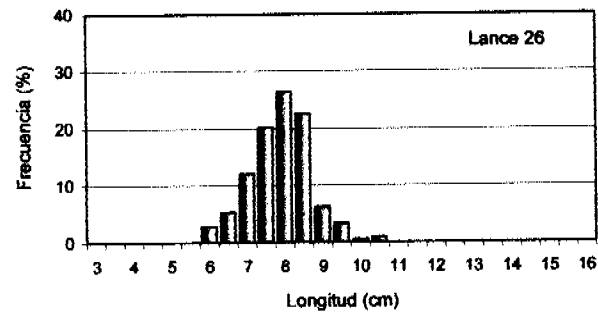
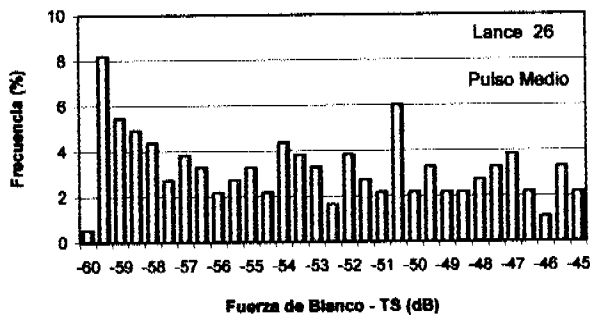
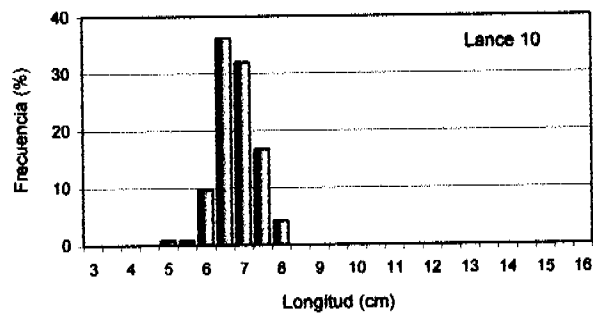
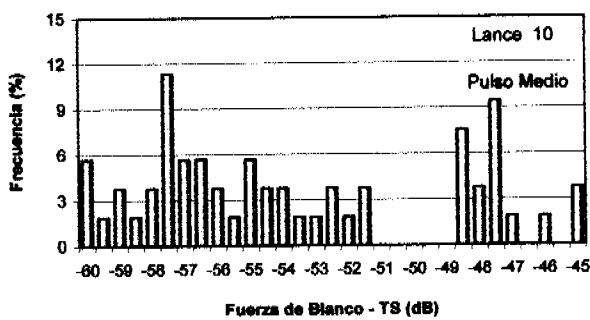
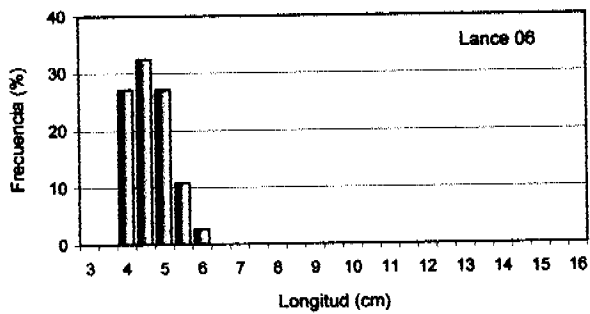
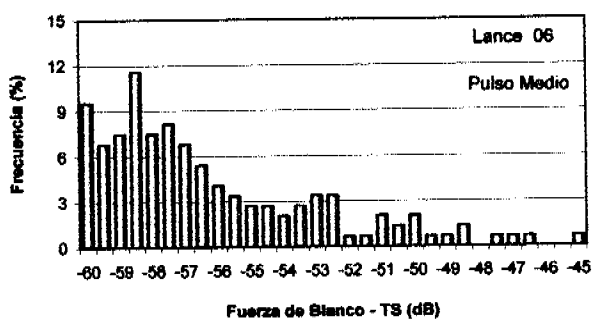


Figura 70.- Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de sardina común (lances 6, 10, 26 y 28). Crucero RECLAS 0101.

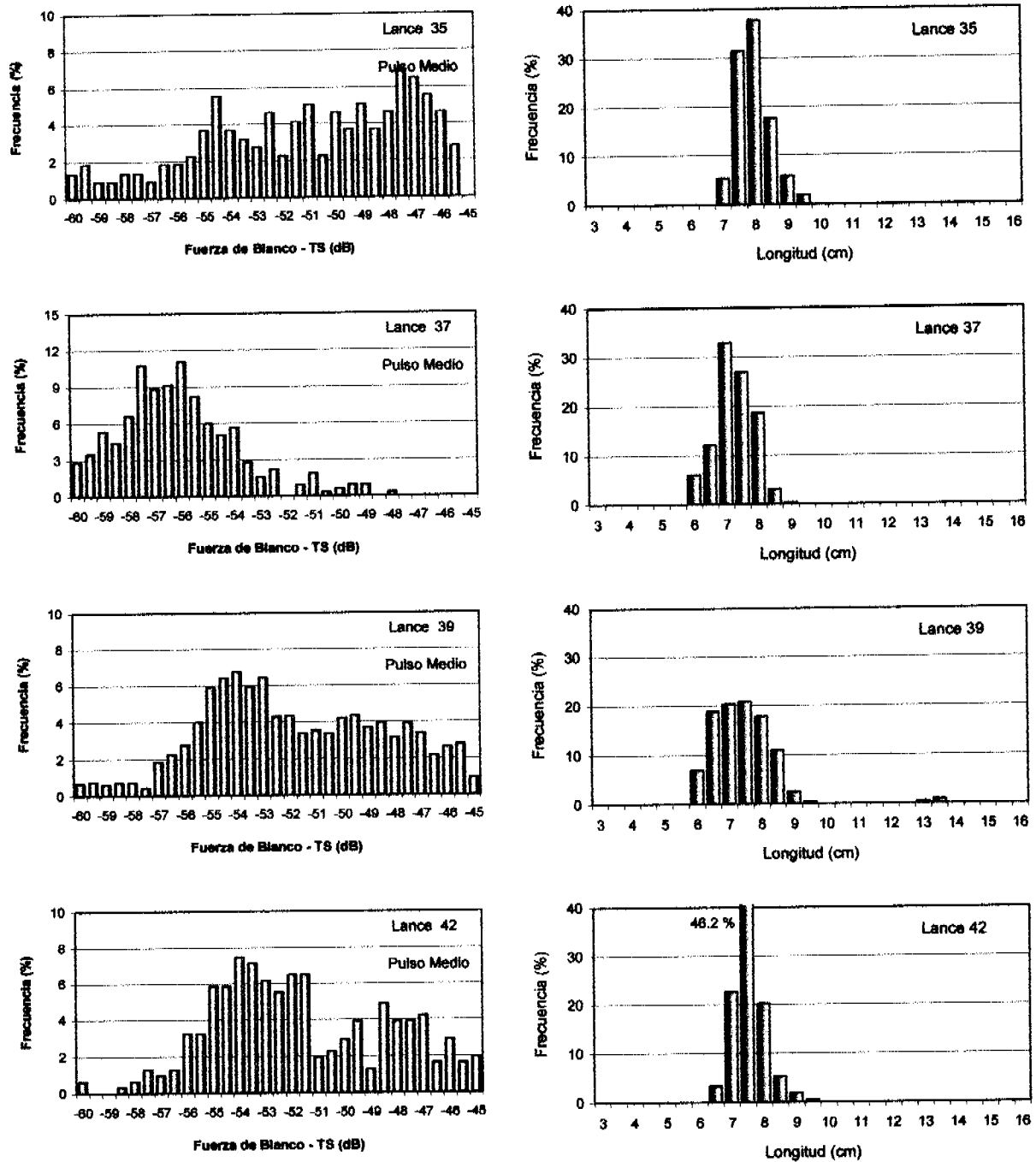
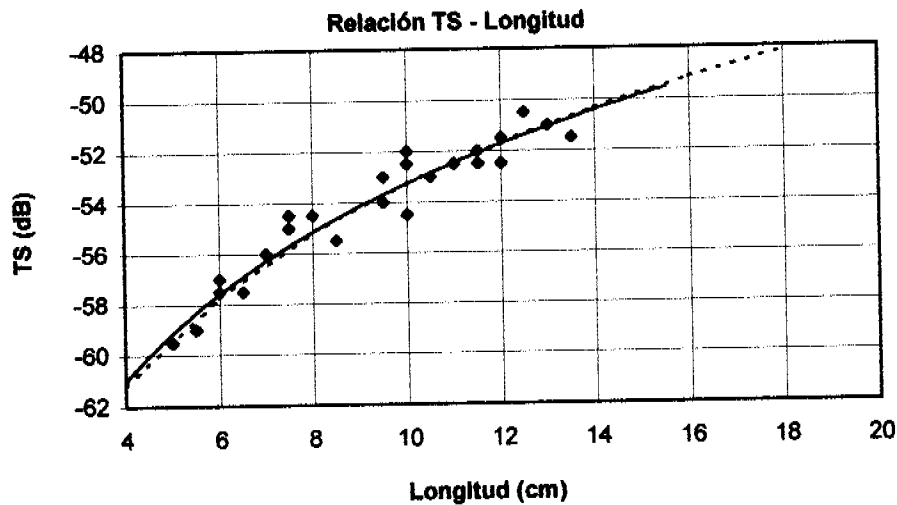


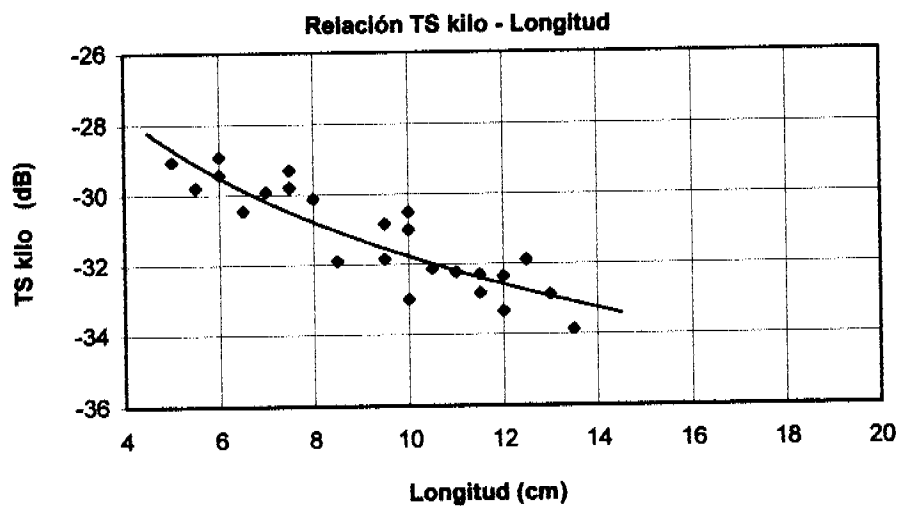
Figura 71.- Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de sardina común (lances 35, 37, 39 y 42). Crucero RECLAS 0101.

a)



———  $TS = 19.46 \text{ Log}(L) - 72.73 \text{ dB}$       $R^2 = 0.931$      (ajustado)  
- - - -  $TS = 20.00 \text{ Log}(L) - 73.25 \text{ dB}$      @  $L = 9.5 \text{ cm}$      (modelo)

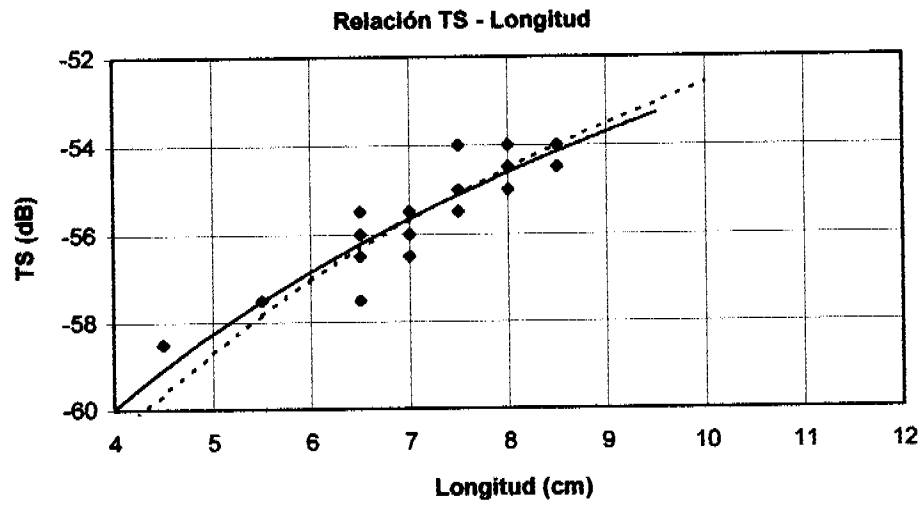
b)



———  $TS_{\text{kilo}} = -10.23 \text{ Log}(L) - 21.54 \text{ dB}$       $R^2 = 0.7893$

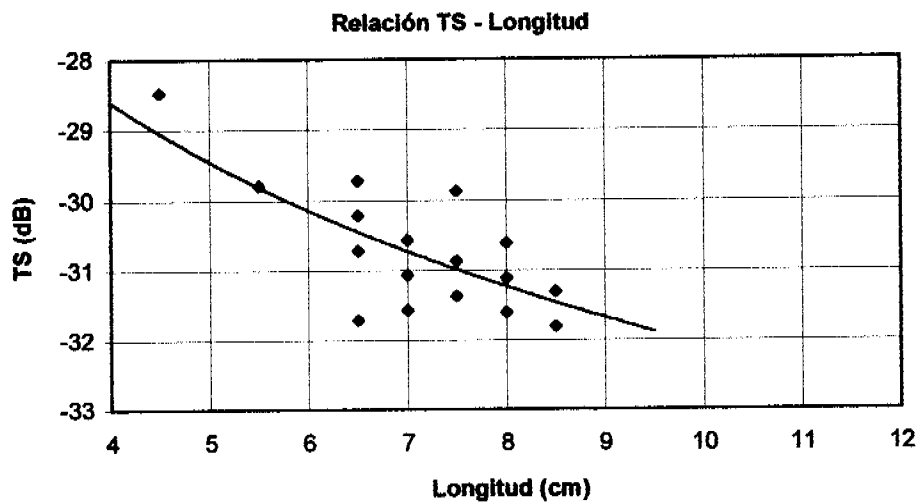
Figura 72. a) Relación funcional de la intensidad de blanco (TS) y b) relación funcional de intensidad de blanco por kilo (TS kilo) con respecto a la longitud (cm) de anchoveta. Crucero RECLAS 0101.

a)



——— TS = 17,81 Log(L) – 70,71 dB      R<sup>2</sup> = 0,8218    (ajustado)  
 - - - - TS = 20,00 Log(L) – 72,59 dB    @ L = 7,2 cm    (modelo)

b)



——— TS<sub>kilo</sub> = -8.75 Log(L) – 23.33 dB      R<sup>2</sup> = 0.5266

Figura 73. a) Relación funcional de la intensidad de blanco (TS) y b) relación funcional de intensidad de blanco por kilo (TS kilo) con respecto a la longitud (cm) de sardina común. Crucero RECLAS 0101.



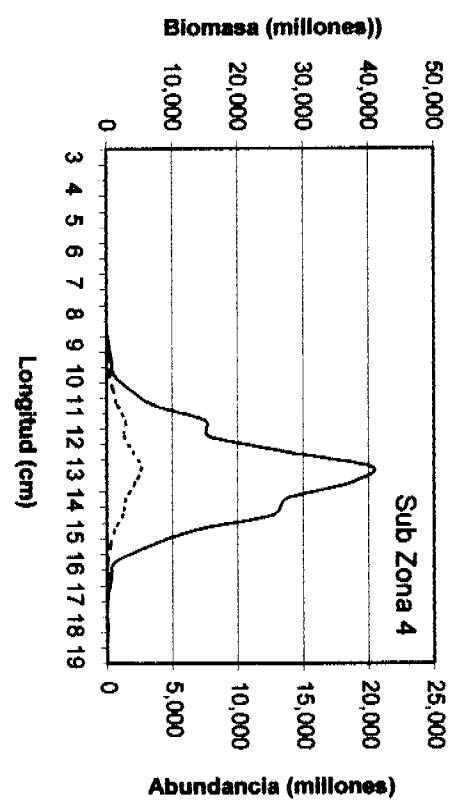
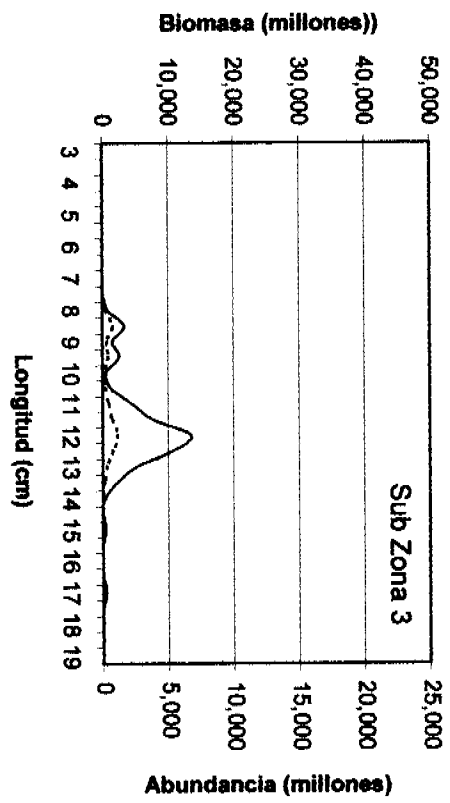
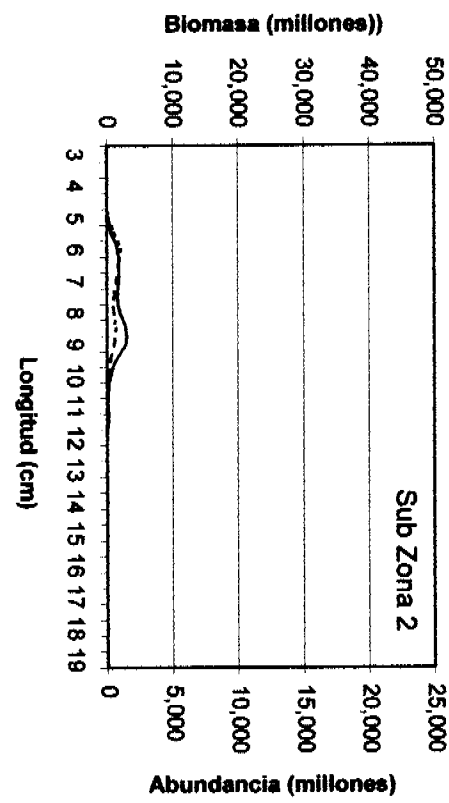
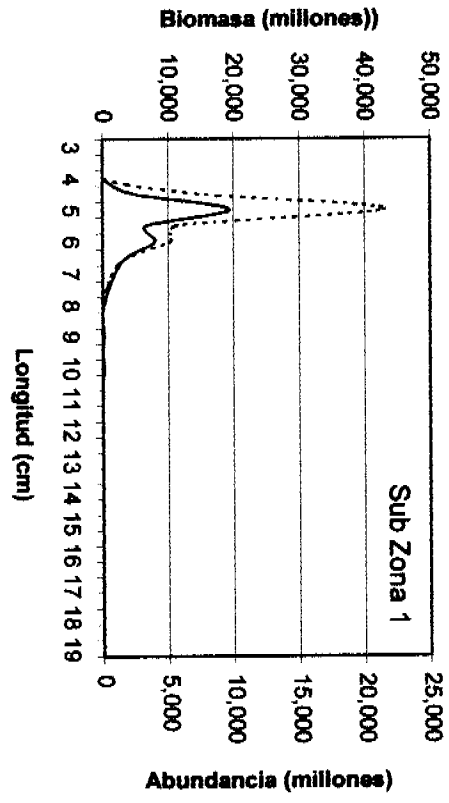
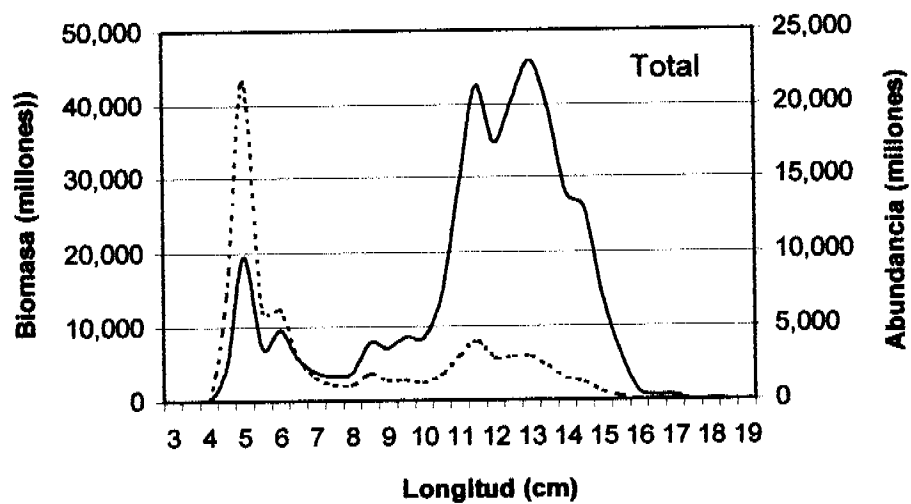
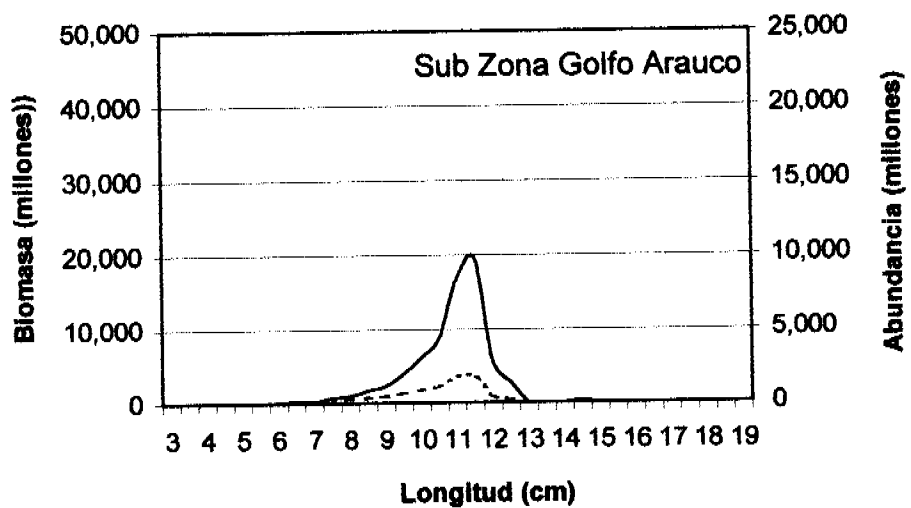


Figura 74a.- Biomasa y abundancia estimada de anchoveta por subzonas según el método de las tallas. Crucero RECLAS 0101.

— Biomasa      - - - - - Abundancia

— Biomasa      - - - - - Abundancia



— Biomasa                      - - - - - Abundancia

Figura 74b.- Biomasa y abundancia estimada de anchoveta en la sub zona Golfo de Arauco y Total según el método de las tallas. Crucero RECLAS 0101.

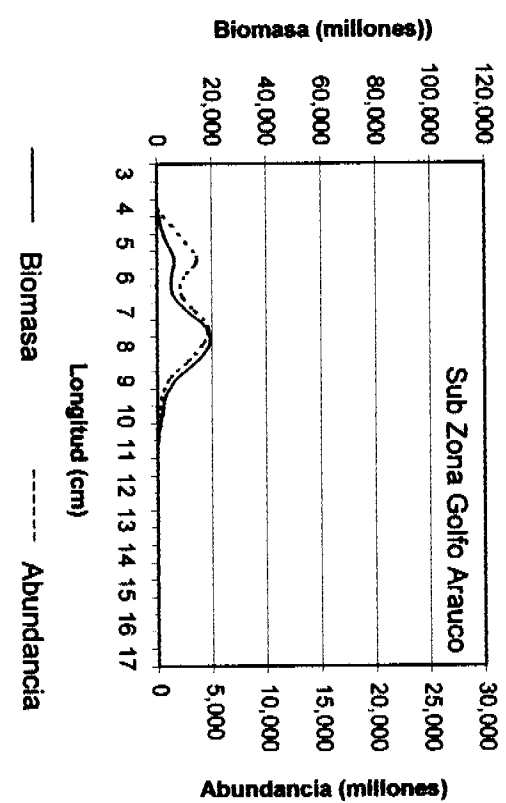
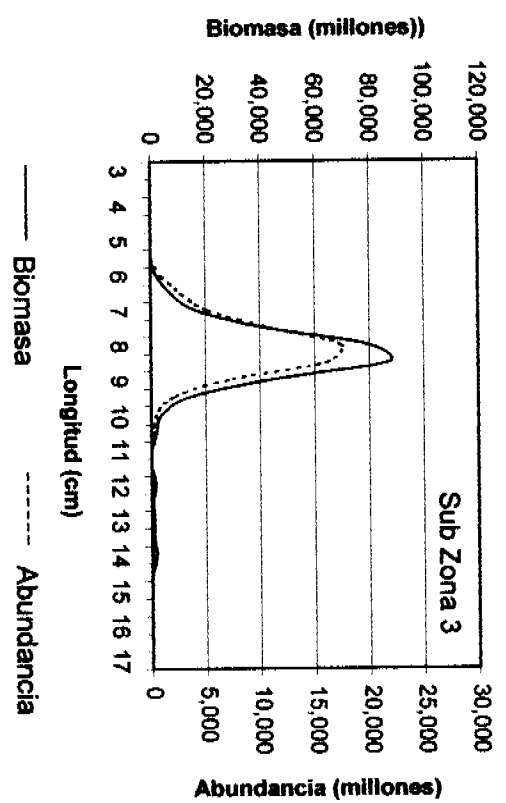
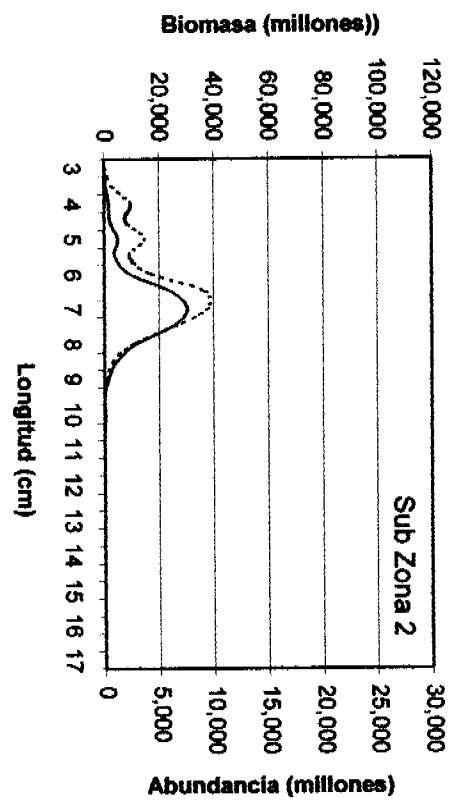
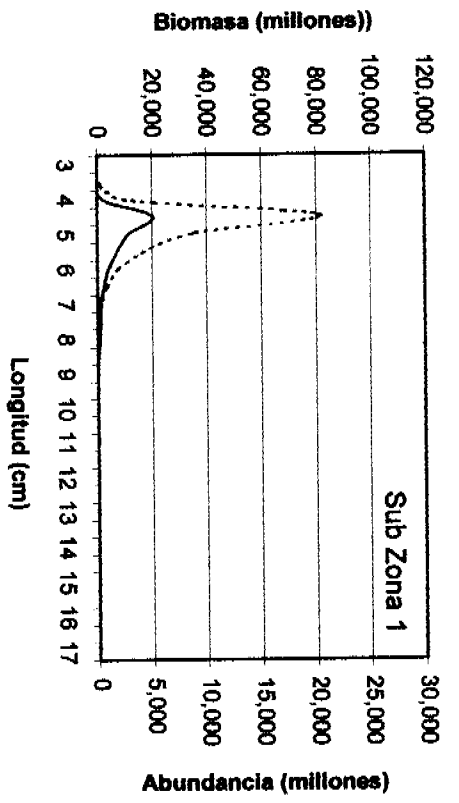
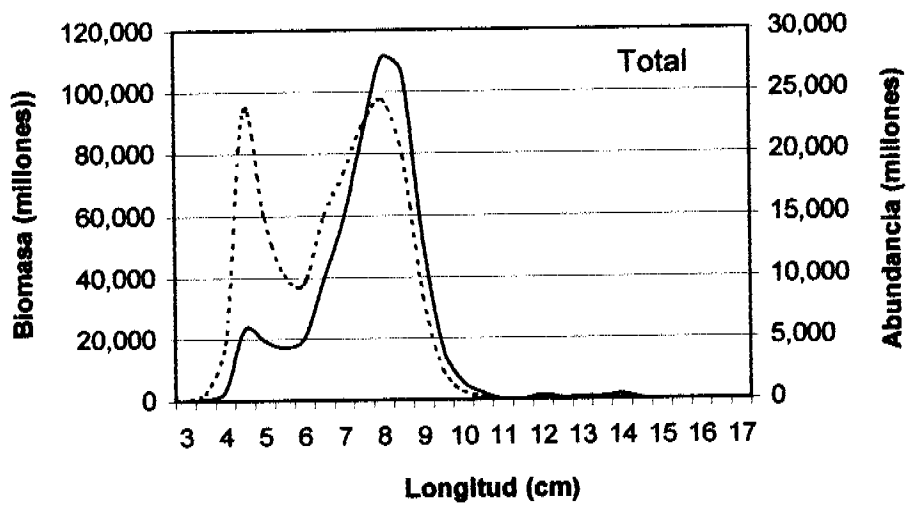


Figura 75a.- Biomasa y abundancia estimada de sardina común por subzonas según el método de las tallas. Crucero RECLAS 0101.

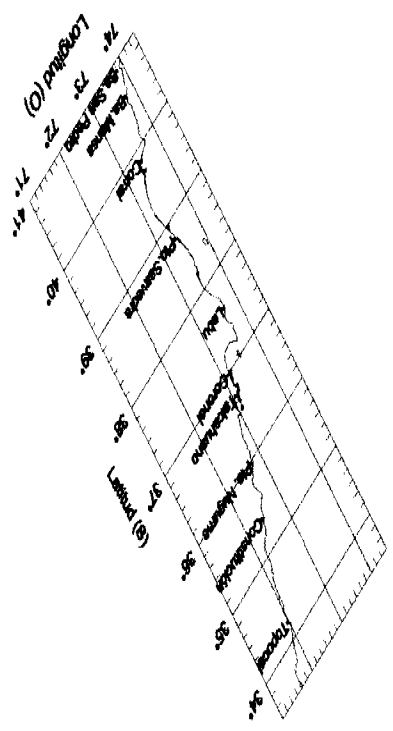
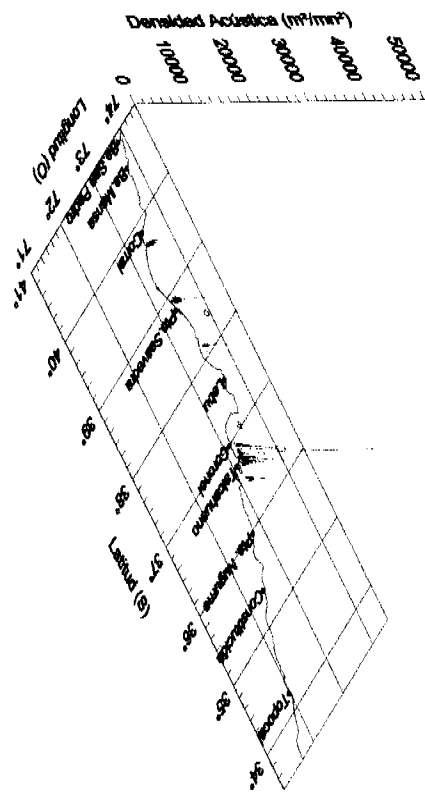


a) Sardina común

— Biomasa                                      - - - - - Abundancia

Figura 75b.- Biomasa y abundancia estimada de sardina común total según el método de las tallas. Crucero RECLAS 0101

BACALADILLO (MOTE)



TOTAL DE ESPECIES

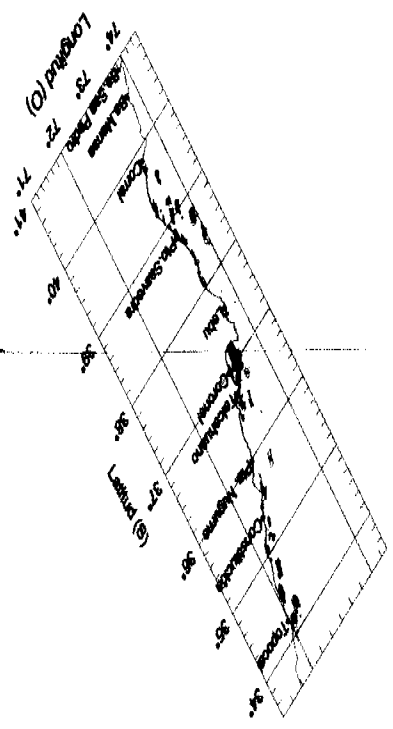
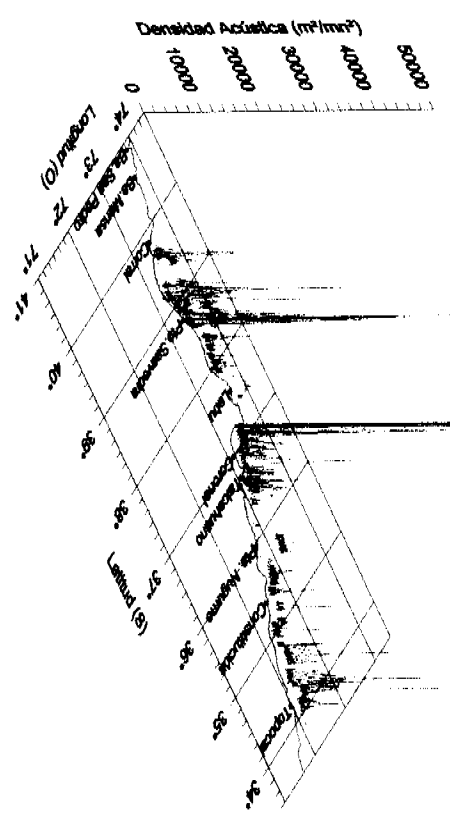
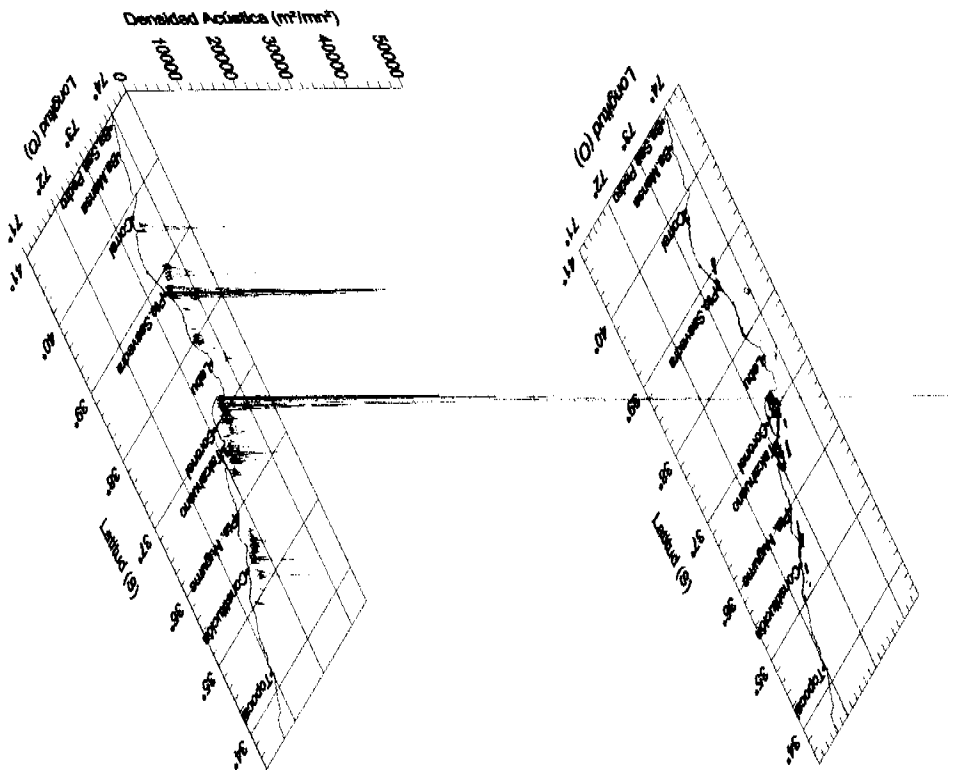
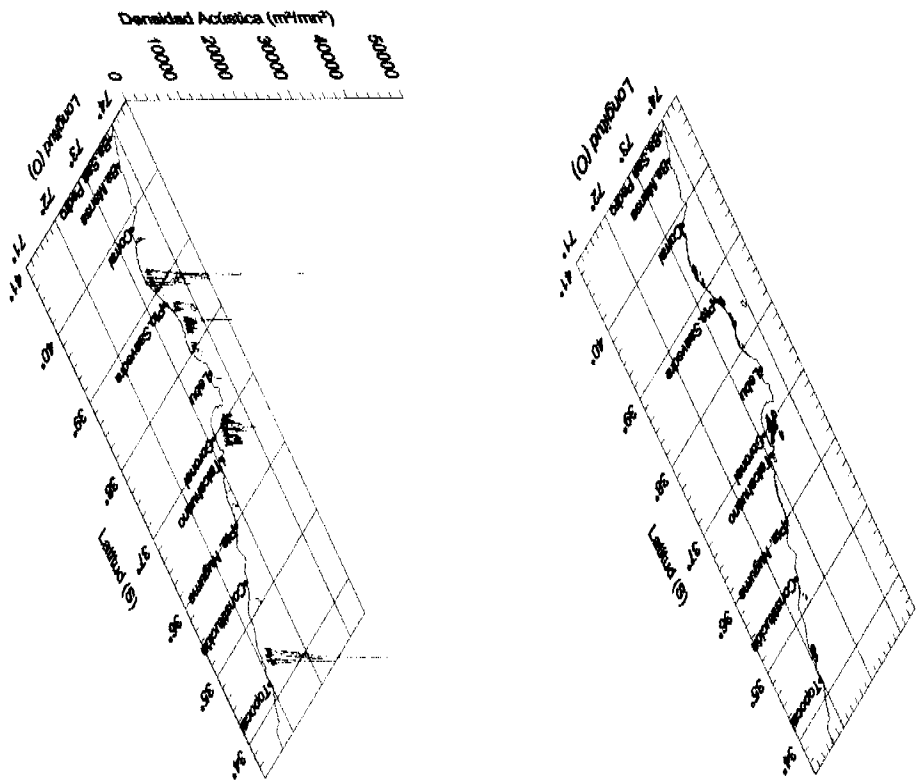


Figura 76.- Distribución espacial de bacaladillo (mote) y total de especies. Crucero RECLAS 0101.

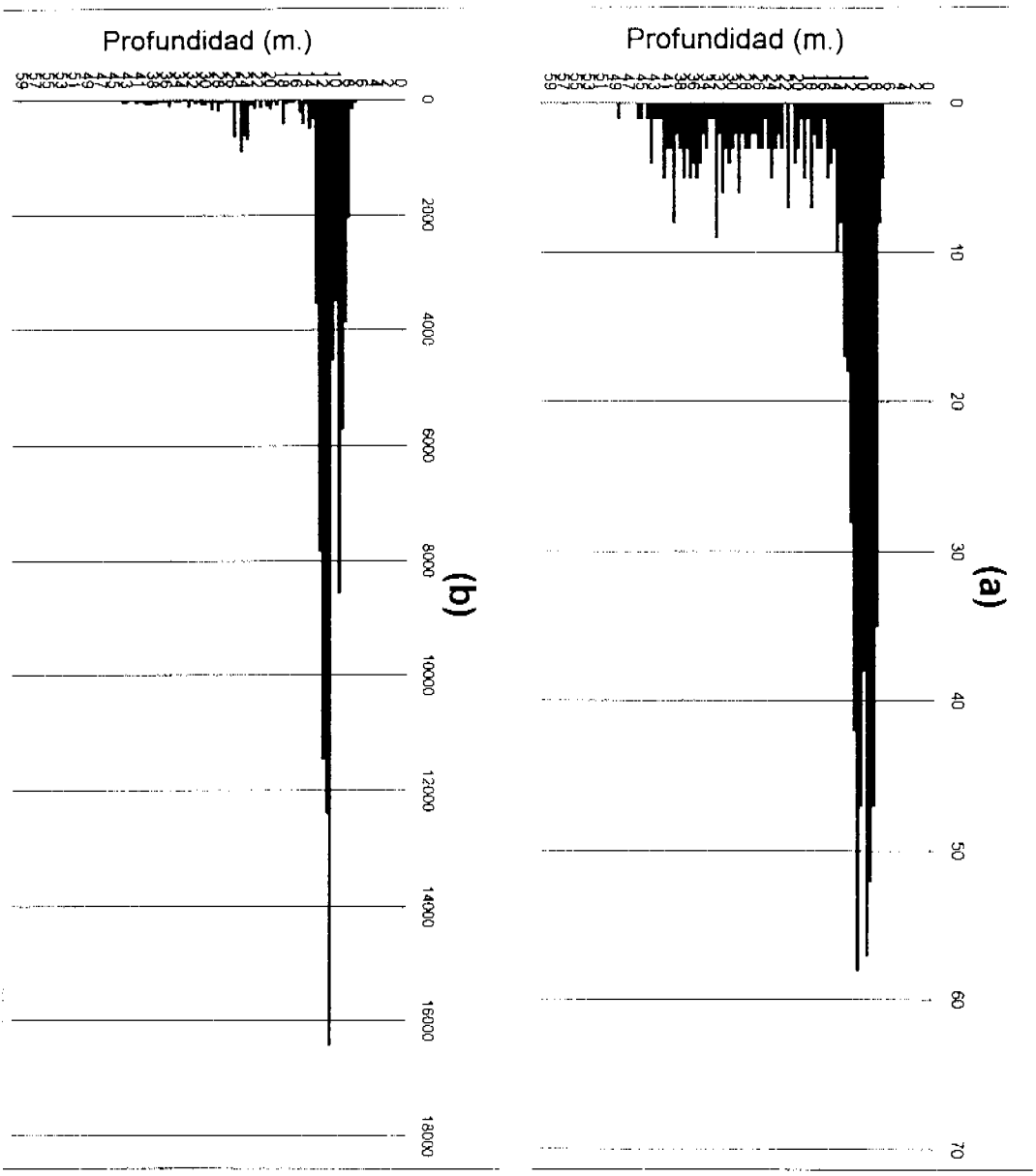


SARDINA COMUN

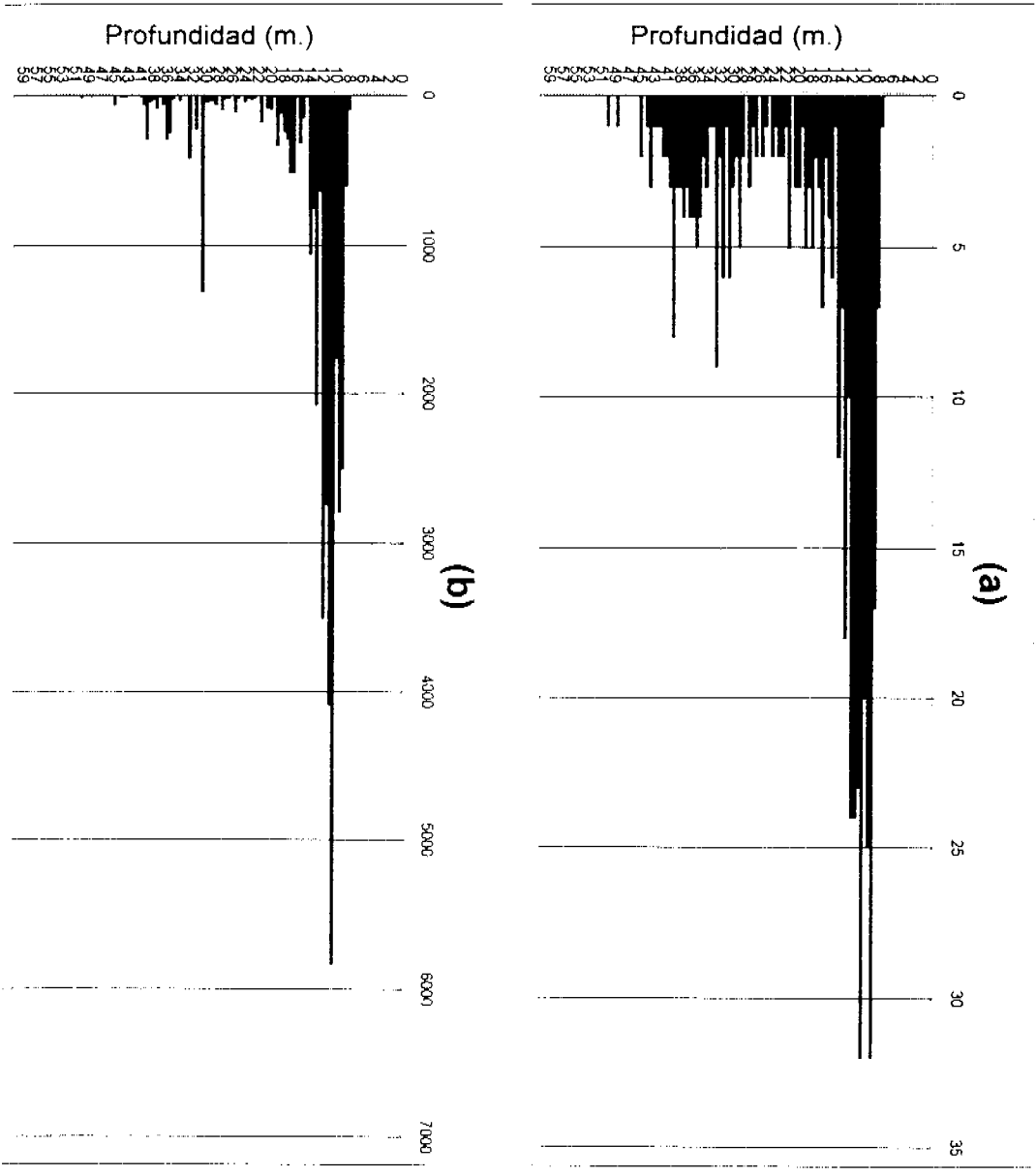


ANCHOVETA

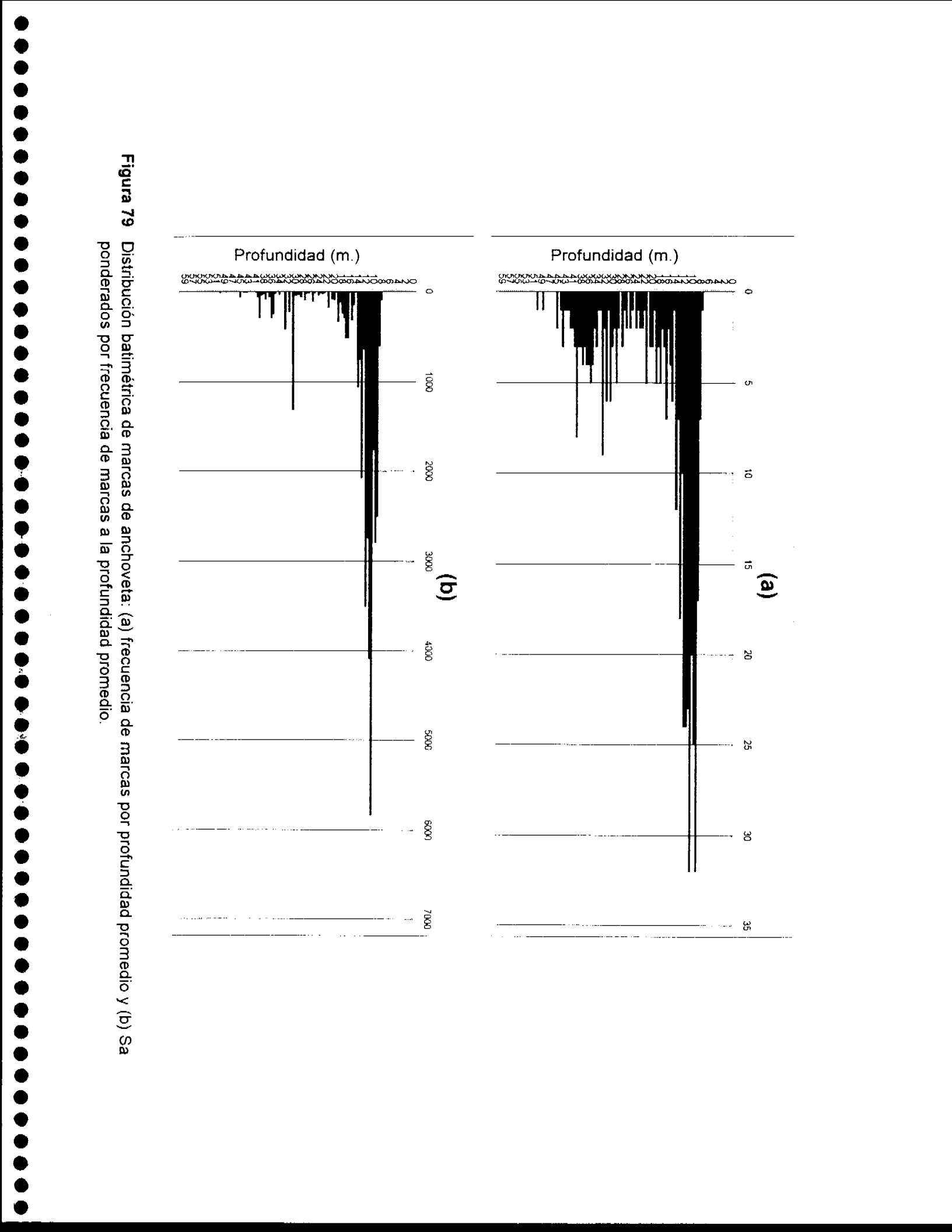
Figura 77.- Distribución espacial de sardina común y anchoveta. Crucero RECLAS 0101



**Figura 78** Distribución batimétrica de marcas de sardina: (a) frecuencia de marcas por profundidad promedio y (b) Sa ponderados por frecuencia de marcas a la profundidad promedio.



**Figura 79** Distribución batimétrica de marcas de anchoveta: (a) frecuencia de marcas por profundidad promedio y (b) Sa ponderados por frecuencia de marcas a la profundidad promedio.





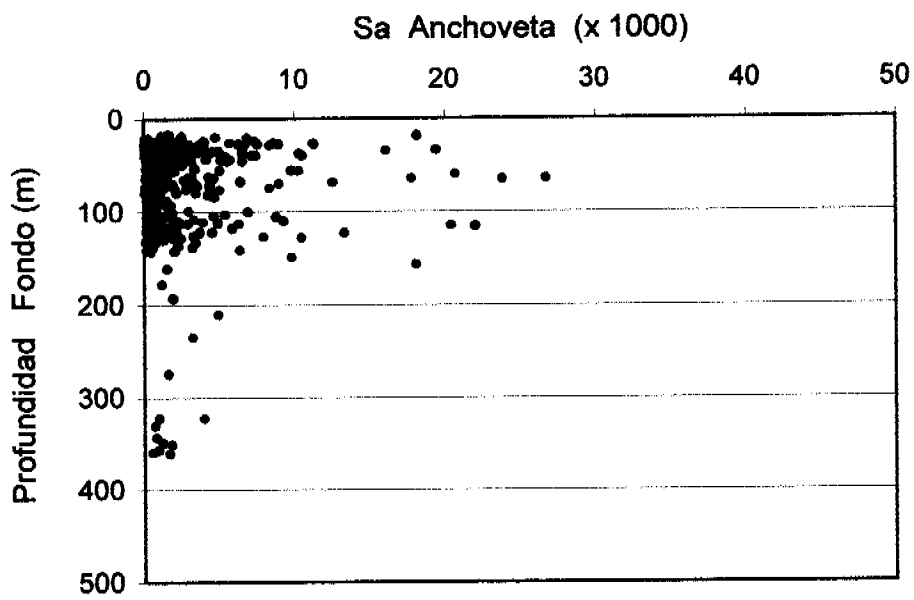
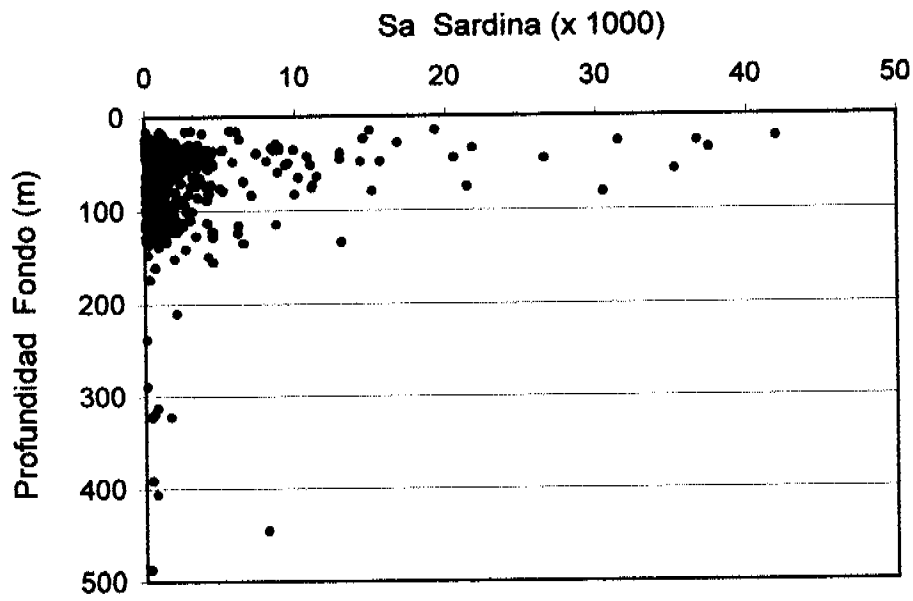
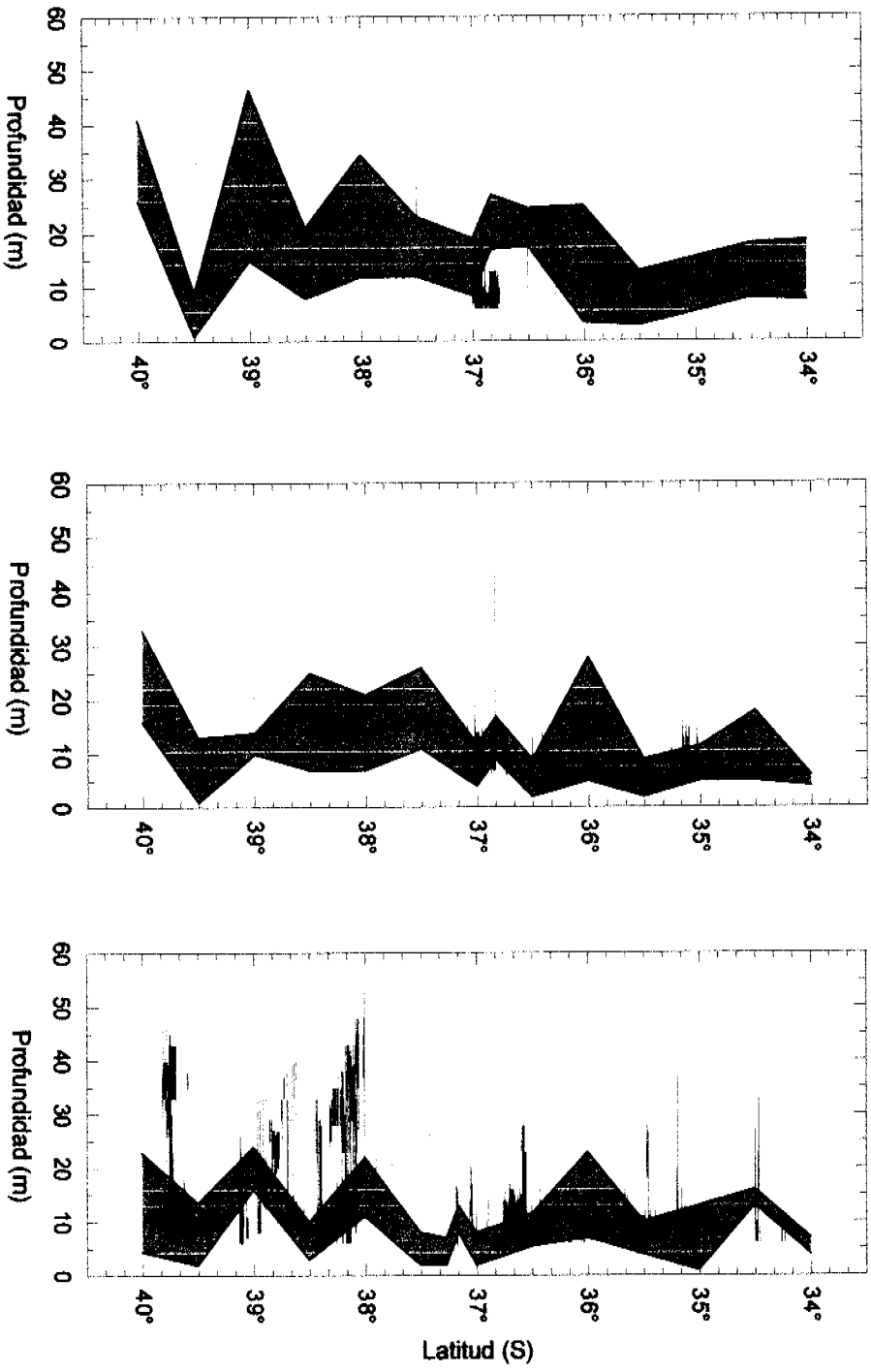


Figura 80.- Sa de sardina común y anchoveta respecto de la profundidad del fondo marino. Crucero RECLAS 0101.

> 10 mn

5 - 10 mn

0 - 5 mn



— Límites superior e inferior de la termoclina

— Distribución vertical de la sardina común

Figura 81. Distribución batimétrica de sardina común respecto a los límites de la termoclina. Crucero RECLAS 0101.

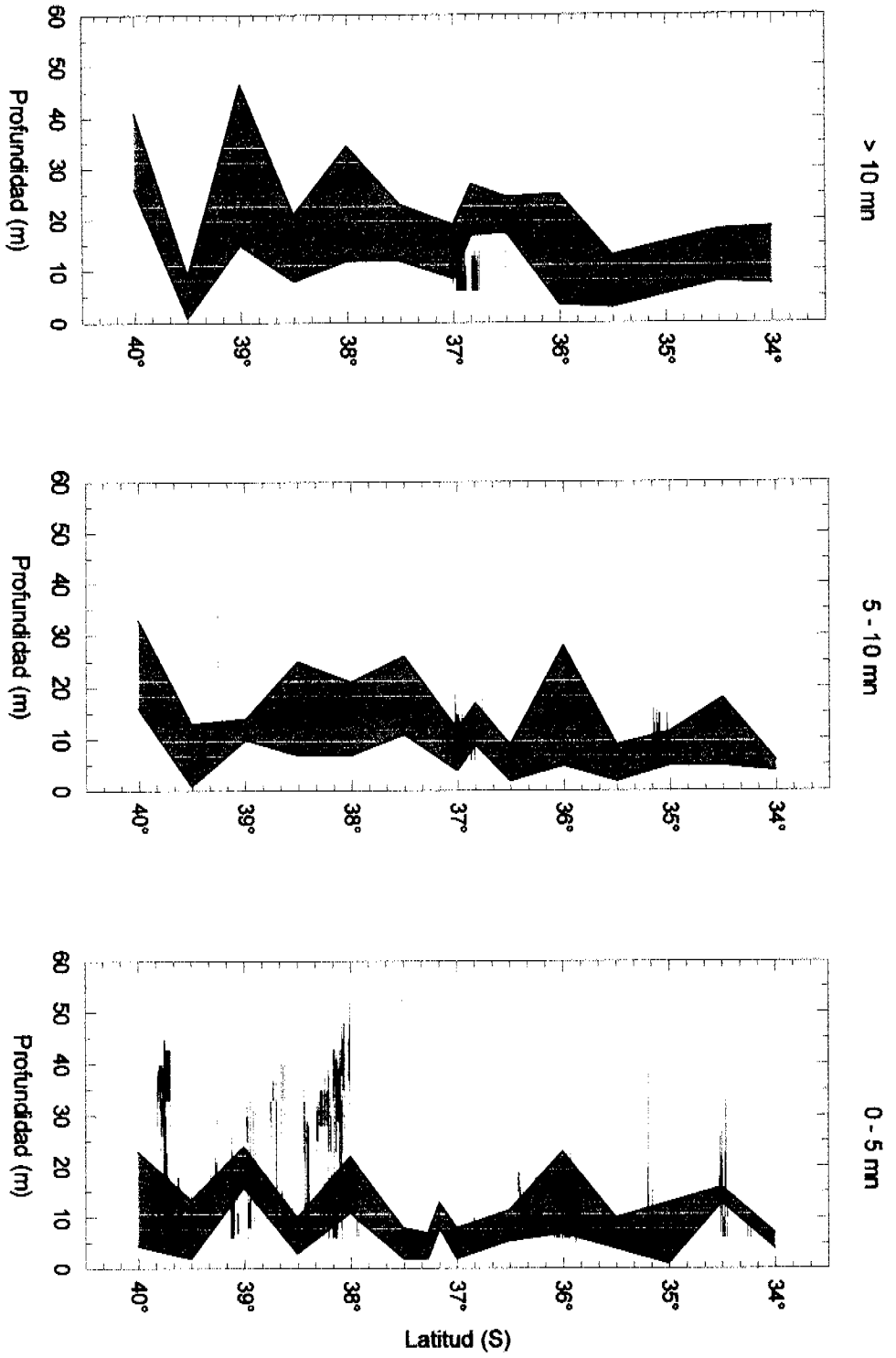


Figura 82. - Distribución batimétrica de anchoveta respecto a la gradiente de temperatura. Crucero RECLAS 0101.

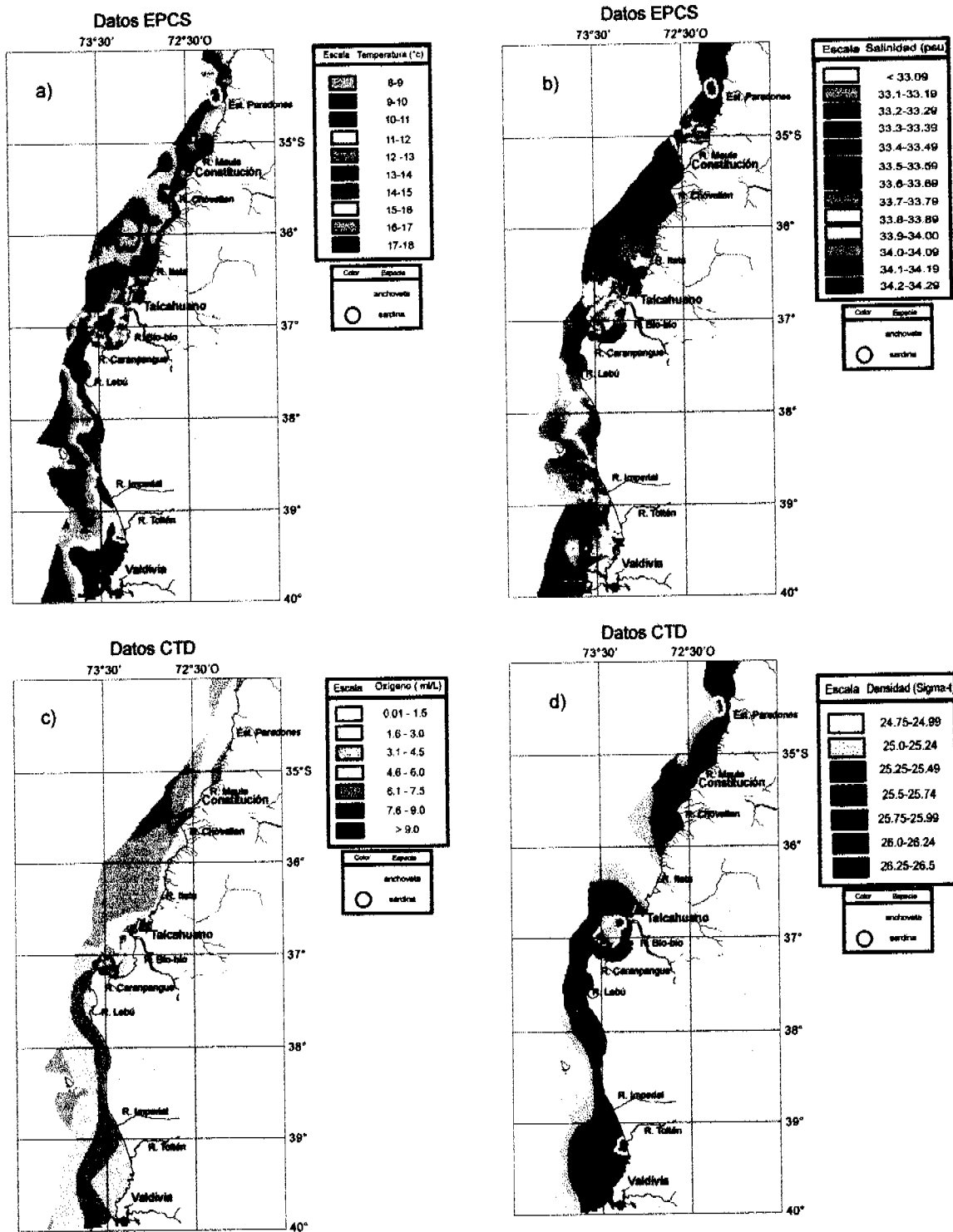


Figura 83. Distribución de los principales focos de sardina y anchoveta respecto de: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (sigma-t).

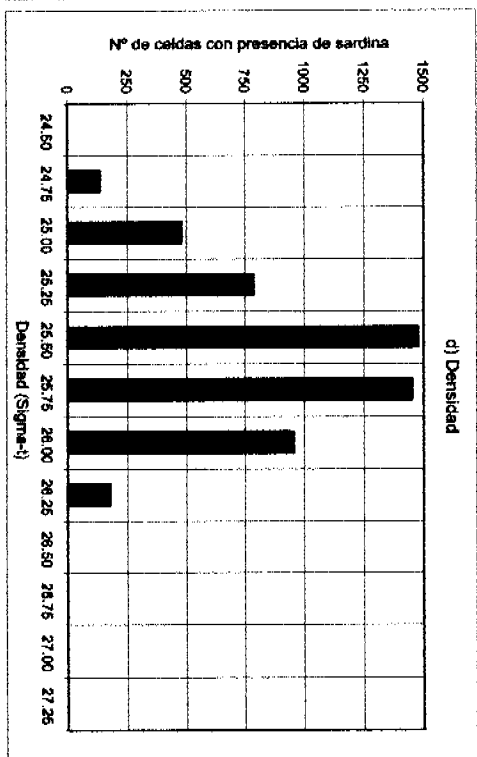
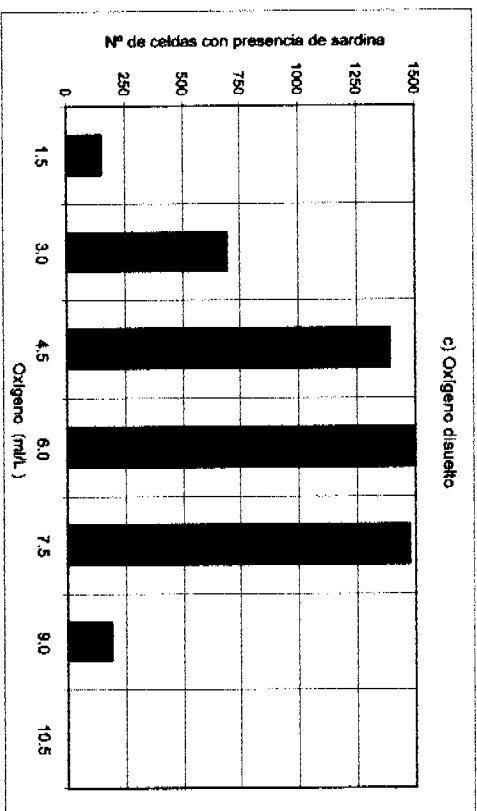
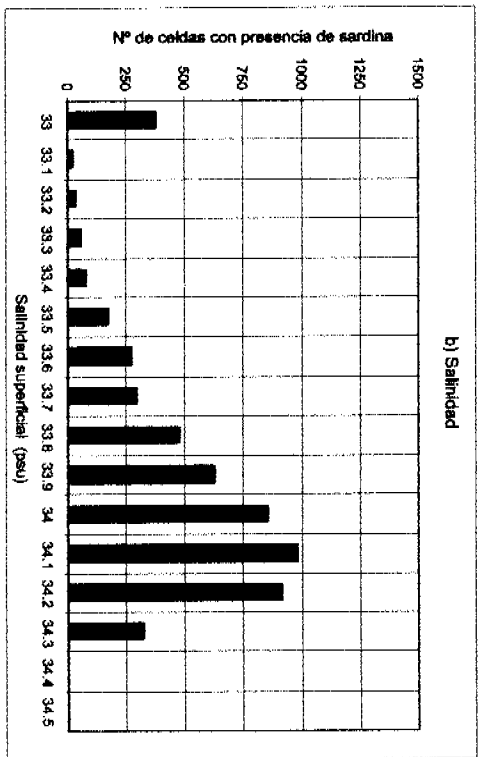
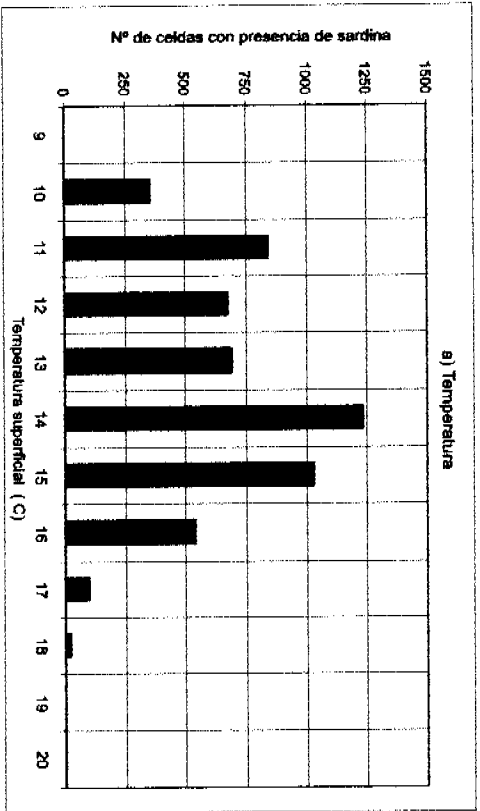


Figura 84. Número de celdas de sardina común respecto de las variables ambientales: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelt (mg/L) y d) densidad (sigma-t).

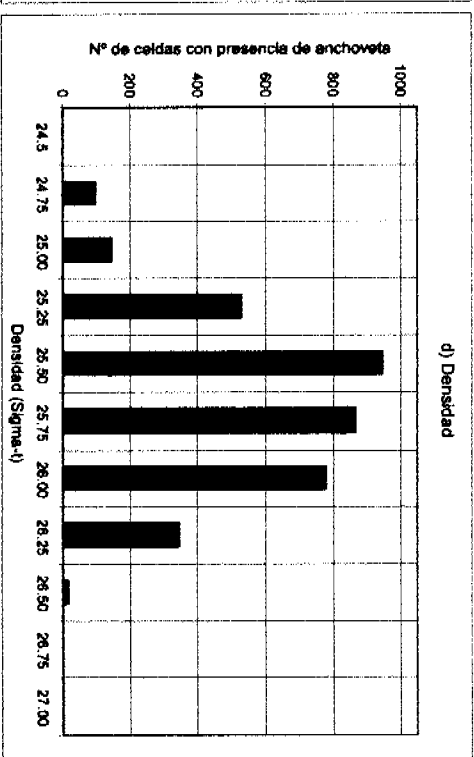
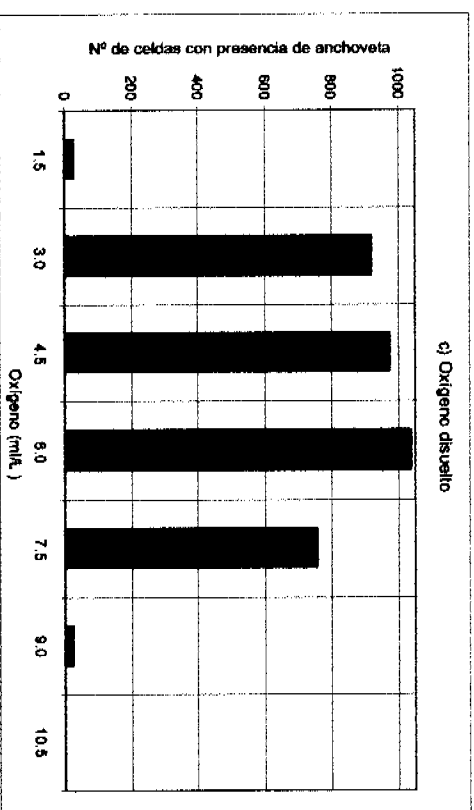
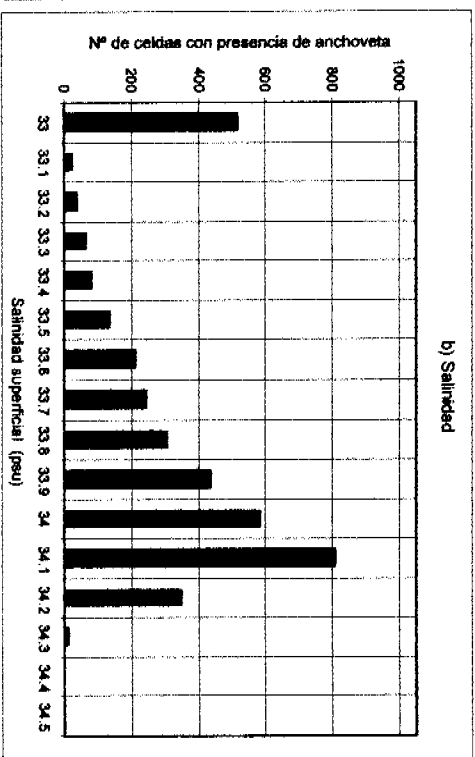
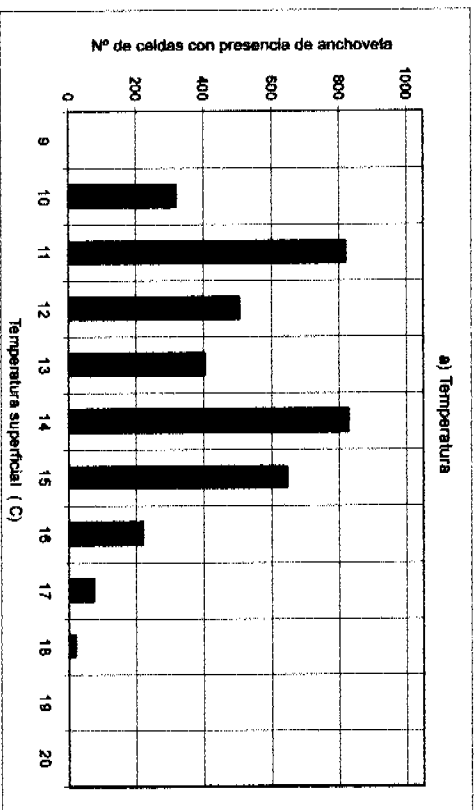


Figura 85. Número de celdas de anchoveta respecto de las variables ambientales: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (mg/L) y d) densidad (sigma-t).

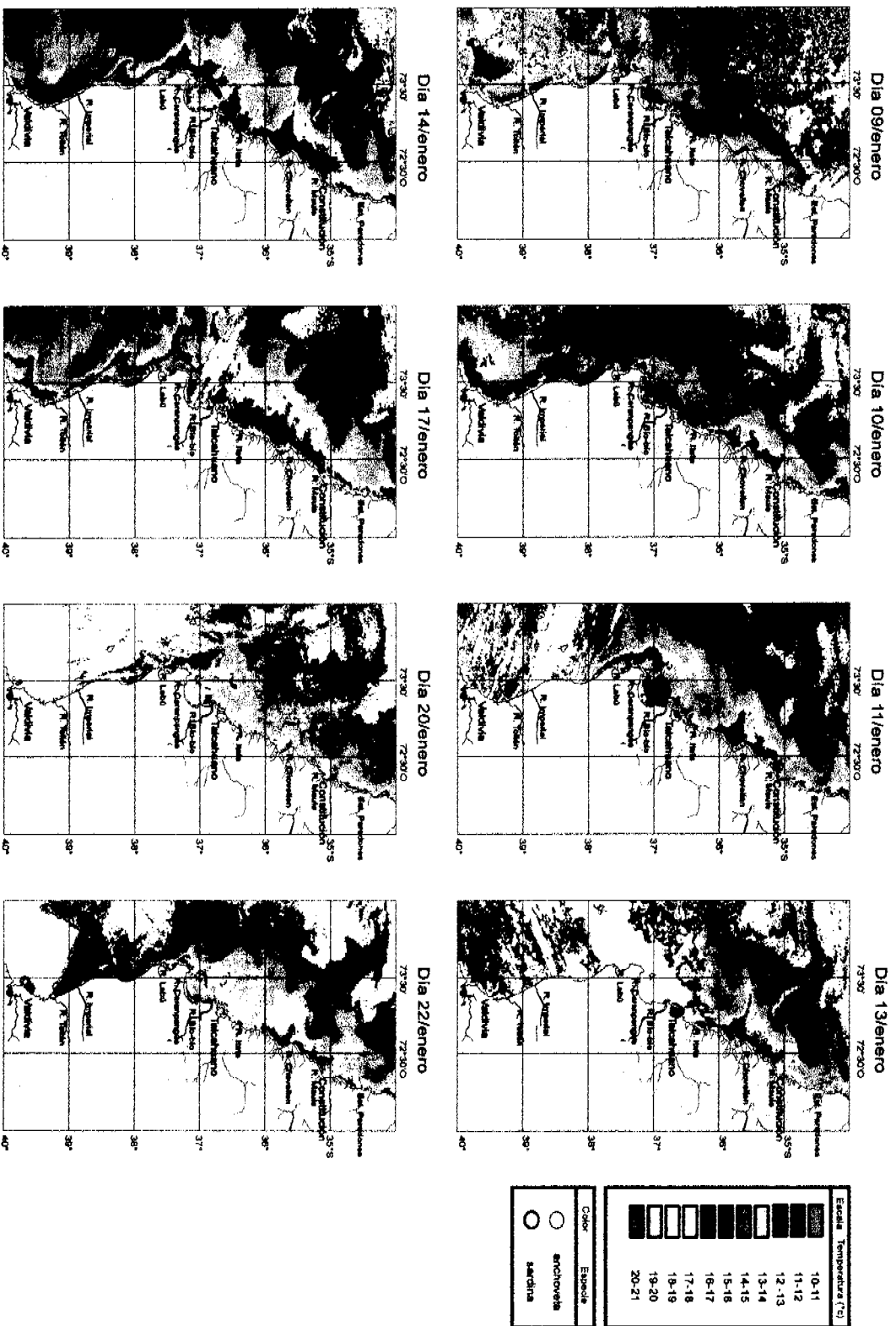


Figura 86. Ejemplos diarios de la distribución espacial y diaria de la TSM registrada por satélites NOAA y de la repartición de las especies.

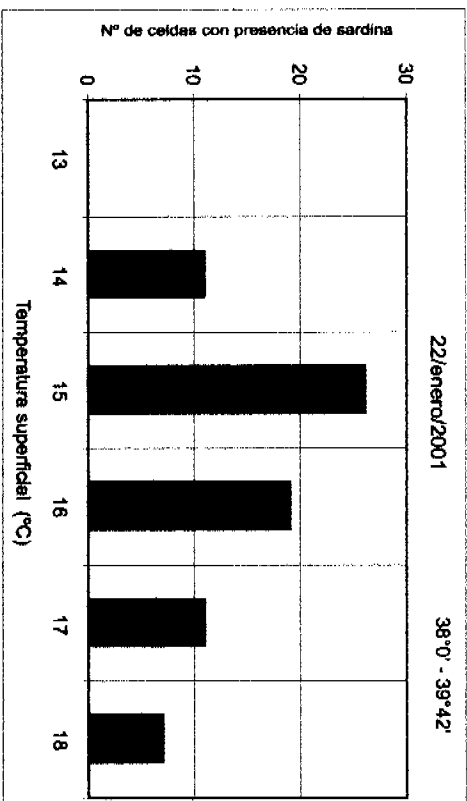
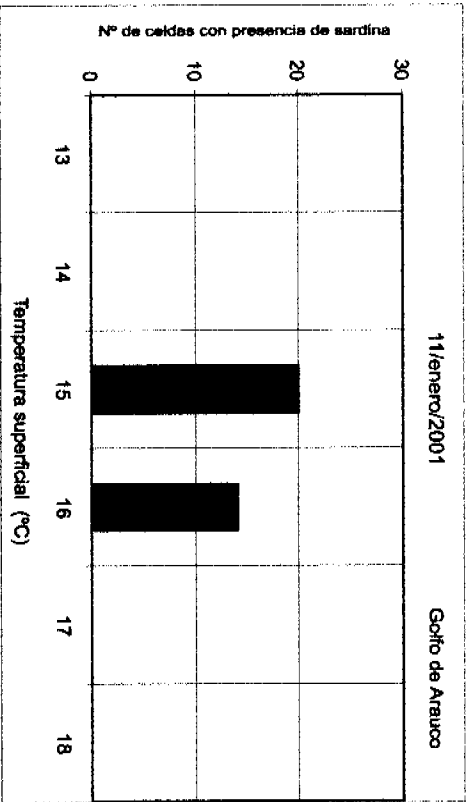
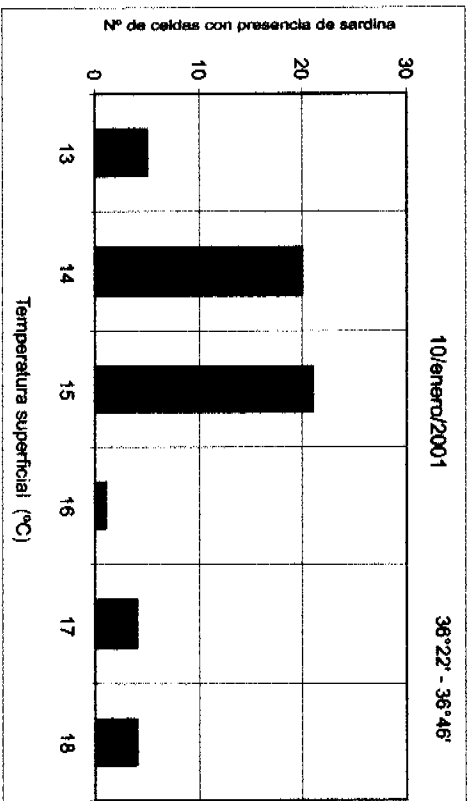
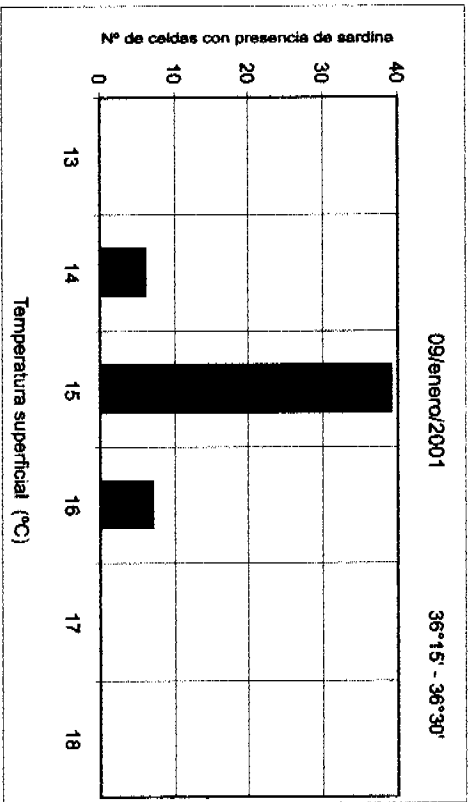


Figura 87. Número de celdas de sardina común respecto de la temperatura registrada por satélites.



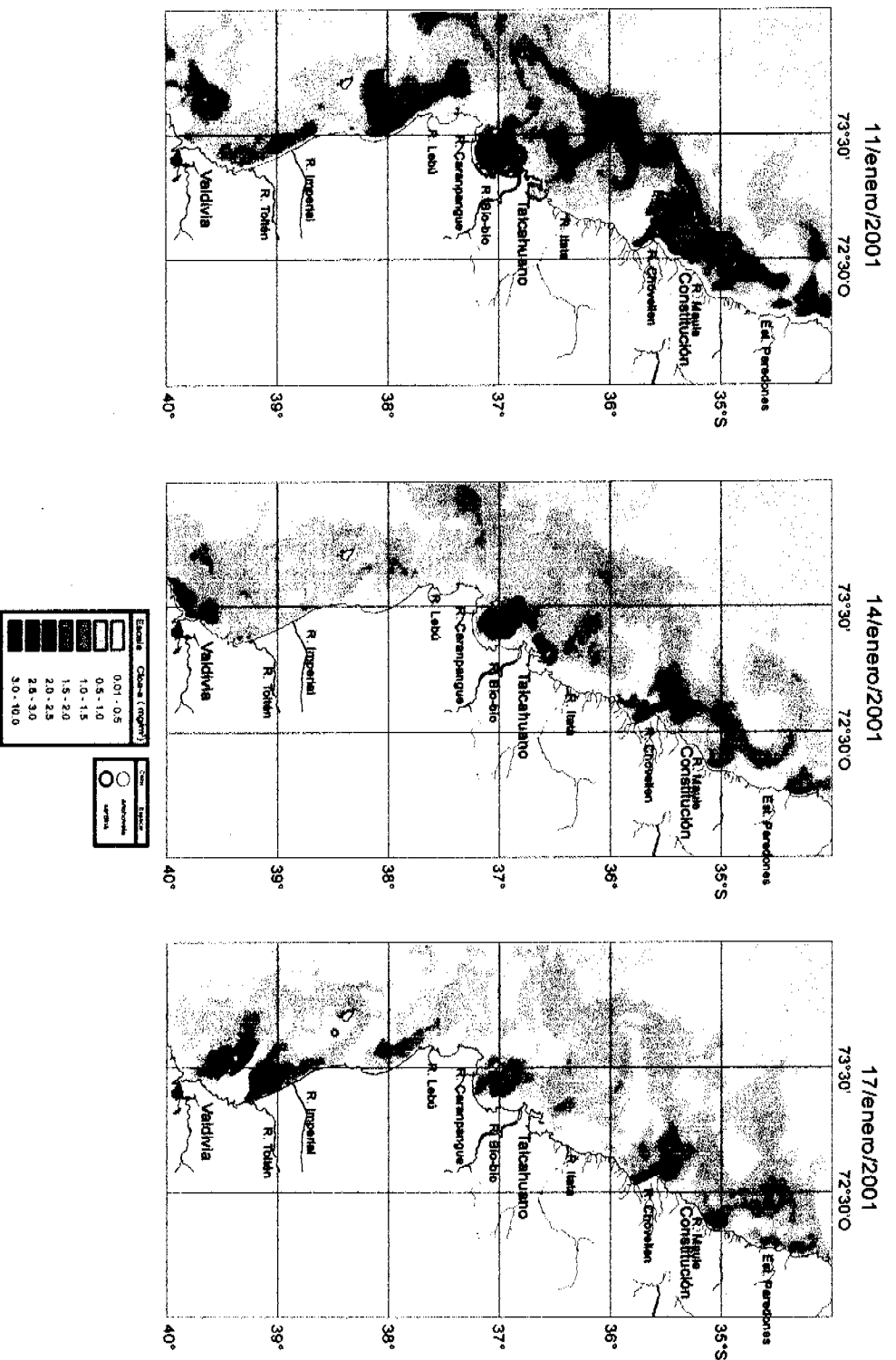


Figura 88. Ejemplos diarios de la distribución espacial y diaria de la clorofila registrada por satélites SeaWiifs y de la repartición de las especies.

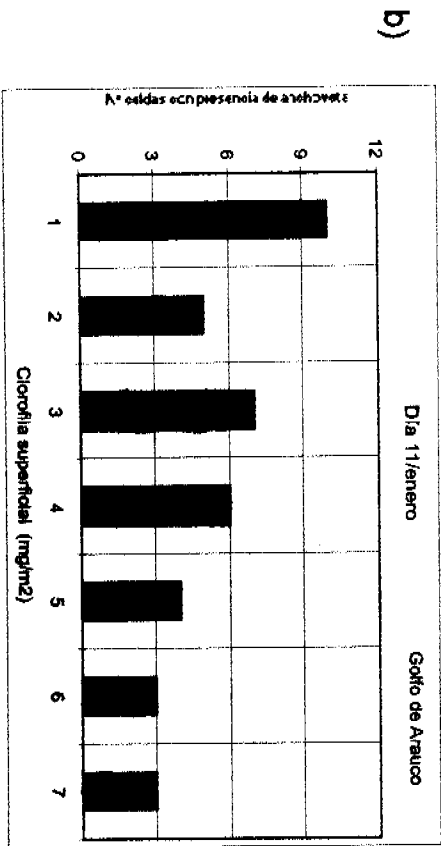
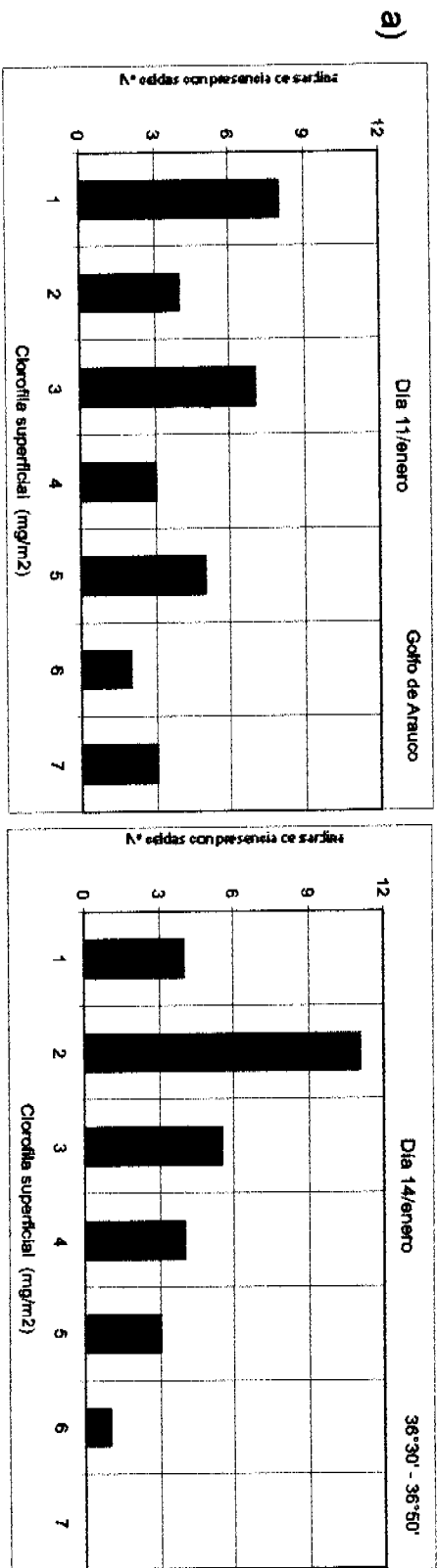


Figura 89. Número de escuelas de las especies respecto de la clorofila registrada por satélites: a) sardina y b) anchoveta.

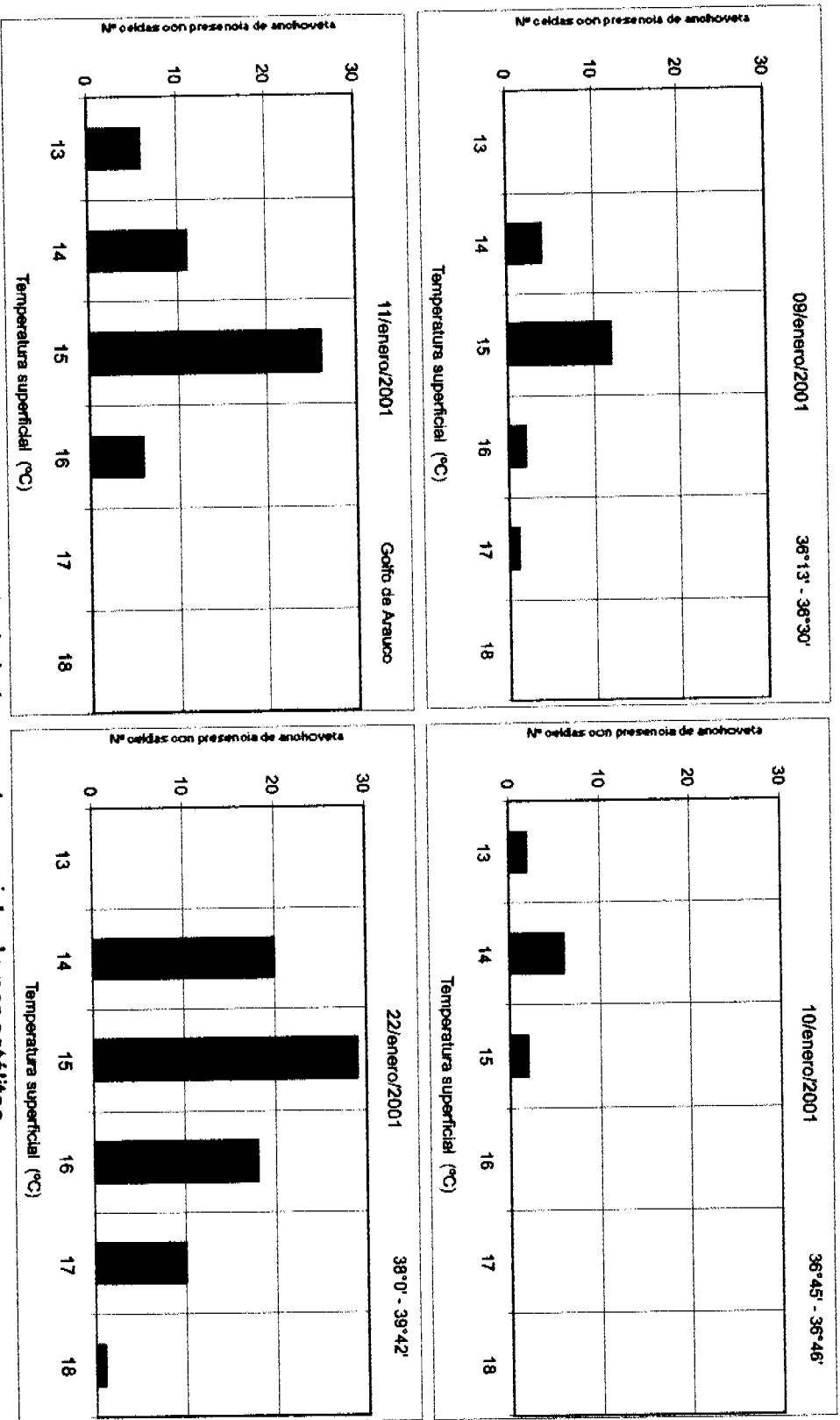


Figura 90. Número de celdas de anchoveta respecto de la temperatura registrada por satélites.

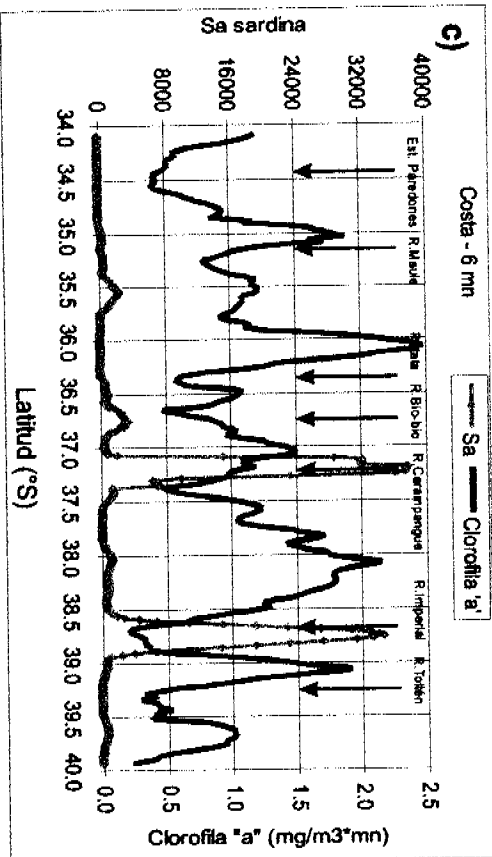
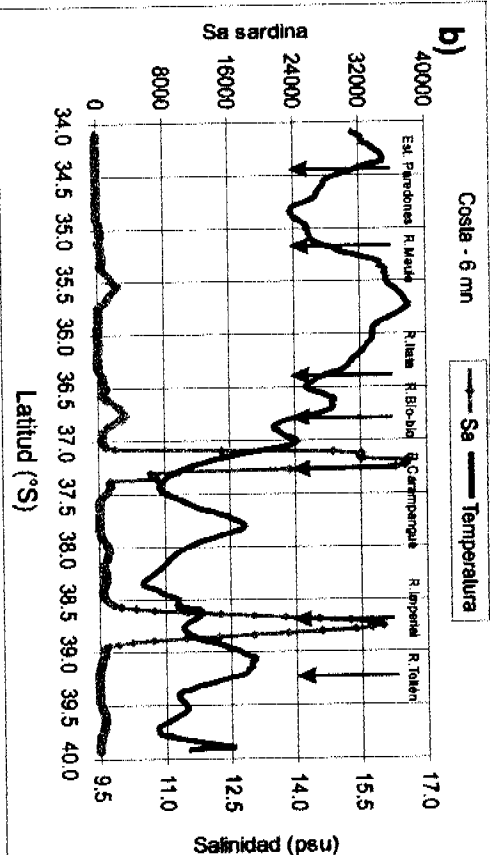
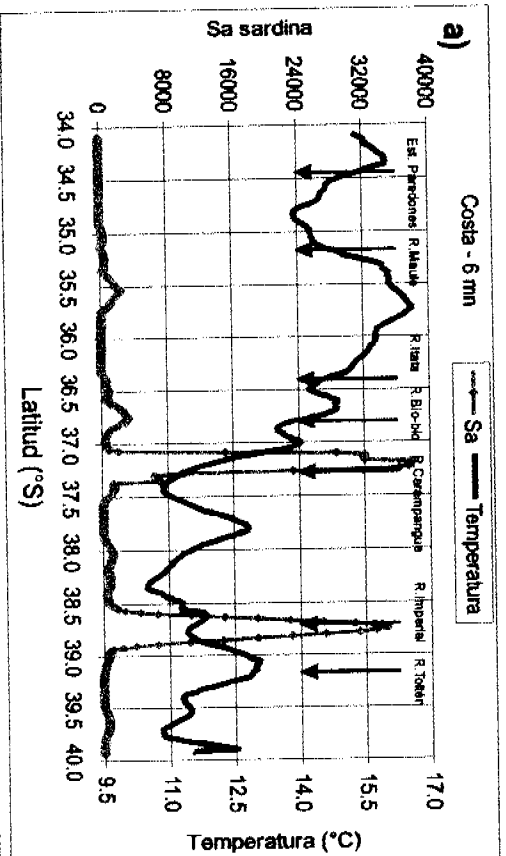


Figura 91. Señal latitudinal de sardina común y su relación con: a) temperatura (°C), b) salinidad y c) clorofila (mg/m<sup>3</sup>).

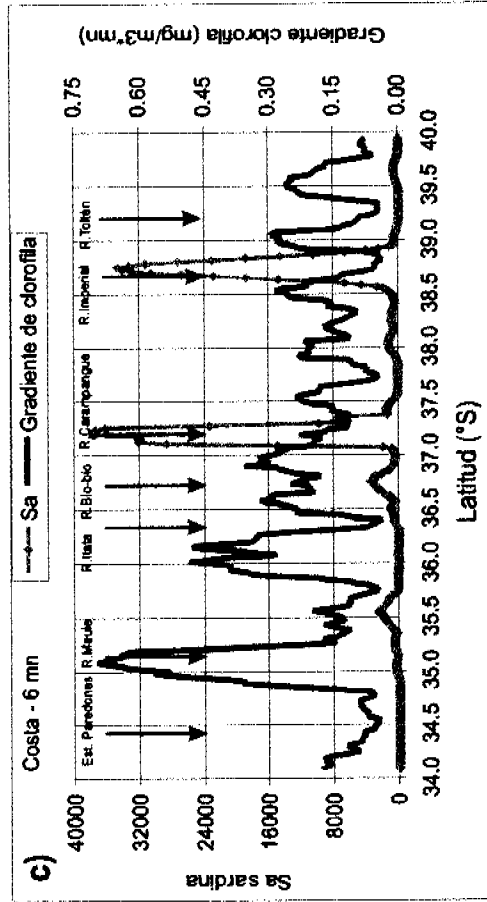
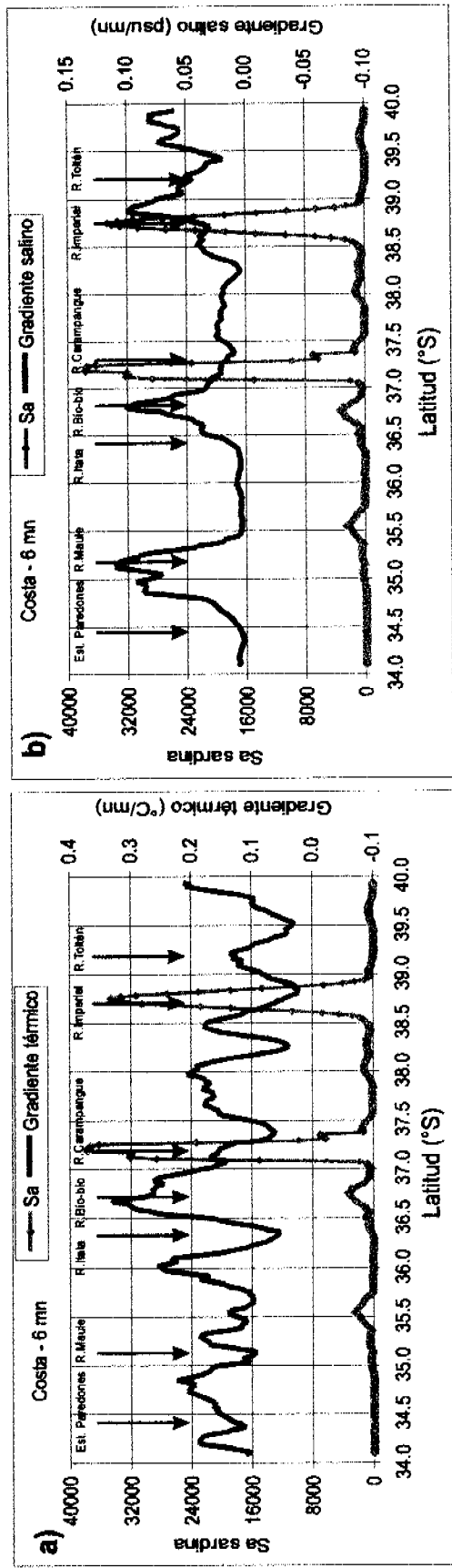


Figura 92. Señal latitudinal de sardina común y su relación con: a) gradiente térmico (°C/mn), b) gradiente salino (psu/mn) y c) gradiente de clorofila (mg/m<sup>3</sup>·mn).

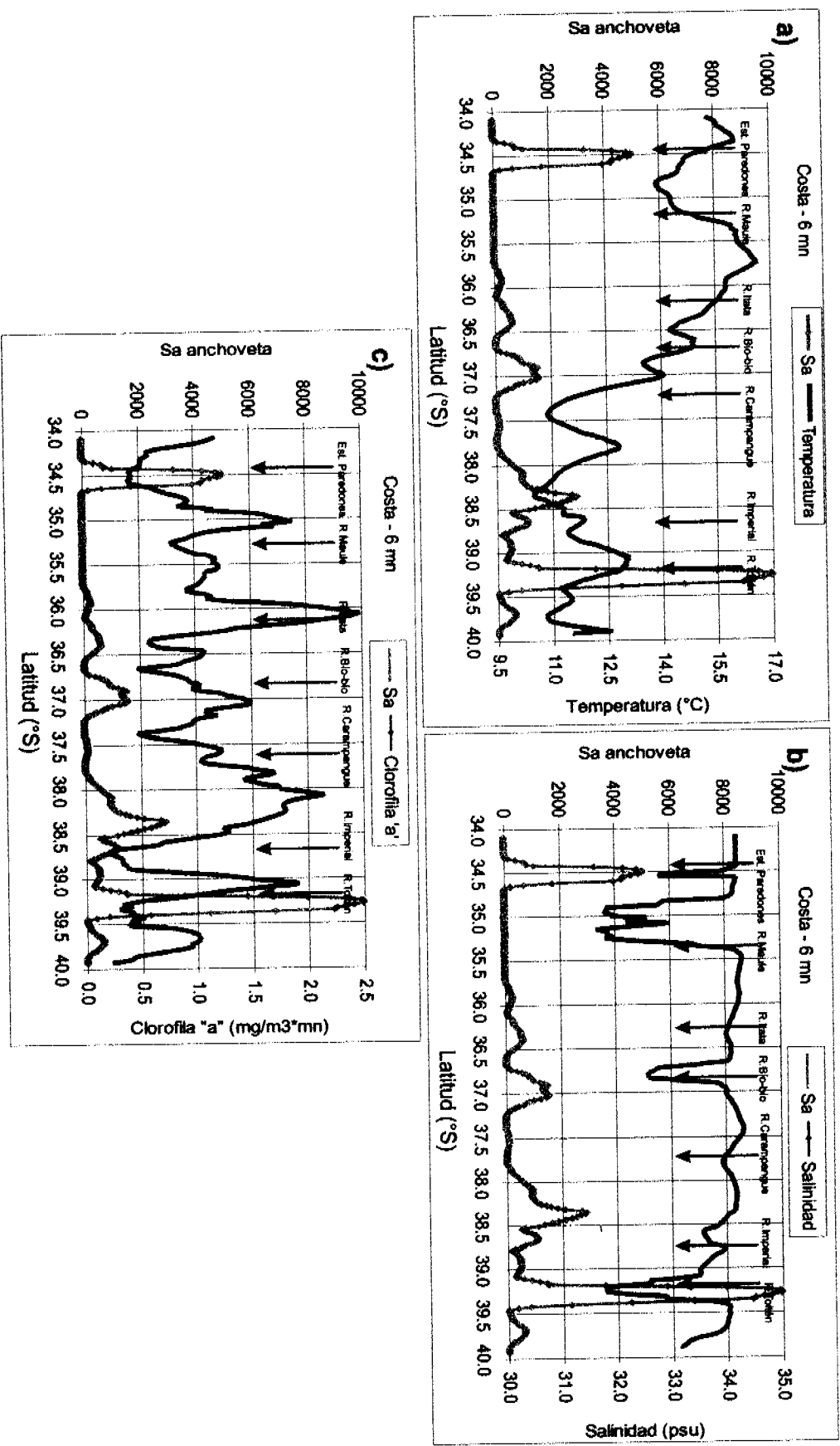
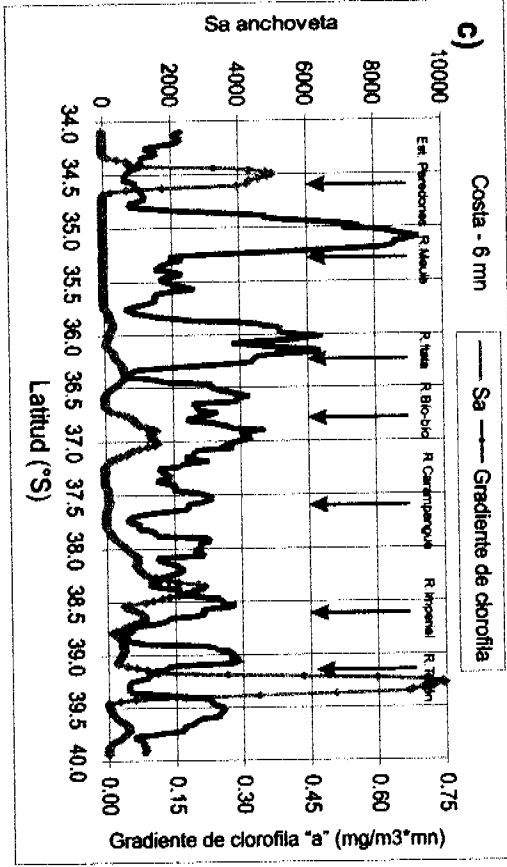
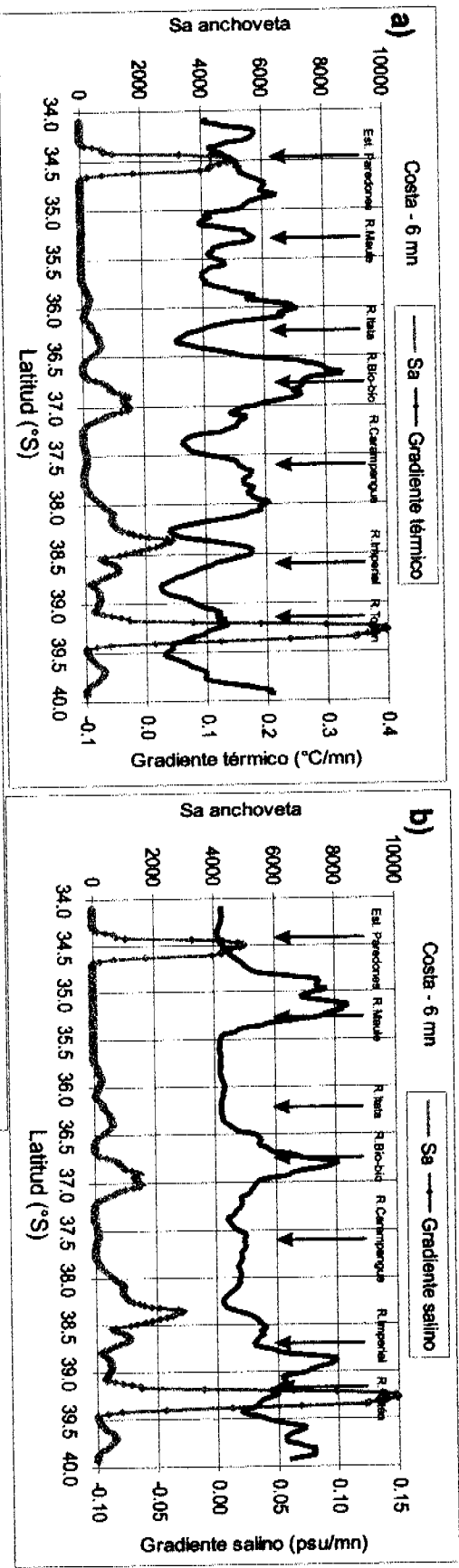
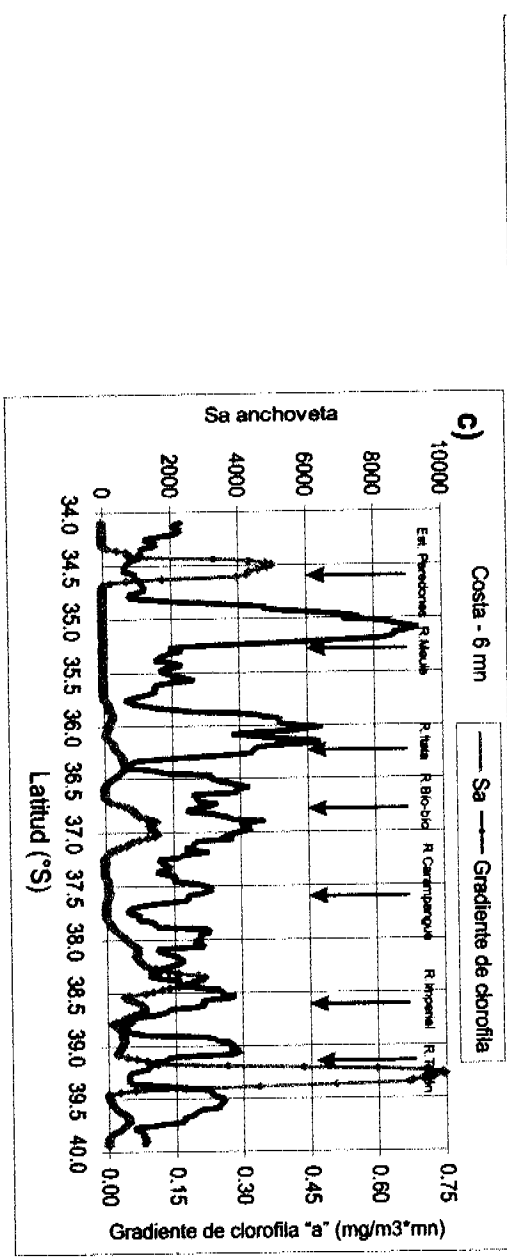


Figura 93. Señal latitudinal de anchoveta y su relación con: a) temperatura (°C), b) salinidad y c) clorofila (mg/m<sup>3</sup>).



**Figura 94.** Señal latitudinal de anchoveta y su relación con: a) gradiente térmico (°C/mn), b) gradiente salino (psu/mn) y c) gradiente de clorofila (mg/m<sup>3</sup>\*mn).



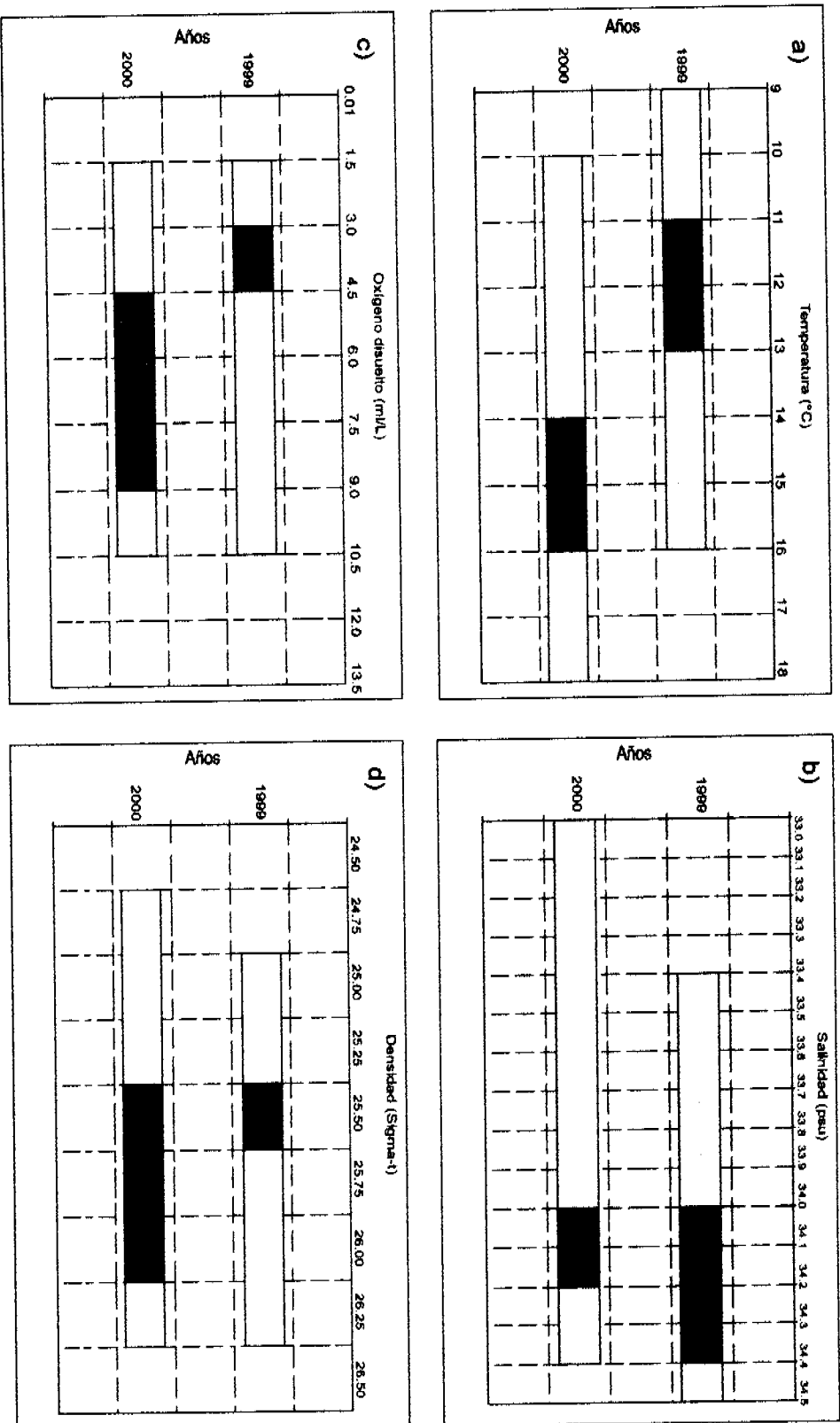


Figura 95. Rango de distribución preferencial de la sardina respecto de: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (m/L) y d) densidad (sigma-t).



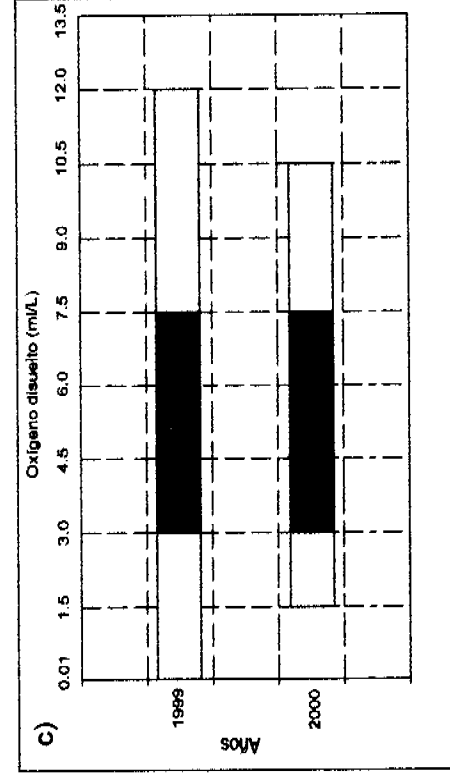
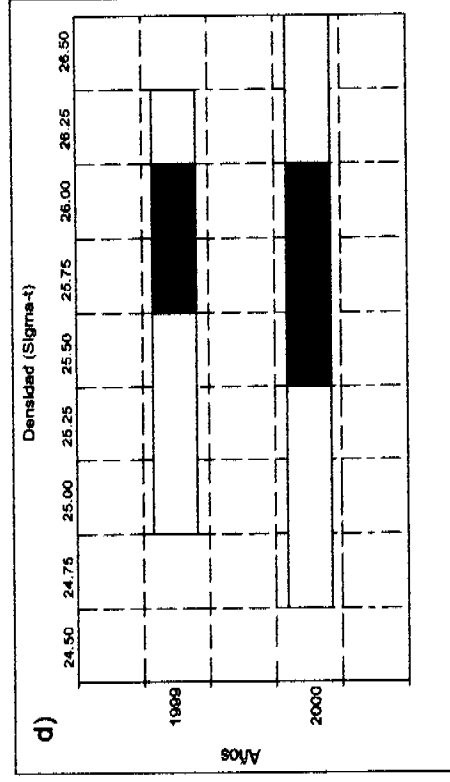
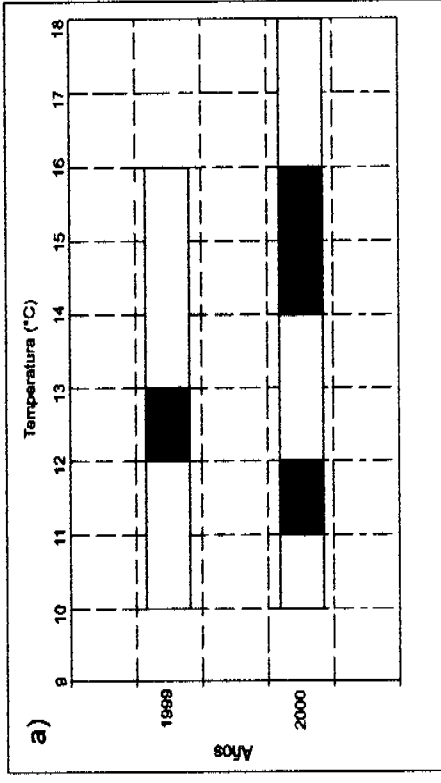
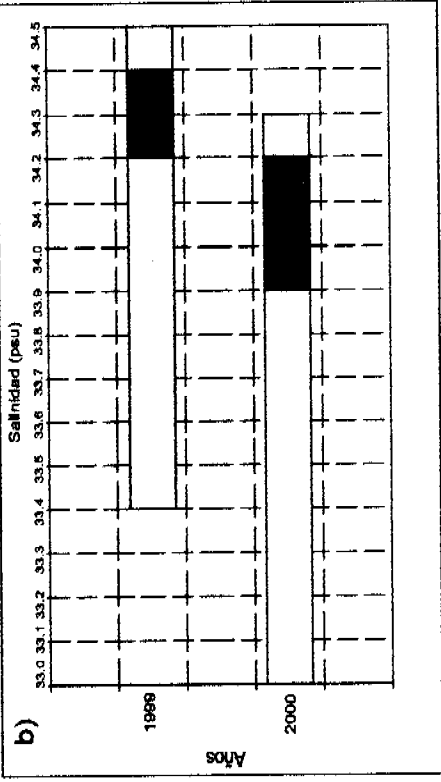


Figura 96. Rango de distribución preferencial de la anchoveta respecto de: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (sigma-t).

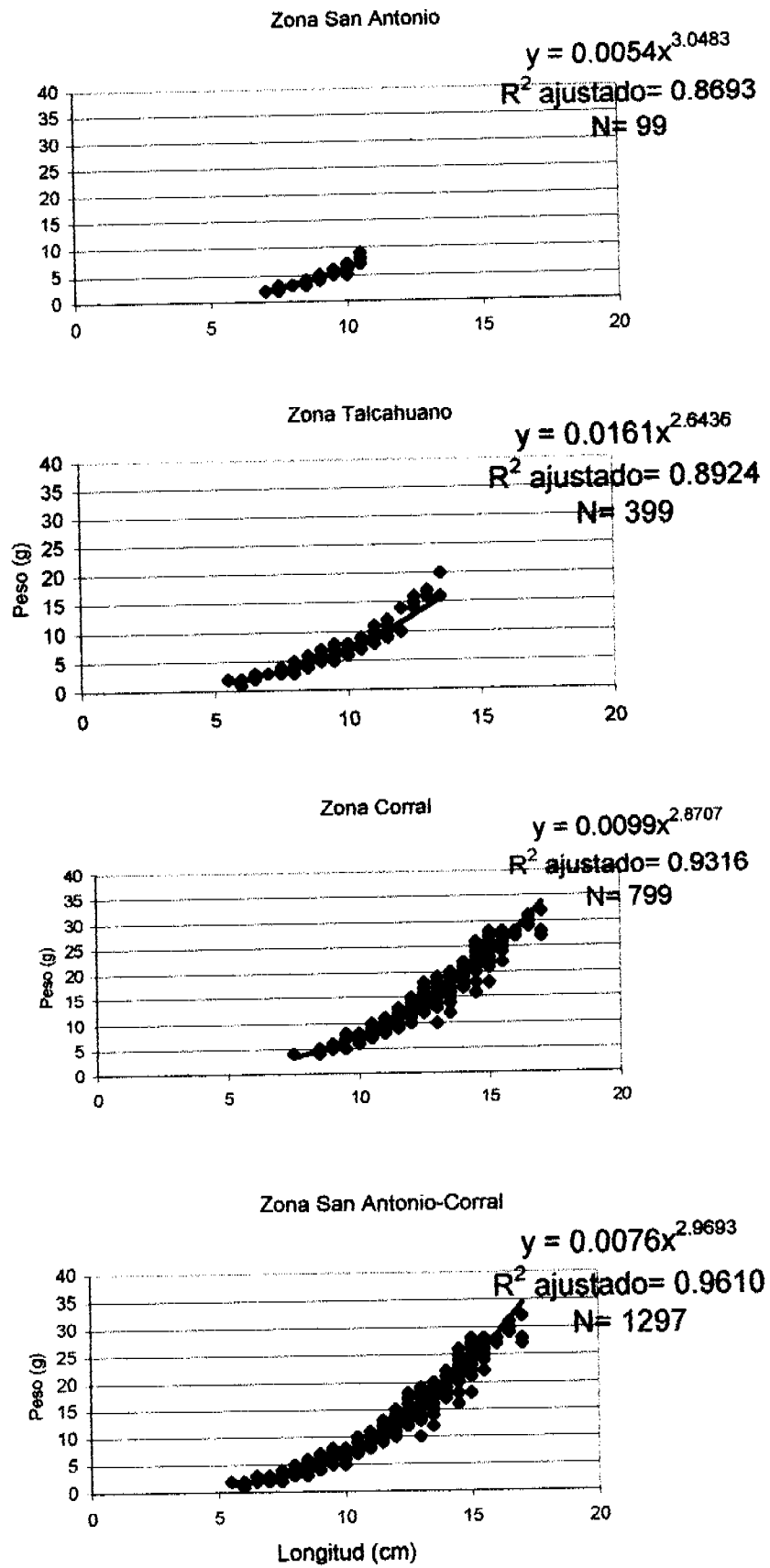


Figura 65 Relaciones longitud-peso de anchoveta, por zona de pesca y total zona de estudio.

**T A B L A S**

**Tabla 1. Categorías por densidad**

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

**Tabla 2. Condiciones atmosféricas registradas durante el crucero de prospección. Se indica el promedio diario de las observaciones y su desviación estándar.**

Fecha	Presión Atmosf. (mb)	Temp. Aire (°C)	Dir Viento (°)	Rap. Viento (m s <sup>-1</sup> )	Alt. Ola (m)
4/01/01	1020,82±0,99	17,47±2,93	177,6±14,8	1,81±0,35	1,00± 0,35
05/01/01	1018,56±1,61	16,23±1,49	190,3±17,5	3,95±0,69	1,29± 0,37
06/01/01	1015,69±1,08	16,22±1,74	195,3±43,6	2,96±1,42	1,00±0,35
07/01/01	1017,70±1,64	16,91±1,22	105,9±124,0	3,04±1,08	1,37±0,85
08/01/01	1020,10±1,90	18,00±2,24	126,6±101,2	2,50±0,58	2,63±0,42
09/01/01	1019,37±3,38	16,21±0,90	224,1±97,6	5,00±1,53	2,54± 0,75
10/01/01	1025,97±1,45	15,42±1,01	186,5±15,5	4,64±1,32	1,94± 0,77
11/01/01	1019,71±1,66	16,58±2,95	187,5±10,8	5,14±1,22	1,52±0,74
12/01/01	1018,34±0,84	16,00±2,14	207,2±27,3	4,02±1,43	0,89±0,39
13/01/01	1019,98±1,15	15,95±1,51	209,4±10,8	4,00±1,00	0,85±0,43
14/01/01	1018,52±1,36	14,75±0,92	195,0±17,1	6,08±0,89	2,21± 0,51
15/01/01	1018,30±1,13	15,31±1,87	184,6±9,3	5,63±1,29	2,35± 0,68
16/01/01	1018,89±0,68	15,16±1,11	166,8±28,0	4,83±1,68	2,25±0,82
17/01/01	1022,18±2,01	15,23±1,69	180,0±11,5	5,62±0,49	3,00±0,00
18/01/01	1026,67±0,67	13,61±1,78	180,0±0	5,58±1,06	2,21±0,67
19/01/01	1021,18±1,89	13,95±1,97	170,6±22,9	4,41±0,96	3,02± 1,86
20/01/01	1019,55±1,34	13,27±1,25	146,3±111,3	1,66±1,58	1,10± 1,00
21/01/01	1020,59±1,53	15,24±2,73	125,2±133,5	2,89±0,99	2,43±0,51
22/01/01	1021,53±0,42	16,67±2,89	153,6±120,2	2,60±0,73	2,35±0,49
23/01/01	1020,72±0,67	15,18±1,26	182,4±43,0	2,75±1,47	1,44±1,03
24/01/01	1019,50±1,16	15,81±1,62	202,5±0	3,87±0,35	—

Tabla 3 Resumen de ocurrencia de ejemplares reclutas y comparación de pesos y tallas promedio para los ejemplares de anchoveta durante el crucero RECLAS0101.

Zona	San Antonio	Talcahuano	Corral	Zona Centro-Sur
Lances totales	13	25	14	52
Lances exitosos	4	12	11	27
% lances exitosos	31	48	79	52
% de reclutas en N°	100	99	45	71
P. Prom. (gr)	2.8	5.2	13.4	8.6
L. Prom. (cm)	6.9	8.5	12.4	12.7
P. prom. Recl (gr)	2.8	4.5	7.6	5.2
L. prom. Recl (cm)	6.9	8.4	11.3	10.8

Tabla 4 Resumen de ocurrencia de ejemplares reclutas y comparación de pesos y tallas promedio para los ejemplares de sardina comun durante el crucero RECLAS0101.

Zona	San Antonio	Talcahuano	Corral	Zona Centro-Sur
Lances totales	13	25	14	52
Lances exitosos	5	14	12	32
% lances exitosos	38.4	56	85.7	62
% de reclutas en N°	100	100	96	93
P. Prom. (gr)	1.7	3.3	5.4	4.9
L. Prom. (cm)	5.7	6.9	8.6	8.4
P. prom. Recl (gr)	1.7	3.3	5.2	4.8
L. prom. Recl (cm)	5.7	6.9	8.4	8.3

Tabla 5 Resumen de operación por lance de pesca en el crucero RECLAS 0101.

LANC	FECHA	HORA		POSICION				PROFUNDIDAD DE ARRASTRE	TSM (°C)	NCHOVETA		CAPTURA (kg)		
		CALADO	VIRADO	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud			SARDINA	TOTAL			
6	06.01.2001	21:13	21:43	36°15'2	72°32'8	36°13'5	72°31'6	5.0	14.5	0.0	0.17	361.0		
7	07.01.2001	08:30	10:12	36°28'2	72°39'5	36°32'0	72°40'8	5	16.4	0.0	3.26	392.0		
8	07.01.2001	16:48	17:48	36°36'0	72°43'6	36°39'8	72°43'4	4	15.5	1.4	0.80	187.0		
9 (a)	08.01.2001	08:45	10:41	36°00'1	72°49'0	36°58'5	72°48'0	2	16.6	41.4	0.0	385.0		
10	08.01.2001	12:26	12:56	36°49'9	72°41'5	36°51'8	72°48'3	0	15.8	16.7	22.7	182.0		
11	09.01.2001	10:47	11:30	36°12'7	72°50'4	36°15'8	72°50'0	0	15.3	289.1	0.0	875.0		
12	09.01.2001	14:10	14:40	36°24'4	72°59'5	36°22'5	72°56'0	0	15.8	0.0	0.29	268.0		
14	09.01.2001	22:39	23:20	36°30'2	73°20'2	36°28'3	73°17'4	0	14.4	7.5	4.5	34.0		
15	10.01.2001	08:00	09:26	36°44'3	73°12'4	36°45'3	73°12'9	0	14.4	0.0	151.0	3875.0		
16	10.01.2001	10:17	10:47	36°43'7	73°13'6	36°45'7	73°13'4	0	14.9	17.7	18.7	36.5		
17	10.01.2001	13:00	13:34	36°37'0	73°11'5	36°39'2	73°11'9	0	14.8	12.0	4.5	18.0		
21	11.01.2001	13:42	15:00	36°55'9	73°27'0	36°53'6	73°26'0	4	15.2	0.53	0.36	287.0		
23	12.01.2001	05:40	06:20	37°05'5	73°23'4	37°03'2	73°21'9	4	14.0	241.0	132.7	375.0		
25	12.01.2001	21:43	22:22	36°56'8	73°19'9	36°57'4	73°13'0	2	14.8	33.0	21.0	106.0		
26	12.01.2001	23:42	00:45	36°55'9	73°23'9	36°54'1	73°22'6	0	14.7	35.9	54.1	121.0		
27	14.01.2001	17:46	18:02	36°35'0	73°08'0	36°34'5	73°08'8	5	12.4	0.0	11.0	30.0		
28	14.01.2001	19:10	19:37	36°34'7	73°07'4	36°33'3	73°05'4	24	16.1	0.0	0.82	187.0		
31	17.01.2001	22:57	23:32	36°50'0	73°32'0	36°51'5	73°33'0	10	13.3	8597.0	246.8	9000.0		
33	20.01.2001	00:16	00:40	36°57'0	73°29'0	36°48'5	73°29'3	6	14.0	3469.0	535.5	4425.0		
34	20.01.2001	01:50	02:08	36°44'9	70°41'3	36°45'9	73°30'9	8	13.1	27052.0	947.8	28000.0		
35	20.01.2001	04:11	04:25	36°37'1	73°33'7	36°38'1	73°33'1	5	12.4	2014.0	526.4	2541.0		
37	21.01.2001	05:46	06:02	36°38'1	73°22'6	36°39'8	73°25'0	4	11.2	0.0	81.0	600.0		
38	21.01.2001	00:22	22:11	36°44'0	73°28'5	36°45'0	73°26'1	4	13.2	23.7	95.7	258.0		
39	21.01.2001	22:56	23:25	36°47'8	73°28'0	36°45'6	73°25'9	5	11.6	51.7	404.0	510.0		
40	22.01.2001	08:16	09:48	36°06'0	73°20'8	36°07'8	73°19'5	0	14.0	5993.0	86.5	6280.0		
41	22.01.2001	15:50	16:28	36°23'3	73°33'7	36°25'8	73°33'0	0	16.3	8503.0	1466.6	10000.0		
42	23.01.2001	00:47	01:17	36°14'8	73°32'6	36°12'8	73°32'5	0	14.6	0.94	2.23	27.3		
43	23.01.2001	07:00	07:30	36°11'5	73°30'1	36°10'4	73°29'9	0	11.9	4.82	6.1	190.0		
44	23.01.2001	08:38	09:02	36°05'0	73°28'8	36°06'2	73°28'7	0	14.6	1750.0	439.8	2190.0		
45	23.01.2001	19:26	19:46	36°58'4	73°36'9	36°57'1	73°36'3	0	12.1	204.0	224.0	572.0		
46	23.01.2001	22:07	22:36	36°48'2	73°27'0	36°46'3	73°26'5	0	13.8	1.86	1.56	373.0		
47	24.01.2001	09:21	10:10	36°19'9	73°01'1	36°16'5	72°59'3	2	12.6	22.2	6.38	243.7		
48	24.01.2001	19:11	19:34	36°58'9	72°48'1	36°57'2	72°48'9	0	13.1	15.0	0.0	40.0		
49	25.01.2001	07:36		36°11'3	72°28'0	36°08'42	72°24'1	0	17.2	0.31	0.48	150.0		
Captura total de lances sin pesca de anchoveta o sardina comun, pero con captura de otras especies de peces										0.0-24.0	11.2-17.2	58418.8	5906.8	48983.0
TOTAL										0.0	11.2	0.31	5906.8	48983.0
min										24.0	17.2	27052.0	1466.6	28000.0
max														



Tabla 7 Pesos promedios (g) de sardina común obtenidos por zona de pesca en el crucero RECLAS0101 y comparación con crucero anterior. Parámetros a y b estimados de la relación ln - lineal.

LONGITUD (cm)	SAN ANTONIO	TALCAHUANO	CORRAL	RECLAS0101 (ln-lineal)	RECLAS0101 (no-lineal)	RECLAS912 (ln-lineal)
a	0.016100	0.048800	0.008900	0.018300	0.009743	0.007270
b	2.625500	2.164500	3.013200	2.656000	2.964364	3.066223
4.5		1.3	1.5	1.0	0.8	0.7
5.0		1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
5.5		2.0	2.0	1.7	1.5	1.4
6.0	1.8	2.4	2.0	2.1	2.0	1.8
6.5	2.2	2.8	2.5	2.6	2.5	2.3
7.0	2.7	3.3	3.1	3.2	3.1	2.8
7.5	3.2	3.8	3.9	3.9	3.8	3.5
8.0	3.8	4.4	4.7	4.6	4.6	4.3
8.5		5.0	5.6	5.4	5.5	5.1
9.0		5.7	6.7	6.3	6.6	6.1
9.5		6.4	7.9	7.2	7.7	7.2
10.0		7.1	9.2	8.3	9.0	8.5
10.5			10.6	9.4	10.4	9.8
11.0			12.2	10.7	11.9	11.3
11.5			14.0	12.0	13.6	13.0
12.0			15.9	13.5	15.4	14.8
12.5			18.0	15.0	17.4	16.8
13.0			20.2	16.6	19.5	18.9
13.5			22.7	18.4	21.8	21.3
14.0			25.3	20.3	24.3	23.8
14.5			28.1	22.2	27.0	26.5
15.0			31.1	24.3	29.9	29.4
15.5			34.4	26.5	32.9	32.5
16.0						
16.5						
17.0						
17.5						
18.0						
18.5						
19.0						
19.5						



Tabla 8a Estimación de parámetros de la relación longitud-peso para anchoveta, por zona de pesca y total de la zona de estudio cruceo RECLAS0101.

Parámetros Modelo ln- lineal	San Antonio	Talcahuano	Corral	Total	
				ln-lineal	Total Modelo no lineal
a=	0.0054	0.0161	0.0099	0.0076	0.009181
b=	3.0483	2.6436	2.8707	2.9693	2.898488
R <sup>2</sup> ajustado	0.8693	0.8924	0.9316	0.9610	0.963900
N	99	399	799	1297	
g.l.	98	398	798	1296	
RSS	0.98	6.35	5.59	16.83	
RDF	98	398	798	1296	
Sum X <sup>2</sup>	0.7045	7.5669	9.2633	47.1602	
Comparación de b	g.l.	tc	t(g.l.; 0.975)	Diferencia	
S. Antonio-Talcahuano	496	2.67	1.96	Rechaza H0	
Talcahuano-Corral	1196	4.65	1.96	Rechaza H0	
S. Antonio-Corral	894	1.68	1.96	Acepta H0	

Tabla 8b: Estimación de parámetros de la relación longitud-peso para sardina común, por zona de pesca y total de la zona de estudio crucero RECLAS0101.

Parámetros Modelo ln- lineal	San Antonio	Talcahuano	Corral	Total ln-lineal	Total Modelo no lineal
	a=	0.0161	0.0488	0.0089	0.0183
b=	2.6255	2.1645	3.0132	2.6560	2.964364
R <sup>2</sup> ajustado	0.6113	0.7778	0.8596	0.8192	0.939000
N	100	399	699	1198	
g.l.	99	398	698	1197	
RSS	1.558	16.196	18.835	44.883	
RDF	99	398	698	1197	
Sum X <sup>2</sup>	380.26	1547.8	3010.307	4938.42	
Comparación de b	g.l.	tc	t(g.l.;0.975)	Diferencia	
S. Antonio-Talcahuano	495	1.44	1.96	Acepta H0	
Talcahuano-Corral	1094	11.82	1.96	Rechaza H0	
S. Antonio-Corral	795	1.42	1.96	Acepta H0	

**Tabla 9a** Resultados test F para anchoveta (San Antonio, Corral, Talcahuano) comparación entre dos regresiones

Zona	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y^2$	SC residual	GL residual	b
San Antonio	0,705	2,148	7,528	0,981	97	3,048
Talcahuano	7,567	20,004	59,233	6,352	397	2,644
Corral	9,263	26,592	81,929	5,589	797	2,871
Regresión pool				12,922	1291	
Regresión Común	17,535	48,744	148,689	13,190	1293	
Regresión total	47,160	140,032	432,632	16,835	1295	

$$k = 3$$

$$F_c = 13,37903$$

$$F_{0.05(1)2,1291} = 3,00$$

**Tabla 9b** Resultados test F para sardina común (San antonio, Corral, Talcahuano)

Zona	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y^2$	SC residual	GL residual	b
San Antonio	0,362	0,949	4,050	1,558	98	2,625
Talcahuano	12,145	26,288	73,096	16,197	397	2,164
Corral	12,725	38,342	134,366	18,835	697	3,013
Regresión pool				36,590	1192	
Regresión Común	25,231	65,579	211,512	41,066	1194	
Regresión total	28,866	76,668	248,512	44,883	1196	

$k = 3$

$F_c = 72,910108$

$F_{0.05(1)2,1192} = 3,00$

**Tabla 10** Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de anchoveta, agrupadas por zona ( $H_0$  = igualdad entre zonas)

	Zonas	X2	Resultados
X2 Crítico	1	227.22	N/A
40	2	287.15	N/A
Num grupos	3	125.38	N/A
5	4	288.21	N/A
Num categorías	GA	167.11	N/A
27	% de aprobación		0.00%

**Tabla 11** Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de sardina, agrupadas por zona ( $H_0$  = igualdad entre zonas)

	Zonas	X2	Resultados
X2 Crítico	1	313.13	N/A
31	2	135.88	N/A
Num grupos	3	156.93	N/A
4	GA	49.73	N/A
Num categorías			
20	% de aprobación		0.00%

**Tabla 12** Chi-cuadrados resultante del test Décima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de anchoveta, agrupadas por lance para cada subzona.

Zona 1				Zona 2			
	Lances	X2	Resultados		Lances	X2	Resultados
X2 Crítico	8	33.04	N/A	X2 Crítico	9a	92.37	N/A
18	49	10.19	A	27	10	6.73	A
Num grupos				Num grupos	16	21.34	A
2				6	17	10.85	A
Num categorías				Num categorías	47	74.96	N/A
10				17	48	10.45	A
	% de aprobación		50.00%		% de aprobación		66.67%
Zona 3				Zona 4			
	Lances	X2	Resultados		Lances	X2	Resultados
X2 Crítico	44	0	A	X2 Crítico	31	11.86	A
24				28	33	14.66	A
Num grupos				Num grupos	35	6.88	A
1				5	40	2.44	A
Num categorías				Num categorías	41	8.32	A
15				18			
	% de aprobación		100.00%		% de aprobación		100.00%
<b>Golfo de Arauco</b>							
	Lances	X2	Resultados				
X2 Crítico	23	100.75	N/A				
26	25	6.81	A				
Num grupos	26	3.44	A				
4	45	11.24	A				
Num categorías							
16							
	% de aprobación		75.00%				

A = Aprobada  
N/A = No Aprobada

**Tabla 13** Chi-cuadrados resultante del test Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) para las estructuras de talla de sardina, agrupadas por lance para cada zona

Sub zona 1				Subzona 2			
	Lances	X2	Resultados		Lances	X2	Resultados
X2 Crítico	6	0.54	A	X2 Crítico	10	41.79	N/A
16	7	51.19	N/A	23	14	1.07	A
Num grupos	8	0.1	A	Num grupos	16	69.08	N/A
3				6	17	22.66	A
Num categorías				Num categorías	27	14.13	A
9	% de aprobación		66.67%	14	47	12.08	A
				% de aprobación 66.67%			
Subzona 3				Golfo de Arauco			
	Lances	X2	Resultados		Lances	X2	Resultados
X2 Crítico	31	8.15	A	X2 Crítico	23	12.52	A
24	33	32.23	N/A	22	26	2.19	A
Num grupos	34	9.3	A	Num grupos	45	55.88	N/A
7	35	4.85	A	3			
Num categorías	39	27.16	N/A	Num categorías			
15	41	20.82	A	13	% de aprobación		66.67%
	44	16.77	A				
% de aprobación 71.43%							

**Tabla 14.** Resultados de la calibración del sistema de ecointegración. Crucero RECLAS 0101.

FRECUENCIA	GANANCIA TRANSDUCTOR (TS)			GANANCIA TRANSDUCTOR (Sv)		
	PULSO CORTO	PULSO MEDIO	PULSO LARGO	PULSO CORTO	PULSO MEDIO	PULSO LARGO
38 Khz	26.47	27.64	27.40	26.82	27.43	27.09
120 Khz	24.01	24.24	23.80	24.55	24.13	23.71

**Tabla 15.** 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	
13.01.00	Valparaíso	26.82	27.43	29.09	26.47	27.64	27.40



**Tabla 16** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de anchoveta, según el método de Hansen y Kish. Cuicero RECLAS 0101.

Talla	ABUNDANCIA (Millones de ejemplares)						BIOMASA (t)					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Golfo Arauco	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Golfo Arauco	Total
3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.5	7116.22	14.25	0.00	0.00	0.00	7130.47	4705.94	9.43	0.00	0.00	0.00	4715.37
5.0	21497.87	76.26	0.00	0.00	0.00	21575.67	19438.41	68.95	0.00	0.00	0.00	19508.75
5.5	5517.20	\$39.85	0.00	0.00	0.00	6059.17	6620.51	647.81	0.00	0.00	0.00	7270.96
6.0	5166.97	1000.94	0.00	0.00	0.00	6204.78	8028.13	1555.20	0.00	0.00	0.00	9640.61
6.5	1844.58	887.96	0.00	0.00	0.00	2853.95	3634.92	1749.81	0.00	0.00	0.00	5623.98
7.0	785.23	717.50	0.00	0.00	0.00	1581.85	1879.12	1761.93	0.00	0.00	0.00	3894.44
7.5	313.69	515.61	0.00	0.00	0.00	1079.79	945.45	1554.00	0.00	0.00	0.00	3254.41
8.0	34.46	518.05	212.04	0.00	0.00	1792.28	125.81	1891.18	0.00	0.00	0.00	3793.87
8.5	0.00	848.51	751.94	0.00	0.00	1420.39	0.00	2834.33	0.00	0.00	0.00	7099.13
9.0	27.23	550.03	295.11	48.08	0.00	1370.75	141.03	1528.35	249.03	2332.14	8637.27	
9.5	0.00	231.78	416.04	113.46	659.12	1420.39	0.00	502.15	1126.02	4008.73	8514.85	
10.0	22.06	58.17	70.91	159.01	882.28	1202.44	155.19	482.76	3604.82	6247.73	13925.17	
10.5	0.00	21.97	156.86	440.41	1082.02	3057.25	0.00	53.96	178.80	16696.59	28731.11	
11.0	0.00	5.74	478.08	775.48	1797.95	3856.93	0.00	7.65	131.31	15094.96	42432.84	
11.5	0.00	12.25	718.89	1407.63	1818.17	2849.19	0.00	10.65	7709.12	18497.43	34659.51	
12.0	0.00	0.63	1107.98	1280.05	460.53	2849.19	0.00	10738.84	27085.25	5603.87	40592.37	
12.5	0.00	0.77	761.79	1971.81	200.76	2951.13	0.00	5271.47	40553.80	2757.64	45984.26	
13.0	0.00	0.00	341.57	2627.76	2.53	2971.86	0.00	2249.88	37255.90	39.00	39505.78	
13.5	0.00	0.00	130.33	2158.15	0.00	2288.48	0.00	332.89	27430.34	0.00	27763.22	
14.0	0.00	0.00	17.31	1426.33	0.00	1443.64	0.00	0.00	25528.31	314.14	25842.45	
14.5	0.00	0.00	0.00	1196.08	14.72	1210.79	0.00	0.00	13580.46	0.00	13936.37	
15.0	0.00	0.00	15.08	575.35	0.00	590.43	0.00	355.91	6415.16	0.00	6415.16	
15.5	0.00	0.00	0.00	246.57	0.00	246.57	0.00	0.00	1283.19	0.00	1283.19	
16.0	0.00	0.00	0.00	44.88	0.00	44.88	0.00	0.00	666.34	0.00	666.34	
16.5	0.00	0.00	0.00	21.27	0.00	21.27	0.00	402.92	193.13	0.00	596.05	
17.0	0.00	0.00	11.77	5.64	0.00	17.41	0.00	0.00	102.07	0.00	102.07	
17.5	0.00	0.00	0.00	2.52	0.00	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Total</b>	<b>42305.52</b>	<b>5810.27</b>	<b>5505.80</b>	<b>14500.48</b>	<b>8546.56</b>	<b>76668.42</b>	<b>45675.51</b>	<b>17196.77</b>	<b>54940.33</b>	<b>223722.34</b>	<b>70567.75</b>	<b>412102.70</b>
<12 cm	42305.52	5809.49	4207.74	4224.12	8328.56	64875.43	45675.51	17196.12	35588.43	43528.39	67456.97	209535.43
<12 cm(%)	100	99.99	76.43	29.13	97.45	84.62	100	99.94	64.78	19.50	95.97	50.85

Tabla 17 Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de anchoveta por subzona, según el método Bootstrap. Crucero RECLAS 0101.

Talla	ABUNDANCIA (millones de ejemplares)				Golfo Arauco	Total	BIOMASA (t)				Total	
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4			Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4		Golfo Arauco
3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4.5	7794.22	14.26	0.00	0.00	0.00	7808.48	5154.31	9.43	0.00	0.00	5163.74	
5.0	23546.11	76.28	0.00	0.00	0.00	23623.79	21280.43	68.97	0.00	0.00	21380.67	
5.5	6042.86	539.98	0.00	0.00	1.94	6584.77	7251.28	8793.02	0.00	0.00	7901.57	
6.0	5658.26	1001.18	0.00	0.00	33.69	6694.14	3981.24	1555.57	0.00	0.00	10400.94	
6.5	2020.32	888.17	0.00	0.00	110.96	3019.45	2058.16	1762.35	0.00	0.00	5950.12	
7.0	838.14	717.68	0.00	0.00	90.58	1646.39	1750.23	1554.38	0.00	0.00	4042.94	
7.5	343.58	515.73	0.00	0.00	228.92	1088.23	1035.53	1891.64	0.00	0.00	3279.86	
8.0	37.75	518.18	226.95	0.00	251.05	1033.92	137.80	2835.01	828.50	0.00	3774.38	
8.5	0.00	648.66	804.70	0.00	358.19	1811.55	0.00	2835.01	3516.98	0.00	1565.47	
9.0	29.82	550.16	315.85	60.49	411.53	1357.86	154.46	2849.27	1635.81	261.48	2131.32	
9.5	24.16	231.83	445.29	119.13	602.36	1398.62	0.00	1409.76	2707.75	724.44	3662.91	
10.0	0.00	68.19	75.90	168.96	806.31	1141.52	171.07	482.87	537.46	1182.33	5709.74	
10.5	0.00	21.97	187.89	482.43	988.85	1641.14	0.00	179.84	1374.24	3785.07	8093.95	
11.0	0.00	5.74	511.70	814.25	1643.13	2974.83	0.00	53.97	4808.76	7652.10	15441.64	
11.5	0.00	12.25	769.43	1478.02	1861.61	3921.30	0.00	131.34	8251.18	15649.76	17818.53	
12.0	0.00	0.63	1185.88	1344.06	420.88	2951.44	0.00	7.65	14430.04	18354.73	42050.79	
12.5	0.00	0.78	836.76	2070.40	183.47	3091.40	0.00	10.65	11493.90	28439.58	35913.75	
13.0	0.00	0.00	365.59	2759.16	2.31	3127.06	0.00	0.00	5842.11	42581.59	2520.18	
13.5	0.00	0.00	139.49	2286.06	0.00	2405.56	0.00	0.00	39118.79	35.64	48259.34	
14.0	0.00	0.00	18.53	1497.65	0.00	1516.18	0.00	0.00	2408.07	28801.92	0.00	
14.5	0.00	0.00	0.00	1255.88	13.45	1269.33	0.00	0.00	356.30	26804.79	29158.22	
15.0	0.00	0.00	16.14	604.12	0.00	620.26	0.00	0.00	380.94	14259.52	0.00	
15.5	0.00	0.00	0.00	258.90	0.00	258.90	0.00	0.00	0.00	6735.93	0.00	
16.0	0.00	0.00	0.00	47.13	0.00	47.13	0.00	0.00	0.00	1347.35	0.00	
16.5	0.00	0.00	0.00	22.34	0.00	22.34	0.00	0.00	431.25	699.66	0.00	
17.0	0.00	0.00	12.60	5.92	0.00	18.52	0.00	0.00	0.00	202.79	0.00	
17.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	107.17	0.00	
18.0	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total	46336.22	5811.66	5892.70	15225.54	7810.63	81076.75	50027.29	17200.89	58803.27	234890.01	64491.24	425431.71
< 12 cm	46336.22	5810.88	4503.60	4436.34	7611.40	68697.44	50027.29	17190.24	38090.71	45809.92	61648.33	212756.49
% < 12 cm	1	1.000	0.764	0.291	0.974	0.847	1.000	0.999	0.648	0.195	0.956	0.500

**Tabla 18** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de anchoveta por subzona, según el método de las variables regionalizadas. Crucero RECLAS 0101.

Talla	Abundancia (Millones de ejemplares)						Biomasa (t)					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Golfo Arauco	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Golfo Arauco	Total
3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.5	9042.10	28.36	0.00	0.00	0.00	9070.46	5979.53	18.76	0.00	0.00	0.00	5998.28
5.0	27315.90	151.74	0.00	0.00	0.20	27467.84	24699.08	137.20	0.00	0.00	0.18	24836.47
5.5	7010.33	1074.20	0.00	0.00	0.28	8084.81	8412.23	1289.02	0.00	0.00	0.34	9701.58
6.0	6565.32	1991.69	0.00	0.00	4.87	8561.89	10200.80	3094.96	0.00	0.00	7.57	13302.94
6.5	2343.79	1796.88	0.00	0.00	16.05	4126.71	4618.64	3481.80	0.00	0.00	31.63	8132.07
7.0	972.33	1427.70	0.00	0.00	13.10	2413.13	2387.68	3505.91	0.00	0.00	32.18	5825.76
7.5	398.59	1025.96	0.00	0.00	33.12	1457.67	1201.32	3092.18	0.00	0.00	99.81	4393.31
8.0	43.79	1030.83	122.14	0.00	36.32	1775.29	159.86	5639.80	0.00	0.00	132.58	4501.41
8.5	0.00	1290.41	433.06	0.00	51.82	1926.83	179.19	1882.73	0.00	0.00	226.46	7759.00
9.0	34.60	1094.45	169.98	68.26	59.53	1426.83	0.00	880.34	353.51	308.32	7389.54	
9.5	0.00	461.20	239.64	161.06	87.14	949.04	196.46	2804.49	979.41	529.88	5771.01	
10.0	28.03	135.65	40.85	225.73	143.05	546.90	0.00	289.25	1598.46	825.98	3872.74	
10.5	0.00	43.71	90.35	625.18	237.70	902.29	0.00	739.57	5117.26	1170.89	7385.49	
11.0	0.00	24.37	275.38	1100.84	240.37	2877.04	0.00	107.37	357.77	2233.82	15274.43	
11.5	0.00	1.25	414.08	1898.21	60.89	2517.44	0.00	15.22	2587.92	2577.67	28707.68	
12.0	0.00	1.54	638.20	1817.11	26.54	3277.50	0.00	261.29	4440.51	740.86	39832.78	
12.5	0.00	0.00	450.32	2799.10	0.33	3138.69	0.00	0.00	1296.95	38449.11	364.58	45020.52
13.0	0.00	0.00	196.75	3730.26	0.00	3927.35	0.00	0.00	3036.41	57568.51	5.16	60610.07
13.5	0.00	0.00	75.07	3063.62	0.00	3139.69	0.00	0.00	1296.95	52868.94	0.00	54182.89
14.0	0.00	0.00	9.87	2024.76	0.00	2034.73	0.00	0.00	191.75	38938.98	0.00	39130.72
14.5	0.00	0.00	0.00	1697.90	1.95	1699.85	0.00	0.00	205.01	36238.95	41.53	36280.48
15.0	0.00	0.00	8.69	816.75	0.00	825.43	0.00	0.00	0.00	19278.27	0.00	19483.27
15.5	0.00	0.00	0.00	350.02	0.00	350.02	0.00	0.00	0.00	9106.69	0.00	9106.69
16.0	0.00	0.00	0.00	63.71	0.00	63.71	0.00	0.00	1821.57	1821.57	0.00	1821.57
16.5	0.00	0.00	0.00	30.20	0.00	30.20	0.00	0.00	945.91	945.91	0.00	945.91
17.0	0.00	0.00	6.78	8.01	0.00	14.79	0.00	232.09	274.16	0.00	506.25	
17.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.89	0.00	144.89	
18.0	0.00	0.00	0.00	3.57	0.00	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total	53754.77	11561.37	3171.27	20584.29	1128.90	90201.59	58036.79	34218.42	31646.06	317587.05	9329.45	450817.77
<12 cm	53754.77	11559.83	2423.69	5996.39	1101.08	74835.76	58036.79	34187.24	20499.21	61933.08	8918.18	183584.50
% < 12 cm	1	1.000	0.764	0.291	0.974	0.830	1.000	0.999	0.648	0.195	0.956	0.407

**Tabla 19** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa de sardina por talla, según el método de HANSEN Y KISH, Crucero RECLAS 0101.

Talla	ABUNDANCIA (millones de ejemplares)						BIOMASA (t)					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Golfo Arauco	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Golfo Arauco	Total		
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3.5	0	666.83	0	0	666.83	0	340.03	0	0	340.03		
4.0	2366.39	2341.83	0	0	4698.22	0	1702.46	0	0	3415.51		
4.5	20342.90	1930.80	0	0	23458.68	20220.71	1919.20	0	0	2317.79		
5.0	8652.98	3640.08	0	1184.995911	14863.95	11378.40	4786.59	0	1177.878184	18545.63		
5.5	4280.52	2268.04	0	2570.90	10205.91	7250.21	3841.54	0	3380.65	17285.47		
6.0	1857.07	4288.22	0	3657.35	9534.96	3963.23	9151.62	0	5284.12	20348.64		
6.5	919.18	9193.89	913.66	2476.01	15007.46	2426.33	24268.79	1949.87	5629.71	36614.66		
7.0	327.96	9408.77	2761.66	2132.74	18341.08	1054.01	30238.79	7289.85	10974.24	58946.28		
7.5	254.55	6561.74	5189.73	3414.63	18341.08	982.64	25329.86	41668.76	17979.63	85960.98		
8.0	141.84	2594.82	10794.36	4142.44	22288.30	649.00	11843.73	79784.48	18980.80	111258.02		
8.5	35.64	847.71	17412.47	2627.19	19731.33	191.86	4562.84	87309.13	6699.19	106204.81		
9.0	0	208.55	7036.76	1053.35	8298.66	0	1306.56	44085.12	14140.96	51990.67		
9.5	0	8.78	1900.37	393.10	2302.25	0	63.56	13744.28	2843.05	16650.89		
10.0	0	20.48	435.44	225.10	681.02	0	189.70	3608.96	1865.65	5644.32		
10.5	0	0	194.26	42.35	236.61	0	0	1832.75	399.57	2232.31		
11.0	0	0	0	2.71	2.71	0	0	0	28.89	28.89		
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12.0	0	0	102.71	0	102.71	0	0	1381.49	0	1381.49		
12.5	0	0	28.29	0	28.29	0	0	394.19	0	394.19		
13.0	0	0	42.22	0	42.22	0	0	702.43	0	702.43		
13.5	0	0	39.22	0	39.22	0	0	721.24	0	721.24		
14.0	0	0	79.42	0	79.42	0	0	1608.70	0	1608.70		
14.5	0	0	5.95	0	5.95	0	0	132.37	0	132.37		
15.0	0	0	1.83	0	1.83	0	0	44.45	0	44.45		
15.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16.0	0	0	1.64	0	1.64	0	0	47.41	0	47.41		
16.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>TOTAL</b>	<b>39168.8</b>	<b>43970.5</b>	<b>63158.8</b>	<b>28580.5</b>	<b>174878.6</b>	<b>49829.4</b>	<b>119525.3</b>	<b>302984.7</b>	<b>95479.1</b>	<b>567818.5</b>		
<b>&lt;11.5</b>	<b>39168.83</b>	<b>43970.54</b>	<b>62869.48</b>	<b>28580.50</b>	<b>174579.36</b>	<b>49829.44</b>	<b>119525.27</b>	<b>287962.45</b>	<b>95479.07</b>	<b>562786.22</b>		
<b>&lt;11.5 (%)</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>99.5</b>	<b>100.0</b>	<b>99.8</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>98.3</b>	<b>100.0</b>	<b>99.1</b>		

**Tabla 20** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de sardina común por subzona, según el método Bootstrap. Crucero RECLAS 0101.

Talla	Abundancia en número de ejemplares (millones)					Biomasa (toneladas)				
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Golfo Arauco	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Golfo Arauco	Total
3.0	0	690.74	0	0	690.74	0.0	0	0	0	0
3.5	0	2426.80	0	0	4775.44	0.0	352.22	0	0	352.22
4.0	2349.64	2000.03	0	0	23567.20	1708.1	1763.51	0	0	3471.65
4.5	20284.63	3770.60	0	1282.537494	15181.31	20162.8	1988.02	0	1274.8	22150.81
5.0	8628.20	2349.37	0	2782.52	10576.03	11345.8	4958.22	0	3658.9	16304.02
5.5	4268.26	0	0	3958.40	2679.82	3951.9	3979.29	0	6704.8	11208.73
6.0	1851.75	4441.98	0	2679.82	9921.59	3951.9	9479.76	0	5719.1	17478.12
8.5	916.55	9523.54	2965.57	2308.29	15813.95	2419.4	25138.97	2023.24	8083.1	42698.65
7.0	327.02	9746.13	5385.00	3695.70	19153.85	1051.0	31323.04	17306.82	11877.6	66987.68
7.5	253.82	6787.02	11200.52	5041.04	23292.40	879.8	26238.09	43236.62	19459.8	113691.17
8.0	141.24	2677.50	18067.64	4483.42	25389.81	647.1	12268.40	82786.52	20543.2	176488.59
8.5	35.54	878.11	16831.12	2843.45	20588.22	191.3	4726.45	90594.30	15305.0	198106.38
9.0	0	216.03	7301.53	1140.05	8657.61	0.0	1353.41	45743.91	7142.4	92841.23
9.5	0	9.10	1971.87	425.45	2406.43	0.0	65.63	14261.44	3077.1	26588.71
10.0	0	21.21	451.83	243.63	718.67	0.0	175.79	3744.76	2019.2	7865.31
10.5	0	0	201.56	45.84	247.40	0.0	0	1901.71	432.5	3803.42
11.0	0	0	0	2.93	2.93	0.0	0	0	31.3	0.00
11.5	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0
12.0	0	0	106.57	0	106.57	0.0	0	1433.47	0	2868.96
12.5	0	0	27.28	0	27.28	0.0	0	409.02	0	818.04
13.0	0	0	43.81	0	43.81	0.0	0	728.86	0	1457.73
13.5	0	0	40.69	0	40.69	0.0	0	748.38	0	1486.75
14.0	0	0	82.40	0	82.40	0.0	0	1668.23	0	3338.47
14.5	0	0	6.18	0	6.18	0.0	0	137.35	0	274.70
15.0	0	0	1.90	0	1.90	0.0	0	46.12	0	92.25
15.5	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0
16.0	0	0	1.70	0	1.70	0.0	0	48.20	0	96.39
16.5	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0
17.0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0
TOTAL	39056.65	45547.16	65535.23	30933.07	181072.10	0.00	123810.99	314385.12	103338.3	802267.94
<11.5	39056.65	45547.16	65224.69	30933.07	180781.56	0.0	123810.99	308163.48	103338.3	791824.86
%<11.5	100.0	100.0	1.00	1.00	1.00	0.0	100.0	98.3	100.0	98.7

**Tabla 21** Estimados de abundancia (millones de ejemplares) y biomasa (t) de sardina común por subzona, según el método de las variables regionalizadas. Crucero RECLAS 0101.

Talla	Número de ejemplares (millones)					Biomasa (toneladas)				
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Gofo Arauco	Total	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Gofo Arauco	Total
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
3.5	0	508.49	0	0	508.49	0	259.28	0	0.0	259.28
4.0	2096.44	1785.74	0	0	3882.19	1524.07	1298.20	0	0.0	2822.27
4.5	18098.73	1472.32	0	2854.347618	22425.40	17990.02	1463.47	0	2837.2	22290.70
5.0	7698.41	2775.71	0	6192.62	16686.74	10123.17	3648.98	0	8143.1	21916.25
5.5	3808.30	1728.48	0	8809.61	14347.40	6450.39	2928.34	0	14921.5	24301.19
6.0	1652.21	3269.95	0	5964.06	11597.62	3528.02	6978.50	0	12728.1	24750.83
6.5	817.78	7010.73	711.40	5137.21	15116.03	2158.67	18505.98	1518.23	13560.5	38901.26
7.0	291.78	7174.59	2150.31	5137.21	19732.20	937.74	23058.36	5676.11	26434.1	63417.18
7.5	226.47	5003.60	4040.89	8224.95	24853.97	874.23	19315.09	12986.98	43308.3	96942.20
8.0	126.02	1971.04	8404.83	11219.07	26633.01	577.41	9031.35	62122.70	45719.8	117451.29
8.5	31.71	646.42	13557.89	9978.07	19636.36	170.69	3479.38	67981.63	34061.9	105693.63
9.0	0	159.03	5479.04	2537.24	8175.31	0	996.31	34326.06	15895.7	51218.10
9.5	0	6.70	1479.68	946.87	2433.25	0	48.46	10701.73	6848.2	17598.37
10.0	0	15.61	339.05	542.21	898.86	0	129.41	2810.05	4493.9	7433.33
10.5	0	0	151.25	102.01	253.26	0	0	1427.04	962.5	2389.49
11.0	0	0	0	6.52	6.52	0	0	0	69.6	69.60
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
12.0	0	0	79.97	0	79.97	0	0	1075.67	0.0	1075.67
12.5	0	0	20.47	0	20.47	0	0	306.93	0.0	306.93
13.0	0	0	32.87	0	32.87	0	0	546.94	0.0	546.94
13.5	0	0	30.53	0	30.53	0	0	561.56	0.0	561.56
14.0	0	0	61.84	0	61.84	0	0	1252.59	0.0	1252.59
14.5	0	0	4.64	0	4.64	0	0	103.07	0.0	103.07
15.0	0	0	1.42	0	1.42	0	0	34.61	0.0	34.61
15.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
16.0	0	0	1.28	0	1.28	0	0	36.92	0.0	36.92
16.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
TOTAL	34847.9	33528.4	49177.4	68843.0	186397.7	44332.4	91143.1	235913.4	229984.3	601373.2
<11.5	34847.85	33529.41	48944.37	68843.00	186164.63	44332.41	91143.10	231985.14	229984.29	597454.95
%<11.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	0.98

**Tabla 22** Varianzas de la abundancia y biomasa de sardina común por talla, según el método utilizado. Crucero RECLAS 0101.

Talla (cm)	HANSEN		WOLTER		BOOTSTRAP		GEOESTADISTICO	
	V (A)	V (B)	V (A)	V (B)	V (A)	V (B)	V (A)	V (B)
3	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
3.5	1.6074E+17	4.179419E+04	3.73618E+16	9.714464E+03	7.41066E+16	1.928850E+04	6.080699E+16	1.581046E+04
4	4.71616E+18	2.492297E+06	2.66154E+18	1.406466E+06	2.78745E+18	1.473031E+06	2.174934E+18	1.978669E+06
4.5	1.67218E+20	1.650739E+08	1.21305E+20	1.197486E+08	9.04013E+19	8.924219E+07	4.881285E+19	9.565445E+07
5	3.94368E+19	6.815079E+07	2.66613E+19	4.807168E+07	2.26051E+19	3.906502E+07	1.107771E+19	3.437404E+07
5.5	1.88814E+19	5.415704E+07	1.35299E+19	3.880731E+07	1.34873E+19	3.868871E+07	3.825261E+18	1.568958E+07
6	1.29549E+19	5.899203E+07	6.61043E+18	3.01003E+07	8.26501E+18	3.763659E+07	4.219633E+18	2.025929E+07
6.5	3.60298E+19	2.509379E+08	1.10671E+19	7.708998E+07	1.82765E+19	1.273120E+08	1.639700E+19	3.154897E+08
7	4.9016E+19	5.058434E+08	2.10002E+19	2.168044E+08	2.87518E+19	2.967707E+08	3.132918E+19	1.128022E+08
7.5	7.07445E+19	1.053615E+09	4.92061E+19	7.329604E+08	5.24466E+19	7.811585E+08	2.189943E+20	4.572922E+09
8	1.17764E+20	2.471724E+09	9.67345E+19	2.030342E+09	9.38705E+19	1.970214E+09	2.189943E+20	5.445177E+09
8.5	9.44428E+19	2.733126E+09	7.86982E+19	5.816986E+08	7.52883E+19	2.178814E+09	1.886504E+20	5.445177E+09
9	1.77337E+19	6.956145E+08	1.48285E+19	6.224197E+07	1.41725E+19	5.59237E+08	3.553163E+19	1.389815E+09
9.5	1.40522E+18	7.349894E+07	1.19E+18	6.224197E+07	1.14719E+18	6.000286E+07	2.630554E+18	1.364328E+08
10	1.15598E+17	7.940492E+06	9.94495E+16	6.831192E+06	9.977E+16	6.867421E+06	1.489191E+17	9.707055E+08
10.5	2.0706E+16	1.843116E+06	1.90882E+16	1.689196E+06	1.86891E+16	1.663588E+06	3.114348E+16	2.638267E+06
11	3.54822E+14	4.04377E+04	5.33737E+14	6.082811E+04	4.52834E+14	5.160780E+04	1.166757E+15	0.000000E+00
11.5	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
12	5.4469E+15	9.855092E+05	5.01881E+15	9.080551E+05	4.9044E+15	8.873549E+05	8.343915E+15	1.509866E+08
12.5	5.86341E+14	1.317765E+05	5.77627E+14	1.297958E+05	5.75171E+14	1.282861E+05	6.468901E+14	1.451823E+05
13	1.20882E+15	3.340486E+05	1.1585E+15	3.206756E+05	1.14559E+15	3.812047E+05	1.377397E+15	4.245480E+05
13.5	1.16849E+15	3.945633E+05	1.13533E+15	3.840219E+05	1.127E+15	3.812047E+05	1.533764E+15	4.659003E+05
14	3.48811E+15	1.431269E+06	3.25157E+15	1.334210E+06	3.18838E+15	1.308270E+06	5.088856E+15	2.088102E+06
14.5	1.70933E+14	8.450982E+04	1.82289E+14	9.013091E+04	1.85338E+14	8.163325E+04	9.398752E+13	4.646852E+04
15	1.36664E+14	8.090052E+04	1.47852E+14	8.752348E+04	1.50842E+14	8.929351E+04	6.095055E+13	3.608090E+04
15.5	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
16	2.1843E+12	1.821792E+03	2.14141E+12	1.786028E+03	2.12998E+12	1.778466E+03	2.474504E+12	2.063839E+03
16.5	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
17	4392275601	5.055178E+00	4760853235	5.479383E+00	4859358271	5.582755E+00	1.897892E+09	2.184445E+00
17.5	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
18	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
18.5	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
19	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Var TOTAL	6.30654E+20	8.145309E+09	4.436614E+20	6.226607E+09	4.217059E+20	6.188107E+09	6.544855E+20	1.348629E+10
CV	0.1436	0.1590	0.1204	0.1390	0.1134	0.0981	0.1372	0.1931
Var (<11,5 cm)	6.30641E+20	8.143091E+09	4.4365E+20	6.223350E+09	4.21696E+20	6.184901018	6.544699E+20	1.348155E+10
CV (< 11,5 cm)	0.1436	0.1603	0.1207	0.1402	0.1136	0.0993	0.1374	0.1943

**Tabla 23** Varianzas de la abundancia y biomasa de anchoveta por talla, según el método utilizado. Crucero RECLAS 0101.

Talla (cm)	HANSEN		WOLTER		BOOTSTRAP		GEOESTADISTICO	
	V (A)	V (B)	V (A)	V (B)	V (A)	V (B)	V (A)	V (B)
3	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00
3.5	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00
4	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00
4.5	3.196181E+19	1.397064E+07	2.348766E+19	1.027092E+07	2.79128E+19	1.220079E+07	1.39617E+20	6.102716E+07
5	2.830362E+20	2.271883E+08	2.018668E+20	1.620342E+08	2.3952E+20	1.922589E+08	1.30101E+21	1.044301E+09
5.5	1.926082E+19	2.744151E+07	1.402942E+19	1.229018E+19	1.66711E+19	2.375102E+07	8.55214E+19	1.218535E+08
6	1.717901E+18	4.145093E+07	1.1229018E+19	2.965460E+07	1.46322E+19	3.530572E+07	7.85742E+19	1.895918E+08
6.5	2.584784E+18	9.986289E+06	1.724989E+18	6.696340E+06	2.08221E+18	8.082984E+06	1.28141E+19	4.974278E+07
7	6.484946E+17	3.916137E+06	1.073498E+17	2.275166E+06	4.70283E+17	2.835829E+06	3.8362E+18	2.312989E+07
7.5	2.318123E+17	2.105355E+06	3.773301E+17	9.749887E+05	1.46961E+17	1.334759E+06	1.41076E+18	1.261201E+07
8	2.633398E+06	2.833398E+06	7.814340E+16	1.041165E+06	1.09427E+17	1.457982E+06	1.47366E+18	1.563622E+07
8.5	5.628943E+17	1.074877E+07	2.916249E+17	5.568904E+06	3.32771E+17	6.354493E+06	1.87742E+18	3.584470E+07
9	2.760223E+17	7.454894E+06	1.040782E+17	2.790766E+06	1.49078E+17	3.997433E+06	1.32848E+18	3.561628E+07
9.5	2.690913E+17	9.948741E+06	8.924482E+16	3.669216E+06	1.465661E+17	5.385463E+06	2.60127E+17	9.618996E+06
10	2.702629E+17	3.354890E+07	4.379412E+16	2.186601E+06	1.19127E+17	5.972181E+06	4.07228E+16	5.904401E+06
10.5	4.584100E+17	3.069966E+07	1.025673E+17	6.869988E+06	2.1321E+17	1.427925E+07	8.81365E+16	2.041900E+06
11	1.333529E+18	1.178570E+08	3.451527E+17	3.046507E+07	6.17347E+17	5.447443E+07	2.43282E+17	2.148064E+07
11.5	1.924068E+18	2.209780E+08	7.298686E+17	8.398419E+07	9.90549E+17	1.137917E+08	6.77853E+17	7.793488E+07
12	1.191537E+18	1.763440E+08	7.739951E+17	1.145474E+08	7.6062E+17	1.125700E+08	5.87979E+17	8.704294E+07
12.5	1.517963E+18	2.863334E+08	1.009898E+18	3.440625E+08	9.72242E+17	1.833935E+08	1.19476E+18	2.253833E+08
13	2.173755E+18	5.175042E+08	1.444941E+18	3.440625E+08	1.37804E+18	3.281325E+08	2.01889E+18	4.807282E+08
13.5	1.439844E+18	4.269473E+08	9.542747E+17	2.842902E+08	9.1482E+17	2.725367E+08	1.36896E+18	4.076289E+08
14	6.314459E+17	2.335007E+08	4.163405E+17	1.539575E+08	4.05113E+17	1.498057E+08	6.13142E+17	2.267323E+08
14.5	4.457766E+17	2.030322E+08	2.932459E+17	1.335610E+08	2.871E+17	1.307619E+08	4.35486E+17	2.863454E+08
15	1.071531E+17	5.969407E+07	6.952080E+16	3.872946E+07	7.16619E+16	3.992225E+07	1.10334E+17	6.146616E+07
15.5	2.087750E+16	1.413170E+07	1.319479E+16	8.931375E+06	1.47372E+16	9.975433E+06	2.33298E+16	1.579150E+07
16	1.054813E+15	8.621572E+05	5.743585E+14	4.694553E+05	9.63872E+14	7.878261E+05	1.67504E+15	1.369105E+06
16.5	1.826276E+14	1.890148E+05	1.122746E+14	1.101687E+05	1.5847E+14	1.554975E+05	2.66169E+14	2.611768E+05
17	1.603866E+14	1.879043E+05	1.490948E+14	1.746749E+05	1.80543E+14	2.115187E+05	8.63006E+13	1.011075E+05
17.5	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00
18	7.019349E+12	1.154743E+04	3.204634E+12	5.271896E+03	7.88133E+12	1.296546E+04	1.44675E+13	2.390023E+04
18.5	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00
19	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0	0.000000E+00	0	0.000000E+00
Var TOTAL	3.677076E+20	2.680534E+09	2.606634E+20	1.637709E+09	3.08819E+20	1.709748E+09	1.63483E+21	3.411611E+09
Var (<12 cm)	2.501121E-01	1.251639E-01	2.105831E-01	9.822098E-02	0.216783E-01	9.719327E-02	0.448252E-01	0.129566E-01
CV (<12 cm)	3.613694E+20	9.156045E+08	2.584612E+20	4.8329258E+08	3.048776E+20	5.940527E+08	1.62906E+21	1.793679E+09
	2.930187E-01	1.444443E-01	2.469485E-01	1.048776E-01	0.254167E-01	1.145537E-01	0.539398E-01	0.230687617



**Tabla 24** Clave talla-edad en las capturas de anchoveta. Crucero RECLAS 0101.

TALLA (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD (Criterio cumpleaños arbitrario 1° de enero)					
		0	I	II	III	IV	V
5.5	2		2				
6.0	2		2				
6.5	2		2				
7.0	2		2				
7.5	3		3				
8.0	7		7				
8.5	15		15				
9.0	16		16				
9.5	14		14				
10.0	8		8				
10.5	7		7				
11.0	7		7				
11.5	9		9				
12.0	9		8	1			
12.5	10		9	1			
13.0	10		7	3			
13.5	8		2	6			
14.0	8			8			
14.5	7			6	1		
15.0	7			6	1		
15.5	6			5	1		
16.0	3			1	2		
16.5	1				1		
17.0	3				2	1	
17.5							
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>		<b>120</b>	<b>37</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	
<b>%</b>	<b>100.0</b>		<b>72.3</b>	<b>22.3</b>	<b>4.8</b>	<b>0.6</b>	

**Tabla 25** Clave talla-edad en las capturas de sardina común. Crucero RECLAS 0101, B/I Abate Molina.

TALLA (cm)	FREC.	GRUPOS DE EDAD (Criterio cumpleaños biológico 1º de julio)					
		0	I	II	III	IV	V
4.0							
4.5	1	1					
5.0	2	2					
5.5	1	1					
6.0	7	7					
6.5	14	14					
7.0	30	30					
7.5	37	37					
8.0	26	26					
8.5	36	36					
9.0	30	30					
9.5	5	5					
10.0	1	1					
10.5	1	1					
11.0	4	3	1				
11.5	3	1	2				
12.0	1		1				
12.5	2		2				
13.0	1		1				
13.5	1		1				
14.0	1		1				
14.5	1		1				
15.0	2		2				
15.5	4		1	3			
16.0	4		1	2	1		
16.5	2			1	1		
17.0							
TOTAL	217	195	14	6	2		
%	100.0	89.9	6.5	2.8	0.9		

**Tabla 26** Composición en número por grupo de edad en la captura de anchoveta. Crucero RECLAS 0101.

TALLAS (cm)	FREC. (Unidades)	GRUPOS DE EDAD (Criterio cumpleaños arbitrario 1° de enero)					
		0	I	II	III	IV	V
4.0							
4.5	7,130,471,997		7,130,471,997				
5.0	21,575,671,495		21,575,671,495				
5.5	6,059,167,661		6,059,167,661				
6.0	6,204,783,228		6,204,783,228				
6.5	2,853,952,173		2,853,952,173				
7.0	1,581,847,727		1,581,847,727				
7.5	1,079,790,907		1,079,790,907				
8.0	1,039,260,123		1,039,260,123				
8.5	1,792,277,346		1,792,277,346				
9.0	1,370,752,940		1,370,752,940				
9.5	1,420,391,180		1,420,391,180				
10.0	1,202,440,326		1,202,440,326				
10.5	1,701,255,047		1,701,255,047				
11.0	3,057,253,914		3,057,253,914				
11.5	3,956,929,985		3,956,929,985				
12.0	2,849,198,923		2,532,612,376	316,576,547			
12.5	2,955,125,722		2,659,613,150	295,512,572			
13.0	2,971,863,299		2,080,304,309	891,558,990			
13.5	2,288,479,160		572,119,790	1,716,359,370			
14.0	1,443,638,096			1,443,638,096			
14.5	1,210,793,459			1,037,822,965	172,970,494		
15.0	590,430,029			506,062,882	84,347,147		
15.5	246,570,872			205,475,726	41,095,145		
16.0	44,883,283			14,961,094	29,922,189		
16.5	21,271,950				21,271,950		
17.0	17,414,034				11,609,356	5,804,678	
17.5							
18.0	2,516,452					2,516,452	
18.5							
19.0							
19.5							
TOTAL	76,688,421,326		69,870,895,671	6,427,988,244	381,216,281	8,321,130	
%	100.00		91.13	8.38	0.47	0.01	
L.P.R.(cm)	7.8		7.2	13.8	15.1	17.3	
VAR. (L)	11.051		8.172	0.654	0.489	0.211	
PESO PR.(g)	5.4		4.1	18.5	24.0	36.2	
PESO (ton)	412,103		284,067	119,059	8,676	301	
%	100.0		68.9	28.9	2.1	0.1	
VAR (N°)	7.77E+17		1.03E+21	6.09E+17	4.06E+16	8.05E+13	
CV (N°)	0.01150		0.46017	0.12141	0.55777	1.07810	

**Tabla 27** Composición en número por grupo de edad en la captura de sardina común. Crucero RECLAS 0101.

TALLAS (cm)	FREC. (Unidades)	GRUPOS DE EDAD (Criterio cumpleaños biológico 1° de julio)					V
		0	I	II	III	IV	
4.0							
4.5							
5.0	666,831,671	666,831,671					
5.5	4,698,220,614	4,698,220,614					
6.0	23,458,691,043	23,458,691,043					
6.5	14,863,952,431	14,863,952,431					
7.0	10,205,913,123	10,205,913,123					
7.5	9,534,959,978	9,534,959,978					
8.0	15,007,459,083	15,007,459,083					
8.5	18,341,080,593	18,341,080,593					
9.0	22,268,300,327	22,268,300,327					
9.5	24,281,371,795	24,281,371,795					
10.0	19,731,332,824	19,731,332,824					
10.5	8,298,658,538	8,298,658,538					
11.0	2,302,249,886	1,726,687,415	575,562,472				
11.5	681,020,782	227,006,927	454,013,855				
12.0	236,605,914		236,605,914				
12.5	2,706,601		2,706,601				
13.0							
13.5	102,705,195		102,705,195				
14.0	26,294,091		26,294,091				
14.5	42,220,258		42,220,258				
15.0	39,215,809		39,215,809				
15.5	79,416,146		19,854,036	59,562,109			
16.0	5,953,101		1,488,275	2,976,551	1,488,275		
16.5	1,826,955			913,477	913,477		
17.0							
17.5							
18.0							
18.5							
19.0							
19.5							
TOTAL	174,876,986,759	173,310,466,364	1,500,666,505	63,452,137	2,401,753		
%	100.00	99.10	0.86	0.04	0.001		
L.PR.(cm)	8.2	8.2	11.8	15.5	16.2		
VAR. (L)	2.418	2.298	1.234	0.025	0.059		
PESO PR.(g)	3.15	3.15	13.11	35.25	40.46		
PESO (ton)	567,771	545,783	19,674	2,236	97		
%	100.0	96.1	3.5	0.4	0.02		
VAR (N°)	5.04E+17	9.64E+20	5.37E+17	1.21E+15	1.75E+13		
CV (N°)	0.00406	0.17919	0.48832	0.54894	1.74392		

**Tabla 28** Número de pixeles e Índice de Ocupación (IOC) por especie, calificados por categoría. Crucero RECLAS 0101.

	Sardina	porcentaje	anchoveta	porcentaje
Baja	4596	84	2569	67
Media	568	10	1129	30
Alta	309	6	129	3
Total	<b>5473</b>		<b>3827</b>	
Total mapa	12580		12580	
<b>IOC</b>		43,5		30,5