



INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 99-13

Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur

Noviembre

2 0 0 0

INFORME FINAL

PROYECTO FIP N° 99-13

EVALUACIÓN ACÚSTICA DEL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN EN LA ZONA CENTRO-SUR

• Noviembre, 2000 •

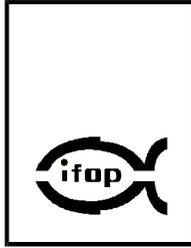
REQUIRENTE

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

EJECUTOR

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

• Noviembre, 2000 •



JEFE DE PROYECTO

JORGE CASTILLO P.

AUTORES

*Evaluación de la biomasa, abundancia y distribución espacial
de anchoveta y sardina común en el periodo del reclutamiento.
Primavera 1999.*

**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.
Primavera 1999.*

**Sergio Núñez
José Ortíz**

*Biología Pesquera de la anchoveta y sardina común en la zona
centro sur durante el periodo del reclutamiento. Primavera de 1999.*

Patricio Barría

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

***EVALUACIÓN,
GEOREFERENCIACIÓN Y
ANÁLISIS CONJUNTO***

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

BIOLOGÍA PESQUERA

Patricio Barría M.
Sergio Mora O.
René Riffo C.
Claudio Maldonado C.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA VIII REGIÓN

OCEANOGRAFÍA

Sergio Núñez E.
José Ortíz R.
Esteban Donoso A.



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 técnicas acústicas y las condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento, durante la primavera de 1999.

Los datos se recolectaron en un crucero de investigación realizado a bordo del B/I "Abate Molina", entre el 2 y el 21 de Diciembre de 1999, coincidiendo con el término de la época de desove de anchoveta y el inicio de 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 Escalera ($40^{\circ}15'$ S).

Se aplicó un diseño de muestreo acústico del tipo sistemático considerando que la distribución de los recursos es de carácter contagiosa y aleatoria con respecto a la posición 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. El muestreo acústico se efectuó mediante 26 transectas paralelas entre si y perpendiculares a la costa, sistemáticamente distribuidas con una separación entre ellas de 15 mn y con una longitud variable en el sentido oriente-occidente determinada por los veriles de 25 y 500 m, en las áreas costeras se intensificó el barrido acústico de tal modo de cubrir extensamente los recursos presentes.

Las condiciones oceanográficas se midieron por medio de un muestreo sistemático sobre estaciones oceanográficas 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 de ecosonda.



Los resultados oceanográficos obtenidos en este estudio sugieren un comportamiento diferencial en la distribución de las variables oceanográficas medidas, tanto en el campo latitudinal (norte-sur) como en sentido longitudinal (costa-océano), debido principalmente a: a) la presencia de focos locales de surgencia costera, principalmente al norte de los 38° S y, b) la dilución costera producto de la mezcla con aguas de origen continental, principalmente al sur de los 38°30'S.

Se destaca la presencia de aguas superficiales más cálidas ($>15\text{ }^{\circ}\text{C}$), menos densas ($< 25,5\ \sigma_t$) y menos oxigenadas ($< 4\ \text{ml/l}$) sólo en el extremo norte del área de prospección (al norte de los 35°S). A partir de esta región, predominan los gradientes longitudinales (costa-océano) en la distribución espacial de las variables oceanográficas, observándose aguas superficiales más frías ($< 12^{\circ}\text{C}$), salinas ($> 34,4\ \text{psu}$) y menos oxigenadas ($< 3\ \text{ml/l}$) en el sector costero ($< 10\ \text{mn}$) de la región central de estudio (35°30'-37°30'S), identificadas con la presencia de focos locales de surgencia costera relacionada a la acción del viento paralelo a la costa desde los cuadrantes sur y por el efecto local de puntas o salientes topográficas, e.g., Cabo Carranza (35°34'S), Punta Nugurne (36°S), Punta Tumbes (36°38'S), Punta Lavapié (37°08'S) y Punta Morguilla (37°43'S).

Al sur de los 38°S se observa un descenso de los valores de salinidad ($<33,9\ \text{psu}$), sin la presencia de gradientes longitudinales importantes, situación que se incrementa hacia el extremo sur del área de prospección donde se nota superficialmente la influencia de mezcla de las Aguas Subantárticas con aguas de origen continental, principalmente asociadas al estuario del río Valdivia (Bahía de Corral), situación que es confirmada por la presencia de aguas menos densas ($< 25.5\ \sigma_t$).



La distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica (estimada como clorofila-a) evidenció valores que fluctuaron entre los 0,5 y los 3 mg/m³, presentando concentraciones menores a 0,8 mg/m³ en la región costera situada entre los 34°S y los 36°30'S presumiblemente debido a la presencia de la fase inicial de un evento activo de surgencia. Al sur de los 36°30'S se observa un incremento en los valores de clorofila-a (>2 mg/m³) asociados a las estaciones situadas en el interior del Golfo de Arauco.

Fue posible distinguir la presencia de tres masas de agua, cuya localización vertical varía con la latitud, y que se identificaron, desde la superficie a la máxima profundidad de muestreo, como: Agua Subantártica (ASAA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y Agua Intermedia Antártica (AIA).

A partir del análisis vertical de las variables medidas, se pudo observar tres regiones diferenciadas, ésto es: a) un sector norte (al norte de los 34°30'S) caracterizado por la presencia de una somera capa de mezcla (PCM) entre los 5 y 17 m de profundidad, mayores gradientes térmicos (entre -0,133 y -0,275 °C/10 m) y profundidades base de la termoclina (PBT) entre los 69 y 112 m, b) una región central, entre los 35°30' y los 37°30'S caracterizada por una PCM levemente mayor (entre 10-40 m), gradientes térmicos comparativamente menores que fluctuaron entre los -0,047 y -0,125 °C/10 m, y una PBT (cuando fue identificable) variando entre los 35 y 65 m de profundidad; por último, c) la región situada al sur de los 38°S, caracterizada nuevamente por máximos gradientes térmicos comparativamente más altos (-0,118 - -0,650 °C/10 m) y una PCM y PBT menores, similares a las reseñadas para la región norte.

Se realizaron un total de 25 lances de pesca con red de mediagua, obteniéndose en 20 de ellos capturas de anchoveta y sardina común (84%). Las anchovetas tuvieron tamaños que fluctuaron entre los 5,0 y 18,5 cm de longitud total. Del total de ejemplares muestreados (2.442), el porcentaje de reclutas (individuos menores o



iguales a 12 cm) fue de 1,9% en número y 84%, en peso. Al respecto, el peso promedio del total de las anchovetas fue de 6,2 g y el de los reclutas de 3,3 g.

La distribución de frecuencias de longitud ponderada por las capturas fue bimodal, con un grupo principal de reclutas situado entre los 5,0-12,0 cm capturados en la zona de San Antonio y Talcahuano y un grupo de adultos con moda en los 15,0 cm en la zona de Valdivia. Se presentaron diferencias significativas en las distribuciones de frecuencia de longitud por zona de pesca.

En la zona de San Antonio no se observó la mayor presencia de reclutas en las capturas (100% en número en peso). La distribución de frecuencia unimodal con moda en los 6,5 cm, el peso promedio total de las anchovetas fue de 3,0 g y la longitud total de 7,4 cm.

En la zona de Talcahuano hubo una cantidad similar de reclutas. El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 97 y 88%, respectivamente. El peso promedio del total de ejemplares de anchoveta fue de 3,5 g y de los reclutas de 3,0 g.

En la zona de Valdivia la distribución de longitudes también fue unimodal y no se registraron reclutas. El peso promedio para el total de ejemplares fue de 22,8 g y la longitud promedio de 15,0 cm. En esta zona no se detectaron reclutas y difiere en estructura con las anteriores.

En el período de estudio, se observó una fuerte segregación espacial de la anchoveta por tamaños, registrándose presencia de reclutas y adultos en diferentes proporciones en las tres zonas en que se dividió la zona de estudio. La segregación espacial del reclutamiento de anchoveta en la zona Centro-Sur muestra un idéntico patrón latitudinal con la zona Norte.



La sardina común tuvo una distribución de frecuencia unimodal con una moda en 5,5 cm. En general, la distribución de tamaños fue similar en toda la zona pesca. La totalidad de ejemplares capturados fueron reclutas (100%). La longitud promedio total 5,6 cm y el peso promedio fue de 1,49 g.

Respecto a la proporción sexual de la anchoveta fue de un 19,3% con un predominio de machos en el área de estudio a tallas mayores a los 9,5 cm. En los rangos de longitudes inferiores, se registró un alto porcentaje de ejemplares indeterminados que representó un 83,8%, mientras que los adultos fue de un 16,2%. Respecto a la sardina común el 100% de los ejemplares fueron indeterminados.

En relación con los estados de madurez de la anchoveta el 44,3% estaba indeterminados, el 1,7% en estado 1, un 14,8% en estado 2 (pos – desove) y un 39,1% en estado 3 iniciando la gametogénesis. Latitudinalmente, se observó un desfase en el proceso reproductivo, presentándose de norte a sur una aumento progresivo del estado 3 iniciando el proceso de gametogénesis y un descenso gradual de los estado 2 (post – desove).

En sardina común predominó el estado 2, lo cual, significa que los ejemplares estaban en post – desove, lo que coincide con el patrón reproductivo de esta especie.

La anchoveta se distribuyó preferentemente de la costa hasta las 12 mn por el oeste. En el plano vertical se detectó en áreas donde el fondo marino alcanzó como máximo los 225m y mostró una clara preferencia por situarse en áreas de 25 a 75 m del fondo marino. El 58% de las agregaciones de anchoveta se situó entre el inicio y el fin de la termoclina, donde los gradientes térmicos de esas áreas no superaron los 0,2°C. La anchoveta se ubicó preferentemente en las áreas de surgencia, pero en gradientes térmicos y salinos bajos.



La sardina común se distribuyó preferentemente de la costa hasta las 10 mn por el oeste. En el plano vertical se localizó en áreas donde el fondo marino alcanzó como máximo los 250 m y presentó una clara preferencia por situarse en áreas de 25 a 125 m del fondo marino. El 39% de las agregaciones de sardina común se presentaron sobre la termoclina y el 37% se registró entre el inicio y el fin de la termoclina, en gradientes térmicos inferiores a $0,2^{\circ}\text{C}/\text{m}$. La sardina común se detectó en áreas de baja salinidad y asociada a la desembocadura de los ríos y afluentes, con gradientes salinos bajos.

La biomasa de anchoveta varió entre 343.200 t y 370.054 t según el método utilizado, el estimado con el método geoestadístico alcanzó a 344.659 t, registrándose diferencias inferiores al 7% entre cada método. Los menores CV se registraron con el método geoestadístico, alcanzando a 0,40. El estimado de biomasa de anchoveta por el método de las tallas alcanzó a 370.183 t, presentándose una clara estratificación latitudinal de la biomasa y en las tallas hacia el sur de la zona de estudio.

La biomasa de los reclutas de anchoveta varió entre 151.650 y 162.824 t, el estimado con el método geoestadístico alcanzó a 151.650 t, equivalente al 44,0% de la biomasa total, con un CV de 0,30. La biomasa de los reclutas por el método de las tallas alcanzó a 131.469 t, equivalente a 35,5% del total.

La abundancia total de anchoveta varió entre 55.590,16 y 59.686,13 millones de ejemplares según el método aplicado, con un CV entre 0,30 y 0,35. La abundancia de los reclutas correspondió al 84% del total fluctuando entre 46.695,74 y 50.136,35 millones de ejemplares. El estimado de la abundancia con el método de las tallas alcanzó a 61.809,86 millones de ejemplares, con un 82,7% de reclutas, correspondiente a 51.107,20 millones de ejemplares, esta abundancia se estratificó latitudinalmente hacia el norte de la zona de estudio, registrándose el 49,3% de la abundancia total.



La biomasa de sardina común estuvo constituida íntegramente por ejemplares juveniles inferiores a 10,5 cm, variando entre 227.397 y 267.212 t, según el método aplicado, siendo el estimado geoestadístico el más bajo, diferenciando en un 14,9% con el valor mayor, obtenido con el bootstrap. El CV alcanzado con el geoestadístico fue 0,18. El estimado por el método de las tallas alcanzó a 252.601 t, registrándose una distribución latitudinal homogénea en las tallas, pero una concentración de la biomasa (50,4%) en las cercanías del golfo de Arauco.

La abundancia de sardina común varió entre 152.615,4 y 177.336,2 millones de ejemplares con un CV de 0,18 para el método geoestadístico. El estimado con el método de las tallas fue de 193.708,3 millones de ejemplares.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



II. INDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO -----	1
II. INDICE GENERAL -----	9
III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS -----	13
IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO -----	23
A. Objetivo general -----	23
B. Objetivos específicos -----	23
V. ANTECEDENTES -----	25
VI. METODOLOGÍA -----	29
1. Zona de estudio y plan de muestreo -----	29
2. Metodología por objetivo -----	29
2.1 Objetivo 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 -----	29
2.1.1 Biología pesquera -----	29
2.1.2 Estimación de la biomasa y abundancia de anchoveta y sardina común mediante el método acústico -----	35
2.2 Objetivo B2 Determinar la distribución espacio-temporal del reclutamiento de anchoveta y sardina común en el área de estudio -----	55
2.2.1 Distribución espacial de los recursos -----	55



2.3	Objetivo B3. Determinar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución del reclutamiento de anchoveta y sardina común en el área de estudio -----	56
2.3.1	Diseño de muestreo -----	56
2.3.2	Análisis de las muestras y la información oceanográfica y meteorológica -----	58
2.3.3	Análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) -----	59
2.3.4	Estructuras oceanográficas superficiales -----	61
2.3.5	Distribución espacial de los recursos sardina común y anchoveta respecto a las variables hidrográficas y topográficas -----	62
VII.	RESULTADOS -----	65
1.	Batimetría de la zona de estudio -----	65
2.	Condiciones hidrográficas asociadas a la distribución de los recursos (Objetivo específico B·) -----	65
2.1	Condiciones atmosféricas -----	65
2.1.1	Temperatura del aire y presión atmosférica -----	65
2.1.2	Altura de olas y dinámica de los vientos -----	66
2.2	Distribución de las variables oceanográficas -----	66
2.2.1	Temperatura -----	66
2.2.2	Salinidad -----	68
2.2.3	Densidad -----	69
2.2.4	Oxígeno disuelto-----	70
2.2.5	Clorofila-a superficial e integrada -----	70
2.2.6	Análisis de imágenes satelitales de temperatura del mar (TSM) -----	71
2.2.7	Distribución vertical de las variables oceanográficas -----	73
2.2.8	Profundidad base de la termoclina (PBT), profundidad de la capa de mezcla (PCM) y profundidad del mínimo de oxígeno (PMO) -----	91



2.2.9	Distribución espacial superficial media con EPCS -----	92
2.2.10	Diagrama TS -----	93
3.	Biología pesquera -----	95
3.1	Resultados de los lances de pesca -----	95
3.2	Determinación de la estructura de tamaños de anchoveta -----	96
3.3	Determinación de la estructura de tamaños de sardina común -----	97
3.4	Determinación de la proporción sexual de anchoveta y sardina común -----	98
3.5	Determinación de los estados de madurez de anchoveta y sardina común -----	99
3.6	Determinación de los pesos medios -----	100
4.	Estimación de la abundancia y la biomasa de la fracción adulta y juvenil de la sardina común y anchoveta que se incorporan en el período de máximo reclutamiento a la pesquería -----	101
4.1	Calibración hidroacústica -----	101
4.2	Estimación de la biomasa -----	102
4.2.1	Anchoveta -----	102
4.2.2	Sardina común -----	103
4.2.3	Método de las tallas -----	104
4.2.4	Precisión de los estimados de biomasa -----	105
4.3	Distribución espacial de los recursos -----	106
4.3.1	Total de especies -----	106
4.3.2	Anchoveta -----	106
4.3.3	Sardina común -----	107
5.	Distribución de la sardina común y la anchoveta respecto a algunas variables oceanográficas y topográficas -----	107
5.1	Distribución vertical de la anchoveta y sardina común -----	107
5.1.1	En relación con el fondo del mar -----	107
5.1.2	En relación con la termoclina -----	108



5.2	Distribución de la anchoveta y sardina común y las condiciones bio-oceanográficas -----	110
5.2.1	Densidad de anchoveta -----	110
5.2.2	Densidad de sardina común -----	112
5.3	Análisis de las relaciones entre condiciones bio-oceanográficas y la distribución de la anchoveta y la sardina común -----	113
5.3.1	Anchoveta -----	113
5.3.2	Sardina común -----	114
VIII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS -----	117
1.	Análisis comparativo de la hidrografía con cruceros anteriores de similar naturaleza -----	117
2.	Estimados de biomasa de anchoveta y sardina común y de la fracción reclutas y su precisión -----	122
2.1	Sardina común -----	122
2.2	Anchoveta -----	123
IX.	CONCLUSIONES -----	125
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	129

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.
- Figura2. Distribuciones de frecuencia de tamaños de sardina común por zonas (Fuente: INPESCA).
- Figura3. Distribuciones de frecuencia de tamaños de anchoveta por zonas (Fuente: INPESCA).
- Figura 4. a) Track de navegación, b) ubicación de los lances de pesca de media agua y c) estaciones oceanográficas. Crucero RECLAS 9912, diciembre 1999.
- Figura 5. Batimetría general de la zona de estudio.
- Figura 6. Variabilidad de las condiciones meteorológicas durante el período de estudio: a) Temperatura del aire, b) presión atmosférica y c) altura de olas.
- Figura 7. Variabilidad de las condiciones meteorológicas durante el período de estudio: a) Rapidez del viento y b) Diagrama de vectores de viento.
- Figura 8. Distribución de temperatura (°C). Estratos de 5, 25, 50 y 100m de profundidad.
- Figura 9. Distribución de salinidad (psu). Estratos de 5, 25, 50 y 100m de profundidad.



- Figura 10. Distribución de densidad (σ_t). Estratos de 5, 25, 50 y 100m de profundidad.
- Figura 11. Distribución de oxígeno disuelto (ml/l). Estratos de 5, 25, 50 y 100m de profundidad.
- Figura 12.a) Distribución de Clorofila-a (mg/m^3) en estrato de 5m de profundidad, b) Distribución de Clorofila-a integrada (mg/m^2) entre 0 y 100 m, c) Relación entre Clorofila-a superficial (mg/m^3) y Fluorescencia *in vivo* (u.r.).
- Figura 13. Imágenes satelitales de alta resolución de temperatura superficial del mar (NOAA-14) para el área de prospección, recepcionadas los días a) 27/11/99, b) 07/12/99 y c) 09/12/99.
- Figura 13. (continuación). Imágenes satelitales de alta resolución de temperatura superficial del mar (NOAA-14) para el área de prospección, recepcionadas los días a) 13/12/99, b) 14/12/99 y c) 24/12/99.
- Figura 13. (continuación) a) Imagen satelital de alta resolución de temperatura superficial del mar (NOAA-14) para el área de prospección, recepcionada el día 24/12/99, b) imagen promedio de TSM.
- Figura 14. Evolución temporal de a) las coberturas areales (km^2) y b) perímetros (km) de las isotermas de 10, 11, 12 y 13 °C asociadas a eventos activos de surgencia costera durante el período de estudio, calculados a partir de imágenes satelitales de alta resolución.
- Figura 15. Evolución espacio-temporal y extensión de filamentos de surgencia observados desde imágenes satelitales de alta resolución.
- Figura 16. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 1.



- Figura 17. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 3.
- Figura 18. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 7.
- Figura 19. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 9.
- Figura 20. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 11.
- Figura 21. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 13.
- Figura 22. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 15.
- Figura 23. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 17.
- Figura 24. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 19.
- Figura 25. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 21.



- Figura 26. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 23.
- Figura 27. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 25.
- Figura 28. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) para la transecta situada en la boca del Golfo de Arauco.
- Figura 29. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) para la transecta situada en el fondo de saco del Golfo de Arauco.
- Figura 30. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección longitudinal costera.
- Figura 31. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección longitudinal oceánica.
- Figura 32. Perfiles verticales promedio (y desviación estándar) de las variables a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y b) salinidad (psu) para cada una de las transectas realizadas.
- Figura 33. Perfiles verticales promedio (y su desviación estándar) de las variables a) densidad (σ_t), b) oxígeno disuelto (ml/l) y c) clorofila-a (mg/m^3) para cada una de las transectas realizadas.



- Figura 34. Perfiles verticales promedio (y su desviación estándar) de las variables temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y densidad (σ_t) correspondientes a las estaciones 22, 23, 24, 25, 26 y 27 realizadas en el Golfo de Arauco.
- Figura 35. Perfiles vertical de estabilidad en la columna de agua: a) transecta 3, y b) transecta 9.
- Figura 36. Perfiles verticales de estabilidad en la columna de agua en la transecta.
- Figura 37. Distribución horizontal de la a) Profundidad Base Termoclina (m), b) Profundidad Capa Mezcla (m) y c) Profundidad de la mínima de Oxígeno Disuelto (m).
- Figura 38. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para las transectas 1 a la 12, registrados con EPCS.
- Figura 39. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para las transectas 13 a la 22, registrados con EPCS.
- Figura 40. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para las transectas 23 a la 25, registrados con EPCS.
- Figura 41. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para los sectores intertransectas siuados entre los $34^{\circ}00'\text{S}$ y los $37^{\circ}30'\text{S}$, registrados con EPCS.
- Figura 42. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para los sectores intertransectas situados entre los $37^{\circ}30'\text{S}$ y los $40^{\circ}00'$, registrados con EPCS.
- Figura 43. Diagrama T-S incluyendo todas las estaciones de muestreo.



- Figura 44. Distribución de frecuencias de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAS1299 (fracción recluta ≤ 12 cm).
- Figura 45. Distribución de frecuencia de longitud ponderada por la captura de anchoveta según focos de abundancia detectado en el crucero RECLAS1299 (fracción recluta $\leq 12,0$ cm).
- Figura 46. Distribución de frecuencias de longitud de sardina común capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAS9912 (fracción recluta $\leq 10,5$ cm).
- Figura 47. Distribución de frecuencia de longitud ponderada por la captura de sardina común, según focos de abundancia detectado en el crucero RECLAS1299 (fracción recluta $\leq 10,5$ cm).
- Figura 48. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAS1299 (fracción recluta ≤ 12 cm).
- Figura 49. Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAS1299 (fracción recluta $\leq 10,5$ cm).
- Figura 50. Proporción sexual de la anchoveta capturada con red de media agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAS1299.
- Figura 51A. Estados de madurez de la anchoveta capturada con red de media- agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAS1299.
- Figura 51B. Estados de madurez de la sardina común capturada con red de media- agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAS1299.



- Figura 52A. Patrón del índice gonadosomático de las hembras de anchoveta de la zona Centro-Sur, período 1980-99.
- Figura 52B. Patrón del índice gonadosomático de las hembras de sardina común de la zona Centro-Sur, período 1980-99.
- Figura 53. Pesos promedio teórico a la talla de sardina común y anchoveta obtenidos de la pesquería cerquera industrial, noviembre 1999.
- Figura 54. Biomasa y abundancia de anchoveta por talla según el método de las tallas. Crucero RECLAS 9912.
- Figura 55. Biomasa y abundancia de sardina común por tallas según el método de las tallas. Crucero RECLAS 9912.
- Figura 56. Distribución espacial del total de especies. Crucero RECLAS 9912.
- Figura 57. Distribución espacial de anchoveta. Crucero RECLAS 9912.
- Figura 58. Distribución batimétrica, latitudinal y según la hora de las lecturas acústicas de sardina común y anchoveta. Crucero RECLAS 9912, diciembre 1999.
- Figura 59. Distribución espacial de sardina común. Crucero RECLAS 9912.
- Figura 60. Sa de anchoveta respecto a la profundidad del fondo marino
- Figura 61. Sa de sardina respecto de la profundidad del fondo marino
- Figura 62. Distribución batimétrica de la anchoveta respecto de la termoclina.
- Figura 63. Distribución batimétrica de la sardina respecto de la termoclina.



- Figura 64. Relación entre el gradiente térmico y a) Sa total; b) Sa baja densidad, c) Sa media densidad, d) Sa buena densidad y e) Sa alta densidad. Anchoqueta.
- Figura 65. Relación entre el gradiente térmico y a) Sa total; b) Sa baja densidad, c) Sa media densidad, d) Sa buena densidad y e) Sa alta densidad. Sardina.
- Figura 66. Distribución espacial de de a) biomasa de anchoqueta, b) temperatura del mar, c) salinidad, d) oxígeno, e) densidad del mar y; f) clorofila-a. Crucero RECLAS 9912.
- Figura 67. Número de celdas de anchoqueta respecto a las variables ambientales (capa superficial).
- Figura 68. Distribución espacial de de a) biomasa de sardina, b) temperatura del mar, c) salinidad, d) oxígeno, e) densidad del mar y; f) clorofila-a. Crucero RECLAS 9912.
- Figura 69. Número de celdas de sardina común respecto a las variables ambientales (capa superficial).
- Figura 70. Relaciones entre los Sa de anchoqueta y a) temperatura y b) salinidad.
- Figura 71. Relaciones entre la Sa de anchoqueta y el gradiente térmico de acuerdo a la distancia de la costa.
- Figura 72. Relación entre a) el gradiente térmico y Sa de anchoqueta, b) gradiente salino y Sa de anchoqueta, c) Gradiente térmico y Sa de sardina y d) gradiente salino y Sa de sardina.
- Figura 73. Relaciones entre la Sa de anchoqueta y el gradiente salino de acuerdo a la distancia de la costa.
- Figura 74. Relaciones entre los Sa de sardina a) temperatura y b) salinidad.



Figura 75. Relaciones entre la Sa de sardina y el gradiente térmico de acuerdo a la distancia a la costa.

Figura 76 Relaciones entre la Sa de sardina y el gradiente salino de acuerdo a la distancia a la costa.

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 operación por lance de pesca en el crucero RECLAS1299.

Tabla 4. Estimación del peso promedio teórico (g) a partir de los parámetros de la relación longitud-peso para sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile. Diferencia absoluta (g) y relativa (%) de los pesos promedios. La zona achurada indica el rango de longitudes de ambas especies encontradas en el crucero RECLAS1299.

Tabla 5. Estimación de parámetros de la relación longitud-peso de sardina común y anchoveta en la zona de estudio. Crucero RECLAS1299.

Tabla 6. Resultados de las calibraciones hidroacústicas del sistema Simrad EK-500 del B/I Abate Molina, para la frecuencia de 38 Khz, por longitudes de pulso. Crucero RECLAS 9912.

Tabla 7. 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 8. Estimados de biomasa total, reclutas y los índices de precisión (Varianza de la biomasa $V(B)$); Error (%) y Coeficiente de variación (CV)), de anchoveta según distintos métodos. Crucero RECLAS 9912.
- Tabla 9. Estimados de Abundancia total, reclutas y los índices de precisión (Varianza de la Abundancia $V(A)$); Error (%) y Coeficiente de variación (CV)), de anchoveta según distintos métodos. Crucero RECLAS 9912.
- Tabla 10. Estimados de biomasa total, reclutas y los índices de precisión (Varianza de la biomasa $V(B)$); Error (%) y Coeficiente de variación (CV)) de sardina común, según distintos métodos. Crucero RECLAS 9912.
- Tabla 11. Estimados de abundancia total, reclutas y los índices de precisión (Varianza de la Abundancia $V(B)$); Error (%) y Coeficiente de variación (CV)) de sardina común, según distintos métodos. Crucero RECLAS 9912.
- Tabla 12. Estimados de biomasa y abundancia de anchoveta por talla y subzona, según el método de las tallas. Crucero RECLAS 9912.
- Tabla 13. Estimados de biomasa y abundancia de sardina común por talla y subzona, según el método de las tallas. Crucero RECLAS 9912.



IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO

A. OBJETIVO GENERAL

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

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.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



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 en las capturas 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.

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 y principios del segundo, 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.

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 una evaluación acústica realizada en el marco del proyecto FIP 95-08 “Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta y sardina común en la zona centro-sur”, realizado en la primavera de 1995.

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 periodos 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 desovante en el periodo del desove.

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 se fortalece 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 fortaleciéndose 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 m³ 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.

No obstante lo anterior, y de acuerdo con estos antecedentes, la hipótesis de trabajo es que el reclutamiento de sardina común y 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.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



VI. METODOLOGIA

1. Zona de estudio y plan de muestreo

La zona de estudio se localizó entre la desembocadura del río Rapel ($34^{\circ}00'S$) y punta Escalera ($40^{\circ}15'S$), la longitud de las transectas estuvo determinada por el veril de los 25 m, cerca de la costa y los 500 m en el límite occidental (**Fig. 4.**).

El crucero de evaluación se realizó a bordo del B/I "Abate Molina" entre el 2 y el 21 de diciembre de 1999 coincidiendo con el término de la época de desove de anchoveta y el inicio del reclutamiento de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur (Cubillos *et al.*, 1998; Cubillos 1999).

2. Metodología por objetivo

2.1 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.

2.1.1 Biología Pesquera

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".



2.1.1.1 Muestreo de las capturas obtenidas con lances a mediagua

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.

a. Composición por talla

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.

a1. Estimador de la composición en talla por estrato

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

donde:

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



a2. 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:

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

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

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

b. Pesos medios a la talla

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

Notación

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

b1. 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:

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



b2. Estimador para la Varianza de \bar{W}_{hk}

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

donde:

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

c. Expansión a la zona de estudio

c1. Composición por talla

c1.1 Estimador de la composición por talla

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

c1.2. 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 .



c.2. Composición en peso

c.2.1 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.2.2 Estimador de la varianza w_k

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

d. Coeficientes de variación e intervalos de confianza

2.1.1.2 Muestreo biológico

El muestreo de ejemplares de anchoveta y sardina común se obtuvo de los lances exitosos, recolectando a bordo los datos relativos a la longitud total, peso total, estado de madurez y sexo. Cabe señalar que a la mayor parte de los individuos reclutas sólo se les midió y pesó, pues resulta difícil determinar macroscópicamente su estado de madurez y sexo.

2.1.1.2.1 Tamaño de la muestra

Considerando el procedimiento establecido anteriormente, se muestreó a bordo del B/ "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.



En relación al tamaño de la muestra, de la captura obtenida en cada lance exitoso se obtuvo un número aproximado $n = 200$ ejemplares cuando ello fue posible, a los cuales se les midió la longitud total, peso total, peso eviscerado, sexo y estado de madurez. Este tamaño de muestra excede el número estándar que se utiliza en el muestreo de peces pelágicos.

Con el fin de obtener indicadores de la estructura de longitudes, 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:

$$\hat{P}_S = \frac{Y_i}{Y}$$

donde:

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

2.1.1.2.2 Relación longitud-peso

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

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



donde y es el peso de los ejemplares,; x corresponde a la longitud. β_0 y β_1 son los parámetros del modelo, siendo el primero el intercepto o la constante, y el segundo la pendiente o coeficiente de regresión.

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

2.1.2.1 Muestreo acústico

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

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 mn². El rango dinámico de 160 dB y el nivel mínimo de detección, puesto en -65 dB, aseguraron que se detectara un amplio espectro de señales provenientes de blancos de tamaño pequeño (plancton) hasta peces de gran tamaño, distribuidos en forma dispersa o en densos cardúmenes sin perder señal o saturarse.

El muestreo acústico se efectuó mediante 26 transectas paralelas entre si y perpendiculares a la costa, sistemáticamente distribuidas con una separación entre ellas de 15 mn (**Fig. 3**) y con una longitud variable en el sentido oriente-occidente



determinada por los veriles de 25 y 500 m en las áreas costeras se intensificó el barrido acústico de tal modo de cubrir extensamente los recursos presentes.

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 eointegración con el navegador satelital GPS. Adicionalmente se registró la profundidad del fondo del mar.

2.1.2.2 Calibración del sistema acústico

2.1.2.2.1 Calibración electroacústica

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de eointegración SIMRAD EK 500 consiste en un proceso iterativo, en que se mide las señales de la intensidad de blanco (TS) y eointegración (S_a) provenientes de un blanco estándar de cobre diseñado para la frecuencia de trabajo y de intensidad medida en laboratorio, ubicado en el centro del haz acústico, los que deben converger hacia el valor teórico del blanco de referencia (Foote *et al.*, 1987; Foote, 1981). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de $\pm 0,5$ dB, siendo aceptable con ± 1 dB.

Las mediciones se efectuaron en Valparaíso el 21 de diciembre de 1999, bajo buenas condiciones atmosféricas y metereológicas.

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:

$$G_i = G_0 + \frac{TS_m - TS_b}{2}$$

donde:

- G_1 = nueva ganancia del transductor
- G_0 = ganancia antigua
- TS_m = intensidad de blanco medida (dB)
- TS_b = intensidad de blanco teórico (dB)

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

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

siendo:

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

donde:

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



2.1.2.2.2 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 y en sectores en los que se estableció previamente la presencia de las especies objetivo mediante los lances de pesca, realizándose 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 una escala de 25 m, almacenándose en medios magnéticos. Con el fin de mejorar el filtraje de blancos resueltos del algoritmo de detección del EK-500 se redujo el ángulo del haz, utilizándose la talla promedio de los peces y la profundidad media como elementos de ajuste.

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

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

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

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



El TS corresponde a la ecuación:

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

donde:

$$\begin{aligned} TS &= \text{intensidad de blanco (dB)} \\ \sigma &= \text{área dispersante (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Debido a la homogeneidad de las tallas de la sardina común y la anchoveta registradas durante el periodo del crucero y al alto grado de agregación de las especies, los datos recopilados fueron insuficientes para determinar la relación funcional del TS con la talla, razón por la cual para la estimación de la biomasa de anchoveta se utiliza la relación funcional ajustada por Castillo *et al.*, 2000 en la anchoveta de la zona norte y en el caso de la sardina común la ecuación determinada por Castillo *et al.*, 1997.

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

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

siendo:

$$\begin{aligned} TS_{kg} &= \text{intensidad de blanco (dB/kg)} \\ w &= \text{peso del pez (kg)}. \end{aligned}$$

Finalmente, la constante de eointegración (C) se calculó según:

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



2.1.2.3 Identificación de especies

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

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

b. Pescas de identificación

Con el objeto de validar la identificación efectuada mediante el método acústico, se realizaron lances de pesca con una red de arrastre a media agua de 4 paneles de diseño ENGEL con tamaño de malla 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 m² de área y 750 kg de peso seco (300 kg peso húmedo), amantillada con 20 flotadores en la relinga que permitió la operación de pesca en superficie. En el caso de lances con profundidad superior a los 10 m, se utilizó un net-sounder FURUNO para la verificación de la profundidad y comportamiento de la red.



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

De las capturas obtenidas en el crucero se obtuvieron los aportes porcentuales de cada especie y la estructura de tallas y pesos a la talla de las especies dominantes en las capturas, con especial énfasis en 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. De esta forma se determinó la fracción de reclutas de anchoveta y sardina común presente en cada lance, factor que se aplicó a las lecturas acústicas asignadas por especie.

2.1.2.3.1 Procesamiento de la información acústica

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

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



2.1.2.4 Estimación de la biomasa

En atención a la estratificación latitudinal por tallas presentada por la anchoveta y al grado de agregación en focos delimitados de la sardina común, los estimados de biomasa y abundancia se realizaron considerando 5 subzonas para la anchoveta y 3 para la sardina común, según:

Anchoveta:

Subzona 1 34°00'S - 36°25'S
Subzona 2 36°25'S – 37°30'S
Subzona 3 37°30'S – 38°30'S
Subzona 4 38°30'S – 40°15'S

Sardina Común:

Subzona 1 34°00'S – 37°15'S
Subzona 2 37°15'S – 38°40'S
Subzona 3 38°40'S – 40°15'S.

En cada una de estas subzonas se determinó la talla promedio y el correspondiente peso, con los que se obtuvo el TS y el coeficiente de ecointegración, y consecuentemente la densidad, la que fue extrapolada al área

2.1.2.4.1 Método Tradicional

a Biomasa total y fracción recluta

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

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

donde:



- A = área de estudio (mn²)
- \hat{R} = estimador de razón de densidad media por número de intervalos básicos de muestreo.
- \hat{C}_b = coeficiente de ecointegración (t/mn²/Sa).

El coeficiente de ecointegración se calcula según:

$$C_b = \frac{(4 \times \pi \times 10^{\frac{TS_{8k}}{10}})^{-1}}{1000}$$

siendo la razón (\hat{R}) correspondiente a las lecturas acústicas del ecointegrador (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_i = densidad de la transecta i-ésima.
- y_i = número de ESDU (según la norma internacional), en la transecta i-ésima.

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

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



donde:

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

b. Fracción recluta

La fracción en peso de los reclutas para la zona de estudio, se calcula según:

$$\hat{B}_{rl} = \hat{B} \hat{P}_{rl}$$

donde:

- \hat{B}_{rl} = biomasa en peso de los reclutas (t)
- \hat{B} = biomasa total de anchoveta (t)
- \hat{P}_{rl} = porcentaje de los reclutas.

Siendo \hat{P}_{rl} igual a:

$$\hat{P}_{rl} = \frac{\sum_{l=1}^{l_0} Y_l (k \leq k_0)}{\sum_{l=1}^{l_0} Y_l}$$

donde:

- $Y_{l(k \leq k_0)}$ = peso de los reclutas en donde $k_0 = 12$ cm para anchoveta y 10 cm para la sardina común.
- P_l = peso del total de la biomasa.



La biomasa en número de los reclutas se calcula según:

$$\hat{B}_N = \frac{\hat{B}}{\bar{w}}$$

donde \hat{B} es la biomasa estimada en peso (t) y \bar{w} es el peso medio estimado de un ejemplar en el área

c. Método 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, sin embargo, en aquellos casos donde las muestras provienen de una grilla regular, y donde cada una de ellas tiene igual área de influencia, el estimador de Z_v se estima como la media aritmética de los datos de S_a por intervalo básico de muestreo.

d. Método de las tallas

Este método calcula la biomasa por talla en base a la información acústica por ESDU, la información de estructura de tallas por cada lance de pesca, ponderada por la captura en el lance y la relación TS-L de anchoveta.



De este modo la biomasa (\hat{B}) en número por talla se calcula según:

$$N_k = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{Sa_j f_k}{4\pi f_i 10^{\frac{(a+b \log L_i)}{10}}}$$

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:

$$B_{(k)} = N_k a_1 L_k^{b_1}$$

siendo:

- N_k = número de ejemplares en la k-ésima talla
- Sa_j = lectura acústica en la j-ésima ibm
- f_k = frecuencia de la talla k determinada desde los lances de reconocimiento
- T = total de tallas
- f_i = frecuencia de la i-ésima talla, determinada desde los lances de reconocimiento (%).
- a y b = parámetros de la relación TS-L
- L_i = longitud de la i-ésima talla (cm).
- $B_{(k)}$ = peso de la k-ésima talla (g)
- a_1 y b_1 = parámetros de relación peso-longitud
- L_k = longitud de la k-ésima talla (cm)



2.1.2.5 Estimación de la Varianza

b) Estimadores de la Varianza total

El estimador de varianza de la biomasa, se expresa según:

$$\hat{V}(\hat{B}) = \hat{A}^2 * \hat{V}_i(C_b * \hat{R})$$

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 ecointegración (Miranda, 1999)

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

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

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

n_k = número de datos observados en la talla

w_{ik} = peso observado a la talla (promedio o mediana)

\bar{w} = peso estimado a la talla (promedio o mediana)



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

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

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

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

$V(m)$, es la varianza de la pendiente de la regresión TS -longitud

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

$\text{Cov}(b,m)$, es la covarianza

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

σ^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) y bootstrap (Robotham y Castillo, 1990). Adicionalmente se aplica el método de las variables regionalizadas o geoestadístico.

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

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

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

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

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

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

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

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



b. Estratos agrupados (Kirk M. Volter, 1985).

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

donde:

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

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

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

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

c. Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990).

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

donde:

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

siendo \hat{R}_i 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} se encuentra dado por el método 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:

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

y donde,

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

siendo ϕ^{-1} la función inversa de la distribución normal estándar y Z_a es el percentil superior de una normal estándar.

d. Método Geoestadístico

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

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

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

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

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



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

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

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

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

2.1.2.5.2 Varianza de la biomasa de la fracción recluta

a. Varianza de la fracción recluta (en peso)

La varianza de la biomasa de reclutas se calculó según:

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



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:

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

donde:

La varianza de los pesos de reclutas es:

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

La varianza de los pesos por talla es:

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

La covarianza de los reclutas y peso total es:

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



donde:

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

b) Varianza de la abundancia de reclutas (en número)

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

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

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.

c) 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 abundancia
 \hat{B} = Abundancia
t = test de Student
 α = nivel de significación.

Coficiente de variación:

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

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

2.2.1 Distribución espacial de los recursos

La información proveniente del crucero de prospección, procesada según los procedimientos descritos anteriormente se presentó en mapas de distribución geográfica, utilizando una escala de densidad (t/mn²), 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.

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

2.3.1 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 4 y un máximo de 6 estaciones de muestreo, dependiendo de la extensión longitudinal del veril de los 500 m de profundidad, límite longitudinal de cada una de las transectas de muestreo. Las estaciones se situaron a 1, 5, 10, 15, 25 y 30 mn desde la costa (**Fig.. 4**). En cada una de las estaciones oceanográficas se obtuvo registros continuos de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia, hasta una profundidad máxima de 5-10 m sobre el fondo del mar medido por el ecosonda. 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 y termómetros de inversión Kurt-Göhla.

En cada estación de muestreo se recolectó muestras de 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 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.

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 espacialmente y de mejor manera regiones frontogénicas y estructuras horizontales de interés.

En cada una de las estaciones oceanográficas se registraron los siguientes datos meteorológicos: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, visibilidad, y altura y dirección de las olas. Se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).

2.3.2 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 ρ (s, t, p) es la densidad *in situ*, σ_t la densidad a presión atmosférica y z es la profundidad (Pond & Pickard, 1983).

A partir de la información validada, se confeccionaron cartas 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 confeccionaron cartas horizontales con los valores de clorofila-a superficial e integrada (entre 0 y 50 m), 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 Lentz (1992) y aplicada por Sobarzo (1999) utilizando una diferencia de 0,05 °C para reconocer el espesor de esta capa y compararla con resultados de cruceros de similar naturaleza.

El análisis vertical de las variables oceanográficas medidas en este trabajo se realizó a través de: a) secciones oceanográficas para cada una de las variables y en cada una



de las 12 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.

Respecto de la información meteorológica, la información se presenta en forma gráfica para las variables altura de olas, dirección y rapidez del viento, temperatura del aire y presión atmosférica.

2.3.3 Análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

Se recibió, 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, en la región costera y oceánica de Chile centro-sur. Las imágenes fueron recibidas en el Instituto de Investigación Pesquera en un equipo Smart Track y fueron analizadas preliminarmente con el software de recepción satelital (Smart Track) y, posteriormente, con el programa de procesamiento digital ERDAS Imagine versión 8.0.

Las imágenes representan matrices de datos con una resolución espacial de 1,1 x 1,1 km las que fueron corregidas atmosféricamente y posteriormente graficadas y georeferenciadas para finalmente obtener los valores de TSM. La disponibilidad de imágenes de TSM fue condicionada por la nubosidad presente en el área de interés, contándose con un conjunto de 6 imágenes diarias (27 de noviembre, 9, 13, 20, 24 y 26 de diciembre de 1999), de un total de 10 imágenes disponibles, eliminando aquellas cuya cobertura de nubes fue superior a un 25% del total del área de estudio. El análisis de las estructuras superficiales (e.g., reconocimiento de focos locales de surgencia costera, frentes y filamentos de surgencia) se realizó sobre cada una de las imágenes satelitales independientemente y, además, se elaboró una imagen promedio de las seis disponibles.



Para la obtención de una imagen representativa de la temperatura superficial del mar (TSM), a partir de una serie de imágenes satelitales diarias, se desarrolló un modelo para la elaboración de una imagen global utilizando un promedio de los pixeles de cada una de las imágenes pero 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. Lo anterior se indica en la siguiente ecuación:

$$promedio = \frac{\sum_{i=1}^n VP_i}{n_j}$$

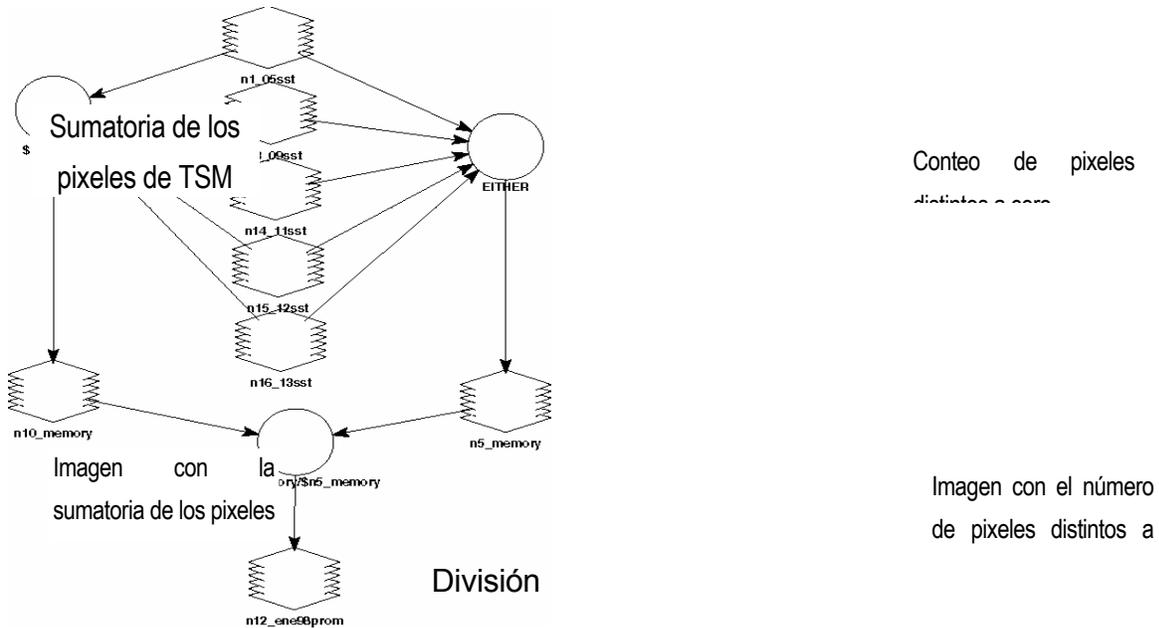
VP_i = valor de pixel (TSM) de la i-ésima imagen

n_j = número de pixeles cuyo valor es distinto a cero

El modelo utilizado en el módulo Spatial Modeler del software ERDAS Imagine versión 8.0, para la elaboración de la imagen promedio se ejemplifica en el siguiente diagrama:

Imagen resultante

Imágenes diarias de TSM



Una vez elaborada la imagen promedio se procedió a aplicar un filtro de mediana (5x5) con el propósito de eliminar el ruido y facilitar la interpretación de la imagen resultante.

2.3.4 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 y el perímetro para las isotermas de 10, 11, 12 y 13 °C, además del número, extensión y dirección predominante de diferentes filamentos de surgencia detectados durante el período de estudio. Con posterioridad al procesamiento estándar de cada una de las imágenes, que permite obtener los valores de TSM, se utilizó como plataforma de trabajo el sistema de información geográfico (SIG) ArcView para PC. El SIG es un conjunto de algoritmos



que permiten ingresar, almacenar, analizar, modelar y desplegar tanto datos geográficos como imágenes.

Las imágenes satelitales ya georreferenciadas fueron ingresadas al SIG y llevadas a una proyección UTM (proyección verdadera). Para cada imagen, las temperaturas se clasificaron en intervalos de 1°C, asignándoles un color representativo para cada grado. Con métodos poligonales del SIG se obtuvo el área y perímetro correspondiente al área ocupada por las isotermas de 10, 11, 12 y 13 °C (Letelier, 1998). Del mismo modo a cada una de las imágenes trabajadas en ArcView se le sobrepuso un mapa de la costa de Chile que incluía la isóbata de los 200 m. Para cada imagen se identificaron los filamentos, se determinó su punto de origen en coordenadas geográficas a partir de la isóbata de 200 m (Ullman & Cornillon, 1999), se determinó su punto final y su extensión en km.

2.3.5 Distribución espacial de los recursos 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 la prospección hidroacústica y de las variables bio-oceanográficas obtenidas en las estaciones oceanográficas, las variables consideradas son: la temperatura en °C, la salinidad en psu, el oxígeno en ml/l, la densidad en sigma-t y clorofila a en µg/l. Asimismo se analizó la información de temperatura y salinidad superficial recolectada mediante el sistema EPCS.



Se determinaron los gradientes horizontales de las variables oceanográficas, para tal efecto se estableció una grilla con una cuadrícula de 1 mn latitudinalmente * 2 mn longitudinalmente, donde el gradiente es la diferencia entre cuadrículas vecinas. También se calcularon los gradientes verticales de la temperatura y salinidad, que se calcularon como la tasa de cambio cada un metro de profundidad en cada estación oceanográfica y luego se interpolaron estas gradientes a cada ESDU, de tal modo de asociarla con la información acústica.

Para efectuar el análisis espacial se emplearon los SIG TNTmips e Idrisi. La información de cada variable consideró los datos provenientes de la superficie. Se crearon los archivos vectoriales con la información de las variables a cartografiar, a continuación se realizó el mapeo de cada variable, interpolando la información mediante el método kriging. Cada carta está compuesta de 180 filas y 360 columnas, los pixeles son de 1 mn².

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

Para estudiar las relaciones entre la distribución de la anchoveta y la sardina común y las variables ambientales se consideró la información de temperatura y salinidades superficiales generadas del EPCS, se elaboraron las series de datos distribuidos latitudinalmente con pasos de 1 mn en el sentido longitudinal de 12 mn para la anchoveta y 10 mn para la sardina común, estas tomadas de las distribuciones longitudinales de cada recurso. Asimismo se calcularon los gradientes térmicos y salinos superficiales, considerando 6 franjas: de la costa a las 2 mn, de las 2 a las 4 mn, de las 4 a las 6 mn, de las 6 a las 8 mn, de las 8 a las 10 mn y de las 10 a las 20 mn.





VII. RESULTADOS

1. Batimetría de la zona de estudio

La batimetría de la zona de estudio (**Fig. 5**) presenta una batimetría global regular en el área de estudio, con una plataforma continental estrecha en la región norte y entre los 37°00'S a 38°00'S, en tanto que entre los 35°30' y los 37°00'S, se presenta una plataforma continental más extensa (Terraza del Itata), situación que se vuelve a manifestar al sur de los 38°00'S.

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

2.1 Condiciones atmosféricas

Las variables meteorológicas medidas en este estudio, *i.e.*, temperatura del aire, presión atmosférica, altura de olas, dirección e intensidad del viento, fueron registradas a bordo del B/I "Abate Molina", y son resumidas en la **Tabla 2** a la forma de promedios diarios para cada variable.

2.1.1 Temperatura del aire y Presión atmosférica

La temperatura superficial del aire fluctuó entre los 10,4 y los 22,4°C ($14,24 \pm 2,73^\circ\text{C}$, $n=55$); no obstante el rango de valores es amplio, temperaturas superiores a los 15°C fueron registradas sólo en el día 10/12/99 ($18,0 \pm 1,001^\circ\text{C}$), en tanto que el resto de las observaciones evidenciaron temperaturas promedio diarias entre los 9,80 y 14,13°C. La **Fig. 6a** muestra la variación temporal de los promedios diarios de la temperatura superficial del aire para el período de estudio.



La presión atmosférica (**Fig. 6b**) se mantuvo relativamente estable durante todo el período de prospección, exhibiendo un rango de fluctuación entre los 1007,5 y los 1019,2 mb ($1016,1 \pm 3,251$ mb, $n=55$).

2.1.2 Altura de olas y Dinámica de los vientos

La **Fig. 6c** presenta la fluctuación temporal de la altura de las olas para todo el crucero. Esta variable fluctuó entre los 1,0 y 7,0 m ($3,75 \pm 1,66$ m, $n=55$), en tanto que las **Fig. 7a** y **7b** muestran la evolución temporal de la velocidad y dirección del viento durante el crucero. La velocidad del viento fluctuó entre períodos de calma y los 32 nudos, presentando las mayores intensidades en el sector norte del área de estudio, centradas en los 20 nudos aproximadamente, para disminuir a partir del día 12/12/99 a valores centrados en 10 nudos, a excepción del día 15/12/99 donde se registro la máxima intensidad promedio diaria cercana a los 28 nudos. La **Fig. 3 e** presenta la magnitud y dirección del viento, observándose en general, una tendencia del viento a fluir desde el SE durante el período de estudio, con un promedio de velocidad de $16,37 \pm 8,57$ nudos ($n= 55$).

2.2 Distribución horizontal de las variables oceanográficas

Se entrega la distribución horizontal de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (expresada como sigma-t), oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a (mg/m^3), en los estratos de profundidad de 5, 25, 50 y 100 m de profundidad.

2.2.1 Temperatura

La **Fig. 8a** muestra la distribución espacial de la temperatura del mar en el estrato de 5 m de profundidad, observándose un descenso térmico con la latitud. Al norte de los 37° S, se detectaron temperaturas más altas ($>16,0^{\circ}\text{C}$) hacia el sector noroccidental del área de estudio contrastando con temperaturas centradas en los $12-13^{\circ}\text{C}$ hacia el



área frente a Talcahuano. Al norte de los 35°S se observó un claro gradiente térmico de aproximadamente 2 °C en 20-30 mn. Ambos gradientes fueron detectados también en el estrato de 25 m (**Fig. 8b**). El sector sur (al sur de los 38°S) presentó aguas frías (12-13°C) sin evidenciar gradientes latitudinales; no obstante, existió un leve gradiente longitudinal con aguas más frías (12 °C) hacia el sector costero, asociadas presumiblemente a aguas provenientes del estuario del río Valdivia (Bahía de Corral).

La distribución de la temperatura en el estrato superficial (**Fig. 8**) evidencia la presencia de aguas más frías (<11 °C) en focos locales de surgencia costera asociadas a Punta Tumbes (36°43'S), Punta Lavapié (37°08'S) y Punta Morguilla (37°43'S).

La distribución térmica horizontal a los 25 m de profundidad (**Fig. 8b**) mostró valores situados sobre la termoclina y, en consecuencia, una situación similar a lo descrito para el estrato de 5 m de profundidad. Se destaca sin embargo, un sector sur bien caracterizado por la isoterma de 11 °C, a excepción de la región costera frente a Corral donde se observaron las temperaturas más bajas (< 10 °C).

En el estrato de 50 m, la distribución horizontal de la temperatura (**Fig. 8c**) reveló aguas frías (entre 10 y 11°C) en gran parte del área de estudio, sin la detección de gradientes latitudinales ni longitudinales de importancia. Por último, a los 100 m de profundidad la distribución de temperatura fue prácticamente homogénea en toda el área de estudio, con valores centrados en torno a la isoterma de 10°C (**Fig. 8d**).



2.2.2 Salinidad

En el estrato de 5 m de profundidad se observó la presencia de aguas más salinas (> 34,4 psu) asociadas al sector costero entre Constitución y Talcahuano (35°-37°S), por efecto del proceso de surgencia de aguas más salinas en ese sector, lo que involucra la detección de leves gradientes salinos longitudinales de aproximadamente 0,4 psu en 30 mn. (**Fig. 9 a**). Entre Punta Lavapié y Punta Morquilla las aguas con salinidades mayores a 34,0 quedaron restringidas al sector más costero de las transectas, en tanto que al sur de Lebu (37°40'S) sólo se detectaron salinidades superficiales menores a 34,0, alcanzando valores de 33,4 en el extremo sur del área de prospección, evidenciando la mezcla de las Aguas Subantárticas (ASAA) con aguas de origen continental.

Al igual que para la temperatura, la distribución horizontal de salinidad a los 25 m de profundidad muestra una situación similar con el patrón de distribución espacial superficial, lo que confirma a este estrato por sobre la termoclina (**Fig. 9b**), sólo en el sector más costero de la región centro-norte se detectaron salinidades mayores a 34,5, ausentes en el estrato superficial, en tanto que las aguas menos salinas (< 34,0 psu) descritas para el nivel superficial no se observan a 25 m de profundidad, indicando un efecto sólo superficial de mezcla con aguas de origen continental. En el estrato de 50 m se aprecia un patrón horizontal similar al reseñado para el nivel de 25 m, esto es, aguas más salinas (> 34,4 psu) hacia el sector costero (< 10 mn), observándose por primera vez salinidades mayores a 34,5 psu en el sector costero entre Bahía Chanco y Talcahuano (**Fig. 9c**).

El estrato de 100 m de profundidad presentó una distribución homogénea de la salinidad, sin la presencia de gradientes latitudinales ni longitudinales, quedando bien caracterizada por la isohalina de 34,5 psu (**Fig. 9d**).



2.2.3 Densidad

El campo horizontal superficial de densidad evidenció un claro gradiente costa-océano en prácticamente toda el área de estudio. En el extremo norte del área de prospección (al norte de los 35°S) los valores de densidad fueron comparativamente menores ($< 25,8 \sigma_t$) en relación a la región central (entre los 35°30'S y los 38°S), donde se detectaron los mayores valores de densidad quedando las aguas más densas ($>26,2 \sigma_t$) restringidos a la región más costera (< 10 mn) situada entre Constitución y Talcahuano, debido al ascenso de aguas producto de surgencia costera (**Fig. 10 a**); en esta región los mayores gradientes longitudinales alcanzaron los $0,6 \sigma_t/20$ mn. Al sur de los 38°S, se destaca la dilución superficial de las aguas producto de mezcla con aguas de origen continental, con valores entre $25,4$ y $25,3 \sigma_t$.

En el nivel de 25 m de profundidad se observó un patrón de distribución similar de la densidad al descrito para el estrato superficial, verificándose densidades mayores a $26,4 \sigma_t$ en el sector más costero de la región central y centro-sur del área de estudio (**Fig. 10b**). 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 levemente menor ($0,5\sigma_t/20$ mn) comparado con los estratos más superficiales (**Fig. 10c**). Por último, y al igual que la distribución de la salinidad, en el estrato de 100 m de profundidad se observó una distribución horizontal homogénea de la densidad, sin la presencia de gradientes longitudinales (**Fig. 10d**), quedando bien caracterizada por la isopicna de $26,6 \sigma_t$.



2.2.4 Oxígeno disuelto

La distribución horizontal de la concentración de oxígeno disuelto en el estrato de 5 m de profundidad (**Fig. 11 a**) presentó dos zonas diferenciables; esto es, la región centro-norte del área de estudio ($35^{\circ}30'S - 38^{\circ}S$), donde se presentó un leve gradiente longitudinal positivo hacia el océano, con valores menores a 3.0 ml/l asociados al área más costera (< 10 mn) entre Constitución y Talcahuano y valores mayores hacia el sector oceánico. Al sur de los $38^{\circ}S$ un estrato más oxigenado (> 6.0 ml/l). Por el contrario, en los 25 y 50 m de profundidad este gradiente latitudinal desaparece, verificándose un claro gradiente costa-océano (positivo al océano) variando entre los 3-4 ml/l en 15-20 mn y, donde las concentraciones mínimas de oxígeno se encontraron asociadas al sector más costero, entre Bahía Chanco y Talcahuano (**Figs. 11b y c**), siendo coincidente con la disminución espacial de las aguas más frías y salinas indicando el efecto de surgencia costera local sobre la distribución de estas variables. En el sector norte del área de estudio, la concentración de oxígeno presentó una distribución homogénea bien caracterizada por las isolíneas de 5 y 4 ml/l para los estratos de 25 y 50 m, respectivamente.

A la profundidad de 100 m, sólo los extremos del área prospectada (norte y sur) presentaron concentraciones de oxígeno disuelto mayores a 2 ml/l (**Fig. 11d**). El sector central, entre los $35^{\circ}30'S$ y los $39^{\circ}S$ presentó concentraciones menores a 1 ml/l, características de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS).

2.2.5 Clorofila-a superficial e integrada

La distribución horizontal superficial de la biomasa fitoplanctónica (estimada como clorofila-a) evidenció valores que fluctuaron entre los 0,5 y los 3 mg/m^3 (**Fig. 12 a**). La región norte, entre los $34^{\circ}S$ y los $36^{\circ}30'S$, presentó concentraciones bajas, menores a $0,8 \text{ mg/m}^3$, con un leve gradiente longitudinal positivo al océano y una región costera con valores bajos, asociados presumiblemente al inicio de un evento activo de



surgencia.. A partir de los 36°30'S las concentraciones comienzan a incrementar, con valores mayores a 2 mg/m³ asociados a las estaciones situadas en el interior del Golfo de Arauco. Entre los 37° y los 38°S, se observa un claro gradiente longitudinal, positivo al océano, de la concentración de clorofila-a, con valores muy bajos (< 0,2 mg/m³) en la región costera (asociado con el frente costero de surgencia) y máximas concentraciones (>2,6 mg/m³) hacia el sector oceánico, revelando una estabilización de las aguas surgentes en la costa. Hacia el sur (al sur de los 38°30'S, ocurre también un gradiente costa-océano, pero esta vez positivo a la costa, donde se revelan concentraciones mayores a 2 mg/m³ sobre la plataforma continental.

Las estimaciones de clorofila-a integrada en la columna de agua (0-50 m; **Fig. 12b**) revelaron valores bajos, fluctuando entre 20 y 60 mg/m² (**Fig. 12b**). Los extremos norte y sur del área de prospección mostraron concentraciones menores a las 30 mg/m², en tanto que la región central, principalmente la asociada a las transectas realizadas entre los 37° y 38°S, se detectaron los valores menores, observándose un claro gradiente longitudinal, positivo al océano, donde se detectaron valores de clorofila-a integrada mayores a los 60 mg/m².

La relación bivariada entre la fluorescencia *in vivo* (u.r.) y la clorofila-a (mg/m³) presentó un buen ajuste lineal con un coeficiente de determinación igual a 0,92 (**Fig. 12c**), en tanto que la relación entre la clorofila-a superficial y la clorofila-a integrada en la columna de agua (0-50 m) no presentó una relación significativa.

2.2.6 Análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM)

No obstante el crucero se desarrolló entre el 2 y el 18 de Diciembre de 1999, se ha analizado imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) de alta resolución que sobrepasan (en días) dicho período, intentando generar una visión global de la evolución de las estructuras superficiales durante el período de muestreo. Las imágenes finalmente analizadas fueron las recepcionadas los días 27/11/99 y 07,



09, 13, 14, 24 y 26/12/99.

La **Fig. 13** muestra claramente la distribución espacial de aguas frías en la región costera del área de estudio, producto de eventos activos de surgencia costera, 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, generando un gradiente importante con la región oceánica, se evidenció prácticamente todo el período de estudio, lo que se observa también en el análisis de la imagen promedio de TSM para el período de cruceo (**Fig. 13h**). No obstante lo anterior, el proceso de surgencia costera se observa claramente incrementado durante los días 07 y 09 de diciembre (**Figs. 13 b y c**), en tanto que en los días posteriores es fácil observar una tendencia decreciente de la surgencia activa, quedando restringida a la región costera entre Constitución y Talcahuano.

Lo anterior es confirmado por la evolución temporal de la cobertura areal y perimetral para las isotermas de 10, 11, 12 y 13 °C calculada a partir de las imágenes satelitales (**Fig. 14**). La representación areal de estas isotermas muestra un estado de mínima surgencia asociado al día 27/11/99, sin la presencia de aguas de 10 °C y con valores muy bajos de cobertura para las isotermas de 11 y 12 °C que no superaron conjuntamente los 2.500 km² y, por el contrario, los días 07 y 09 de diciembre evidenciaron la presencia más de la isoterma de 10 °C, con la mayor cobertura areal registrada para el período de estudio, que alcanzó los 12.000 y 15.000 km², respectivamente. En este mismo período también se incrementó la cobertura de las isotermas de 11 y 12 °C, destacando un área superior a 25.000 km² para la isoterma de 11 °C en el día 07/12/99. En los días posteriores (14-20/12/99), la cobertura para las isotermas representativas de surgencia activa (10 y 11 °C) evidenciaron un claro decremento para hacerse mínimos (< 2.500 km²) hacia los días 24 y 26 de diciembre. Cabe destacar la representación constante de la isoterma de 13°C durante todo el período de estudio, por lo que no indicaría ser un buen indicador de surgencia activa para el área de estudio.



En forma complementaria se observaron filamentos de surgencia (**Fig. 15**) determinados (número, extensión y orientación) a partir de imágenes satelitales de TSM. En general los filamentos se distribuyeron al norte de los 37°S como respuesta dinámica a salientes topográficas, tuvieron una orientación NW y fluctuaron entre los 32 y 219 km de longitud ($104,9 \pm 42$ km). Los filamentos más extensos fueron detectados los días 27 de noviembre y 07 y 09 de diciembre coincidente con eventos de surgencia más activos a lo largo del área de prospección.

2.2.7 Distribución vertical de las variables oceanográficas

2.2.7.1 Secciones oceanográficas

A continuación, se describe la distribución vertical de las variables medidas a lo largo de cada una de las transectas realizadas.

Transecta 1. La transecta 1 situada inmediatamente al norte de Punta Topocalma (ver **Fig.** 4), evidenció la presencia de un proceso local de surgencia costera en su distribución vertical. Sobre los 100 m de profundidad, se observó una estructura térmica caracterizada por un claro gradiente longitudinal, positivo al océano, debido al ascenso hacia la costa de las isoterms de 13 y 12 °C hasta romper en superficie en las 10 y 5 mn desde la costa, respectivamente (**Fig. 16 a**), lo que implicó la presencia de aguas aproximadamente 4 °C más cálidas en el extremo oceánico de la transecta (20 mn) estableciendo una mayor estratificación en esta región con una termoclina situada entre los 25 y 50 m de profundidad, en tanto que hacia la región costera no se observó estratificación vertical (estaciones 3 y 4).

Esta distribución vertical de la temperatura fue consistente con la distribución vertical de la salinidad (**Fig. 16b**) y de la densidad (**Fig. 16c**), en las que también fue observado el ascenso hacia la costa de las isohalinas de 34,2 y 34,3 y de la isopicna de 26,0, mostrando un claro gradiente longitudinal, esta vez positivo a la costa, con salinidades (0,4 psu) y densidades ($0,8 \sigma_t$) mayores en la región costera. Ambas



distribuciones evidenciaron también una clara estratificación sólo en la mitad oceánica de la transecta, con una leve haloclina situada entre los 80 y 120 m, y una clara picnoclina entre los 25 y 75 m de profundidad.

Entre los 100 y los 300 m de profundidad la temperatura estuvo bien caracterizada por las isotermas de 10 y 11 °C, descendiendo monotónicamente a valores menores a 7°C hacia la máxima profundidad de muestreo (500 m). Asimismo, para el estrato comprendido entre los 150 y 350 m de profundidad, tanto la salinidad como la densidad presentaron una distribución relativamente homogénea, con salinidades fluctuando entre 34,4 y 34,5 psu y densidades entre 26,4 y 26,6 σ_t , denotando la presencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS). La salinidad disminuyó levemente (34,4, psu) hacia la máxima profundidad de muestreo (500 m) verificándose en forma incipiente la presencia de Aguas Intermedias Antárticas (AIA).

La distribución vertical de oxígeno disuelto evidenció un ascenso hacia la costa de las isolíneas de concentración de 3 y 2 ml/l hacia la región costera verificando un gradiente longitudinal de 1,5 ml/l y una oxiclina situada entre los 50 y 100 m de profundidad (**Fig. 16d**). Entre los 150 y 350 m de profundidad se observaron concentraciones menores a 1,5 ml/l, con valores menores a 1 ml/l entre los 200 y 350 m, corroborando la presencia de AESS en este estrato de profundidad. El aumento de las concentraciones de oxígeno (2,0-2,5 ml/l) entre los 400 y 500 m confirman la incipiente presencia de AIA.



La concentración de clorofila-a como estimador de la biomasa fitoplanctónica en la región de estudio se presenta por medio de secciones transversales que consideran sólo los primeros 100 m de profundidad. Los valores de clorofila-a en la transecta 1 (**Fig.** 16e) dos núcleos de concentraciones mayores a 1.0 mg/m^3 , esto es, uno de carácter superficial situado en la región costera (Estación 3) y otro que alcanzó valores mayores a 2.2 mg/m^3 , de carácter subsuperficial (30-40 m) situado en el extremo oceánico de la transecta. Bajo los 50 m de profundidad la variable presenta valores menores a 0.2 mg/m^3 a lo largo de todo el transecto.

Transecta 3. La transecta 3 alcanzó sólo las 10 mn desde la costa. Al igual que en la transecta 1, la distribución térmica vertical en el estrato superficial (hasta 100 m) presentó un ascenso de las isotermas de 13 y 12°C hacia la costa ($< 5 \text{ mn}$), manteniendo un mayor grado de estratificación hacia el extremo oceánico de la transecta (**Fig.** 17 a), con una termoclina situada entre los 40 y 70 m de profundidad. La salinidad y densidad también mostraron gradientes longitudinales, positivos hacia la costa, debido al ascenso de la isohalina de 34,2 y de la isopicna de 26,2, revelando un mayor grado de estratificación en la estación más oceánica (**Figs.** 17 b y c). Bajo los 150 m, la distribución vertical de la salinidad muestra a las AEES ocupando similar espesor que para la transecta 1, esto es, entre 150 y 350 m, encontrándose salinidades mayores a 34,6 (máximo salino) entre los 200 y 230 m de profundidad. Hacia las profundidades máximas de muestreo (500 m) se detectaron salinidades menores a 34,5 evidenciando la presencia de AIA.

La concentración superficial de oxígeno disuelto fue levemente mayor en la región costera, centrado en la isolínea de 5 ml/l donde también se observó un ascenso de las isolíneas de concentración de 4 y 3 ml/l (**Fig.** 17d). En el estrato comprendido entre los 150 y 330 m se detectaron aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto, caracterizando a las AEES, Bajo este nivel, la concentración de oxígeno se incrementa con valores superiores a 3 ml/l a partir de los 500 m de profundidad.

La distribución vertical de la clorofila-a en esta transecta evidenció concentraciones



menores a 1 mg/m^3 (**Fig. 17e**), asociadas a dos pequeños núcleos subsuperficiales (ambos entre los 20 y 30 m). El resto de la transecta presentó valores bajos ($< 0.5 \text{ mg/m}^3$).

Transecta 7. A diferencia de las dos transectas anteriores, la distribución vertical de temperatura reveló aguas frías ($< 12 \text{ }^\circ\text{C}$) a lo largo de todo el transecto, con un leve gradiente térmico positivo al océano y sin la presencia de termoclinas (**Fig. 18 a**). El estrato entre los 50 y 250 m de profundidad estuvo bien caracterizado por la isoterma de 10°C , en tanto que, bajo esta profundidad, la temperatura descendió monótonicamente hasta alcanzar valores menores a 8°C . La salinidad mostró también poca variación, con un leve gradiente superficial (0-100 m) con valores mayores a 34,4 psu en la plataforma continental y menores a 34,4 psu hacia el extremo oceánico de la transecta (**Fig. 18b**). Al igual que en las transectas anteriores, entre los 100 y 300 m de profundidad se detectó salinidades mayores a 34,5 psu caracterizando las AESS, para disminuir a valores menores a 34,4 (AIA) bajo los 400 m.

El campo vertical de densidad en esta transecta (**Fig. 18 c**), exhibió similar distribución que lo reseñado para la transecta anterior, con un claro ascenso de aguas más densas (isopicnas de 26,2 y 26,3) hacia la costa, rompiendo en superficie en las cercanías de las 10 mn, lo que induce a un sector oceánico más estratificado con una picnoclina situada entre los 40 y 80 m de profundidad. Lo anterior sumado a las bajas temperaturas en todo el transecto, revela el efecto de focos locales de surgencia en esta región durante el período de muestreo. Bajo los 150 m, la densidad disminuye a una tasa constante con la profundidad alcanzando valores mayores a $26,8 \sigma_t$.

Transecta 9. La transecta 9, situada a la cuadra de Punta Nugurne (36°S) tuvo una extensión de 35 mn. La distribución vertical de la temperatura presentó una situación muy similar a la transecta anterior, esto es, un leve gradiente longitudinal superficial (0-100 m) con aguas más cálidas en $2 \text{ }^\circ\text{C}$ en el extremo occidental del transecto (**Fig. 19 a**). Se observa un leve ascenso hacia la costa de las isotermas de 12 y $11 \text{ }^\circ\text{C}$,



lo que involucra una mayor estratificación en la región oceánica. Tanto el gradiente costa-océano (esta vez positivo a la costa) como el ascenso de aguas, se observó también en las variables salinidad y densidad. El ascenso costero de aguas frías fue consistente con el ascenso de isohalinas de 34,4 y 34,5 psu y de las isopicnas de 26,1 y 26,3 σ_t (**Figs. 19 b y c**) reflejando un proceso local de surgencia costera en esta región, lo que fue confirmado por la distribución de las isoconcentraciones de oxígeno disuelto, mostrando un claro ascenso de la isolínea de 1 ml/l hacia la costa, alcanzando los 50 m de profundidad, lo que involucró la presencia de una clara oxiclina a lo largo de todo el transecto (**Fig. 19d**).

Bajo los 150 m de profundidad, las cuatro variables analizadas reflejan el dominio de las AESS, caracterizada por aguas frías ($<10^\circ\text{C}$), salinas ($>34,5$ spu), densas ($26,6 \sigma_t$) y pobres en contenido de oxígeno disuelto (< 1 ml/l). La disminución de la salinidad ($< 34,4$ psu) y el incremento en las concentraciones de oxígeno disuelto (>2 ml/l) bajo los 400 m de profundidad revelan la presencia de AIA.

Al igual que lo descrito para las transectas anteriores, la distribución vertical de la clorofila-a en esta transecta muestra dos núcleos subsuperficiales diferenciables, uno asociado a la zona costera (el más importante) con valores mayores a 1.5 mg/m^3 , el que no se extiende más allá de los 20 m de profundidad y, otro menos intenso ($>1.0 \text{ mg/m}^3$) pero más extendido verticalmente (10-50 m) asociado a la región más occidental del transecto (**Fig. 16e**). Como en las transectas reseñadas con anterioridad, el sector intermedio y bajo los 60 m de profundidad mostró bajas concentraciones de clorofila las que no superaron los 0.5 mg/m^3 .

Transecta 11. La distribución vertical de la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto (**Figs. 20 a, b, c y d**) en el transecto 11, situado inmediatamente al norte de la Bahía de Concepción, evidenció un claro proceso de surgencia de aguas hacia la región costera. Cabe destacar la presencia de AESS sobre la plataforma continental de manera más notoria que en las transectas anteriores, indicando un proceso local de



surgencia más fuerte, donde aguas frías ($< 11\text{ }^{\circ}\text{C}$), salinas ($> 34,5\text{ psu}$), densas ($> 26,6\text{ }\sigma_t$) y pobres en oxígeno ($< 1\text{ ml/l}$) alcanzaron la superficie en la estación más costera (estación 21). Esta distribución involucró la presencia de gradientes costa-oceano para todas las variables físicas (más marcados para las variables salinidad y oxígeno disuelto).

En forma similar a lo reseñado para las transectas anteriores, bajo los 150 m se detectó la presencia de AESS, la que tiene un espesor menor que en la región norte, alcanzando los 250 m de profundidad. Bajo los 300 m, la disminución de la salinidad y el aumento de las concentraciones de oxígeno disuelto revelan la presencia de AIA.

En forma similar a lo reseñado con anterioridad, la transecta 11 presentó dos núcleos sub superficiales (10 m) de clorofila-a, con concentraciones superiores a los 1.5 mg/m^3 (**Fig. 20e**), valores que disminuyen considerablemente ($< 0.5\text{ mg/m}^3$) bajo los 50 m de profundidad a lo largo de todo el transecto.

Transecta 13. La transecta 13, situada en la boca grande del Golfo de Arauco, mostró una distribución espacial diferente a las reseñadas en todas las transectas anteriores para las variables físicas.

La estructura vertical de la temperatura mostró una columna de agua homogénea (sin termoclina), con aguas más frías que en las transectas anteriores, frías caracterizada por las isotermas de $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y sin la presencia de gradientes longitudinales (**Fig. 18 a**). No obstante la homogeneidad en la distribución térmica, el patrón de distribución vertical de la salinidad es modificado por la presencia superficial de aguas de salinidades menores ($< 34,1\text{ psu}$), debido a la mezcla de las ASAA con aguas de origen continental asociadas al río Bío-bío (**Fig. 21 b**). En las estaciones 29 y 30, las AESS no se observaron en el estrato superficial (0-100 m), lo que sólo se detectó en la estación más costera, probablemente debido a la influencia de una lengua de surgencia retenida en el sector de la boca grande del Golfo de Arauco.



Transecta 15. El campo vertical de distribución de las variables físicas medidas, revelan un leve ascenso de las isóneas de temperatura (12 y 11 °C), salinidad (34,2 y 34,3 psu), densidad (26,2 σ_t) y concentración de oxígeno disuelto (3 y 2 ml/l) en el estrato superficial (0-100 m), indicando un foco local moderado de surgencia de aguas hacia la región costera (**Figs. 22 a, b, c y d**). Una leve haloclina y picnoclina situada entre los 50 y 100 m de profundidad se detectó en la región oceánica del transecto.

Al igual que en transectas anteriores, entre los 150 y 350 m de profundidad se distribuyeron las AESS (salinidades mayores a 34,4 psu), aunque en esta oportunidad sólo se observaron concentraciones de oxígeno disuelto mayores a 1 ml/l. De igual manera, bajo los 400 m y hasta la máxima profundidad de muestreo, el aumento de la concentración de oxígeno disuelto (> 2 ml/l) y la disminución de la salinidad (<34,3 psu) revelaron la presencia de AIA en este estrato.

La clorofila-a presentó las mayores concentraciones en el final de la transecta (10 mn) con valores mayores a 2.5 mg/m³ (**Fig. 22e**), núcleo que se extiende longitudinalmente y en el estrato de 10-20 m hacia la región costera. Bajo los 30 m la concentración de clorofila fue muy baja (0.5 mg/m³).

Transecta 17. En esta transecta, situada a los 38 °S, se observó una estratificación térmica leve a lo largo de todo el transecto (**Fig. 23 a**) y gradientes longitudinales de salinidad y densidad asociados a la presencia de aguas más diluidas (< 33,9 psu) en el extremo occidental del transecto, lo que hace que en este sector se verifique una capa de mezcla mayor (ca., 40 m) y una haloclina entre los 50 y 80 m de profundidad. En el sector costero se observó un gradiente más intenso pero a su vez más superficial (10-20 m) de salinidad y densidad (**Fig. 23 b, c**). De igual forma, la concentración de oxígeno disuelto reveló un estrato superficial bien oxigenado (< 5 ml/l) en todo el transecto, con un leve ascenso de las isóneas de 3 y 4 ml/l hacia la costa. Concentraciones de 2,5 ml/l de oxígeno disuelto se observaron sobre toda la



plataforma continental (**Fig. 23 d**).

Bajo los 100 m de profundidad se detecta muy débilmente la presencia de AESS (principalmente en la estación occidental), donde se alcanza a observar un pequeño núcleo de concentraciones mínimas de oxígeno entre los 150 y 250 m de profundidad, aunque no se detectó la presencia clara de un máximo salino, característico de las AESS. Nuevamente, la disminución de la salinidad y el aumento en las concentraciones de oxígeno disuelto, bajo los 350 m de profundidad, revela la presencia constante de las AIA en este estrato.

La distribución de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila-a presentó valores mayores a 0.5 mg/m^3 en el estrato superficial (0-30 m) con un núcleo superficial de concentraciones mayores a 2.0 mg/m^3 asociado al sector oriental de la transecta, generando un gradiente de concentraciones entre los 10 y 20 m de profundidad. Bajo los 30 m de profundidad, se detectan concentraciones bajas de clorofila que no superan los 0.5 mg/m^3 (**Fig. 23e**).

Transecta 19. Al igual que lo informado para la transecta anterior, la distribución vertical de la temperatura presentó un estrato superficial (0-100 m) caracterizado por la presencia de un gradiente longitudinal, positivo al océano, estableciendo aguas más cálidas ($> 13 \text{ }^\circ\text{C}$) hacia el extremo oceánico y, aguas comparativamente más frías (11°C) hacia la costa, lo que generó una estratificación vertical sólo en la región oceánica del transecto, con una virtual ausencia de capa de mezcla y una termoclina situada entre la superficie y los 30 m de profundidad (**Fig. 24 a**). Bajo los 100 m, la temperatura disminuye a una tasa relativamente constante hasta alcanzar valores menores a los $7 \text{ }^\circ\text{C}$ bajo los 500 m de profundidad. Por otra parte, la distribución transversal de la salinidad, evidenció la presencia de salinidades menores ($< 33,8 \text{ psu}$) en el extremo occidental del transecto (**Fig. 24b**), dilución que implicó la presencia de un leve gradiente costa-océano (positivo a la costa), con una haloclina sólo identificable en la región oceánica (entre las 10 y 20 m) situada entre los 60 y 100 m



de profundidad.

No fueron detectadas salinidades mayores a 34,5 psu; no obstante, se pudo distinguir un delgado estrato de concentraciones mínimas de oxígeno, situado entre las 120 y 200 m, disminuyendo a un espesor de sólo 20 m hacia el sector occidental de la transecta, destacándose la débil presencia de las AESS en esta latitud. La presencia de las AIA se observó a partir de los 280 hacia la máxima profundidad de muestreo, principalmente por la disminución de la salinidad y del aumento de las concentraciones de oxígeno disuelto (**Fig. 24d**), siendo mucho más superficial comparada con las transectas reseñadas para la región centro-norte del área de prospección.

La distribución vertical de la clorofila-a reveló un extenso núcleo superficial (0-10 m) de concentraciones mayores a 2 mg/m³, situado entre las 10 y 20 mn (**Fig. 24e**), generando un claro gradiente vertical entre los 20 y 30 m de profundidad. Bajo los 30 m y, en el sector más costero de la transecta (1-5 mn) se detectaron valores bajos (< 0.5 mg/m³).

Transecta 21. La distribución térmica vertical evidenció un comportamiento similar en toda la transecta, sin gradientes longitudinales superficiales (**Fig. 25 a**), situación distinta a lo reseñado para la transecta anterior, y una tasa de disminución constante con la profundidad a partir de los 100 m. Por el contrario, el campo vertical de salinidad y densidad fue muy similar a las transectas informadas con anterioridad, mostrando signos de mezcla superficial con aguas de origen continental (< 33,9 psu) en las estaciones más occidentales de la transecta y la presencia de aguas con salinidades menores a 34,2 psu sobre la plataforma continental. Se observó un leve vestigio de la presencia de AESS bajo los 150 m de profundidad (**Fig. 25 b**), lo que es corroborado por la virtual ausencia de aguas pobres en oxígeno en este estrato (**Fig. 25 d**).

A diferencia de la transecta anterior, en esta oportunidad se detectó un núcleo superficial (0-10 m) costero con valores mayores a 2.5 mg/m³ (**Fig. 25e**). Al igual que



en las transectas precedentes, los valores de clorofila fueron bajos entre los 20 y las máximas profundidades de muestreo.

Transecta 23. La transecta 23, situada al norte de la Bahía de Corral (estuario de los ríos Valdivia y Tornagaleones) mostró un patrón de distribución vertical de las variables físicas medidas muy similar a la transecta anterior, situada a la cuadra de Puerto Saavedra, esto es, la ausencia de gradientes longitudinales de temperatura, la ausencia de estratificación térmica vertical (**Fig. 26 a**), así como la presencia de mezcla superficial (< 20 m) con aguas continentales, revelando salinidades y densidades menores (< 33,8 psu, < 25,8 σ_t) en la región occidental de la transecta (**Figs. 26 b, c**). Sobre la plataforma continental, se observó la presencia de salinidades y densidades mayores (> 34,0 psu y > 26,0 σ_t), lo que se acentuó en el extremo costero de la transecta (> 34,2 psu).

Transecta 25. La transecta 25 está situada en los 40°S, siendo el extremo sur del área prospectada. La cercanía de la bahía de Corral y de la región de los fiordos y canales del sur de Chile tiene efecto en la distribución de las variables físicas medidas en este sector. A diferencia de todas las transectas reseñadas para la región centro-sur del área de prospección, es notable el claro gradiente longitudinal superficial (primeros 100 m), positivo al océano, en la distribución vertical de la temperatura, lo que involucró aguas 4°C más cálidas en el extremo occidental del transecto (**Fig. 27 a**) en contraste con el extremo costero, donde se verificaron aguas frías (< 11°C) sobre la plataforma continental. Lo anterior implicó la presencia de estratificación sólo en las estaciones oceánicas, con una termoclina situada entre los 30 y 50 m de profundidad. Bajo los 150 m de profundidad, la temperatura disminuyó a una tasa constante con la profundidad hasta alcanzar valores menores a 7 °C hacia las máximas profundidades de muestreo.

La distribución vertical de salinidad mostró el patrón recurrente de las últimas tres transectas, esto es, una evidente dilución superficial (< 33,4 psu) por mezcla con aguas



de origen continental y una mayor y más superficial estratificación salina en el sector costero (**Fig. 27b**). A diferencia de lo reseñado para las transectas anteriores, no fue detectada la presencia subsuperficial de las AESS, debido a la ausencia de salinidades mayores a 34,4 psu y concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml/l}$) (**Fig. 27 d**).

La transecta más austral del área de prospección presentó un núcleo subsuperficial (20-30 m) de concentraciones mayores a 1.5 mg/m^3 , situados en la región intermedia de la transecta (**Fig. 27e**), el cual se extiende hacia la región más costera del área de estudio.

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 mostró una estratificación térmica mayor hacia el sector occidental, producto de la presencia de aguas levemente más cálidas y menos salinas en dicho sector (**Figs. 28 a, b**). De igual forma, la distribución vertical de oxígeno disuelto presentó un estrato superficial más oxigenado ($> 5 \text{ ml/l}$) hacia el sector occidental y un claro ascenso de las isolíneas de 2 y 1 ml/l hacia el sector oriental de la transecta, lo que implicó un estrato situado bajo los 30 m con aguas pobres en oxígeno disuelto (**Fig. 28 d**). La concentración de clorofila-a (**Fig. 28 e**) presenta una asociación de los mayores valores ($> 2 \text{ mg m}^3$) con aguas más cálidas y menos salinas situadas en la región occidental del transecto.



La transecta situada en el fondo de saco del golfo, de una profundidad centrada en los 30 m (**Fig. 29 a, b, c, d, e**) mostró una distribución térmica con poca variación vertical, quedando bien caracterizada por las isotermas de 11 y 12°C; situación de homogeneidad similar a lo detectado para la salinidad, donde toda la sección se presentó isohalina a 34.4-34.5 psu. Por el contrario, la distribución de la concentración de oxígeno disuelto (**Fig. 29 d**) presentó una distribución más estratificada verticalmente, con un leve ascenso, producto del efecto batimétrico, hacia el sector oriental del transecto, notándose aguas con concentraciones mínimas de oxígeno (<1ml/l) hacia las profundidades mayores de muestreo. Asimismo, la concentración de clorofila-a mostró un claro gradiente longitudinal, positivo hacia el sector occidental, donde al igual que en sector intermedio del transecto, se detectaron concentraciones mayores a 3 mg/m³, diferenciándose del sector oriental que presentó muy bajas concentraciones de clorofila-a (< 1.0 mgm³).

Transecta longitudinal costera. La **Fig. 30** muestra la distribución espacial de las variables medidas en un corte paralelo a la costa, incorporando estaciones costeras, donde es posible reconocer en el estrato superficial (0-100 m), tres regiones claramente delimitadas, esto es, a) una zona situada en el extremo norte (34°-35°S) con la presencia de un lente de aguas más cálidas (> 13°C), menos salinas y densas (<34,2 psu y <25,8 σ_t) y bien oxigenadas (> 4 ml/l) sobre los 30 m de profundidad, sin la presencia de AESS que evidencien el ascenso de aguas profundas producto de focos locales de surgencia, b) una región central situada entre los 36° y los 38°30'S, caracterizada por la presencia de aguas más frías (10 y 11°C), más salinas y densas (> 34,4 psu y 26,4 σ_t) y menos oxigenadas (< 1 ml/l) debido al ascenso de AESS producto del proceso de surgencia costera en este sector, y, c) una región sur, localizada entre los 37°30' y los 40°S, que se caracterizó por la presencia de salinidades y densidades superficiales (< 30 m) menores por efecto de mezcla de las ASAA con aguas de origen continental, lo que implicó un dominio de las isohalinas de 34,0 psu y de las isopícnas de 25,8 σ_t en este estrato. La distribución de oxígeno disuelto mostró un estrato superficial bien oxigenado (>5 ml/l) sin la presencia evidente



de AESS sobre la plataforma continental de este sector.

La distribución longitudinal de la clorofila-a mostró una variación clinal de es a biomasa fitoplanctónica con valores menores a 0.5 mg/m^3 en la región norte del área prospectada y, la presencia de núcleos subsuperficiales (5-15 m) de concentraciones mayores a 2.5 mg/m^3 al sur de los 38°S . A lo largo de toda la transecta, bajo los 25 m de profundidad las concentraciones de clorofila-a fueron menores a $0,5 \text{ mg/m}^3$ (**Fig. 30e**).

Transecta longitudinal oceánica. De manera similar a lo reseñado en los párrafos anteriores, la **Fig. 31** 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. La distribución latitudinal de la temperatura reveló, para el estrato superficial (0-100 m) un claro gradiente térmico, con aguas más cálidas $> 15^\circ\text{C}$ y mayor estratificación de la columna de agua en el extremo norte (al norte de los $34^\circ30'\text{S}$) y aguas más frías ($<12^\circ\text{C}$), producto de focos locales de surgencia costera y sin estratificación vertical, en la región central de la transecta ($36^\circ\text{-}37^\circ30'\text{S}$), para luego experimentar un leve incremento superficial hacia el extremo austral del área de estudio. A nivel subsuperficial, es claro el ascenso hacia el sur de la isoterma de 10°C desde aproximadamente los 200 m en la región norte a los 70 m en el extremo sur, en tanto que bajo los 300 m de profundidad, todo el transecto presenta un descenso monótonico de la temperatura hasta alcanzar valores menores a 7°C hacia la máxima profundidad de muestreo (**Fig. 31 a**).

La salinidad, por su parte, evidenció un claro gradiente superficial en sentido norte-sur, con aguas bien caracterizadas por la isohalina de 34,2 psu en el extremo norte de la transecta y salinidades menores a 33,8 asociadas al sector centro-sur del área de estudio, producto de la dilución por mezcla de las ASAA con aguas continentales, lo que implicó una mayor estratificación salina (**Fig. 31 b**). En la mitad norte de la transecta (al norte de los 37°S), bajo los 150 m de profundidad, fue detectado el



dominio de las AESS, con salinidades mayores a 34,5 psu, estrato que presentó un espesor de aproximadamente 200 m en el extremo norte del área de prospección y, que se hace más estrecho hacia los 37 °S, alcanzando sólo un espesor de 60 m. Aguas con salinidades de 34,4 psu se proyectaron subsuperficialmente hacia el sur de los 37°S, alcanzando los 39°30'S.

La densidad evidenció también un leve gradiente superficial, con densidades menores en las estaciones del extremo norte y sur ($<25,6 \sigma_t$), en tanto que en la región central se verificaron densidades superficiales mayores. En general, se observó una pycnoclina bien delimitada situada entre los 30 y 80 m de profundidad y bajo los 150 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 bajo los 350 m (**Fig. 31c**).

La distribución longitudinal oceánica de la concentración de oxígeno disuelto (**Fig. 31d**) muestra un estrato superficial bien oxigenado (> 5 ml/l) sin la presencia de gradientes longitudinales. En la región norte de la transecta fueron detectadas concentraciones mínimas de oxígeno, situadas entre los 100 y 250 m de profundidad (extremo norte) para ir disminuyendo su espesor a sólo 20 m (38°S), en consistencia con la escasa representatividad de las AESS a latitudes mayores. Bajo los 400 m la concentración de oxígeno disuelto se incrementaron hasta alcanzar valores mayores a 2,5 ml/l, característicos de las AIA a esas profundidades.

La distribución longitudinal de la clorofila-a (**Fig. 31e**) mostró, al igual que para la transecta costera, un gradiente latitudinal de concentraciones en el estrato superficial (< 40 m), verificándose concentraciones menores a 1.0 mg/m^3 al norte de los 37°S y



valores comparativamente mayores ($> 2.0 \text{ mg/m}^3$) hacia el sector sur. Bajo los 50 m de profundidad la concentración de clorofila-a mostró valores menores a 0.5 mg/m^3 .

2.2.7.2 Perfiles verticales promedio

Las **Figs. 32 a la 34** presentan los perfiles verticales promedio para todas las variables oceanográficas medidas en este estudio. Los perfiles verticales promedio (más su desviación estándar) fueron graficados para cada una de las transectas realizadas.

En el estrato superficial (0-100 m) la distribución vertical promedio de la temperatura (**Fig. 32 a**) evidenció tres regiones diferenciables, esto es: a) un sector norte (al norte de los $34^{\circ}30'S$) caracterizado por la presencia de una somera capa de mezcla, fluctuando entre los 5 y 17 m de profundidad, mayores gradientes térmicos (variando entre los -0.133 y $-0.275 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ m}$) y profundidades base de la termoclina (PBT) entre los 69 y 112 m, b) una región central, entre los $35^{\circ}30'$ y los $37^{\circ}30'S$ (transectas 7 a la 15) caracterizada por una capa de mezcla levemente mayor (entre 10-40 m), gradientes térmicos comparativamente menores que fluctuaron entre los -0.047 y $-0.125 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ m}$, estableciendo (cuando fue identificable) una PBT variando entre los 35 y 65 m de profundidad; por último, c) la región situada al sur de los 38°S (transectas 17 a la 25), caracterizada nuevamente por máximos gradientes térmicos comparativamente más altos que en la región central (-0.118 - $-0.650 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$) y una capa de mezcla y PBT menores, similares a las reseñadas para la región norte. Bajo los 200 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. 32 b**), también evidenció diferencias latitudinales importantes; por un lado, la mitad norte del área de estudio (al norte de los 37°S , transecta 13) caracterizada por gradientes salinos menores y haloclinas identificables sólo en las transectas del extremo norte (transectos 1 y 3), en tanto que 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 una mayor estratificación salina (**Fig. 32b**).

La distribución vertical promedio de la densidad (**Fig. 33 a**) evidenció picnoclinas definidas en la región sur (al sur de los 37 °S) y en el extremo norte del área de estudio (transecta 1 y 3), siendo éstas más acentuadas al sur de los 39 °S donde se aprecia con mayor claridad la influencia de aguas continentales y de los fiordos y canales del sur de Chile sobre la distribución vertical de esta variable. 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 σ_t .

La distribución promedio de oxígeno disuelto, por su parte, evidenció gradientes verticales identificables en la mayoría de las transectas realizadas (**Fig. 33 b**). La presencia y extensión de la oxiclina, lo cual estuvo asociada con la distribución latitudinal de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) presentó diferencias latitudinales en los perfiles promedio de esta variable. La profundidad en la cual se detectó la presencia de aguas pobres en oxígeno (isolínea de 1 ml/l) fue, en promedio, mayor en el extremo norte del área de estudio (transectas 1 y 3), fluctuando entre los 119-179 m; en tanto que, en la región central donde se verificaron focos locales de surgencia costera, la profundidad de la mínima de oxígeno fue significativamente menor (21-89 m), para luego incrementar nuevamente hacia el extremo sur del área prospectada (97-211 m) Así, entre las transectas 12 y 23 presentaron estas características, en tanto que a partir de la transecta 11 hacia el sur, no se aprecia la presencia masiva de aguas con concentraciones mínimas de oxígeno. Bajo los 350-400 m se detectó un progresivo incremento de la concentración promedio de oxígeno disuelto lo que se asocia a la presencia de las AIA a esa profundidad.



La distribución vertical promedio de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila-a (**Fig.** 34 a) presentó, en general, máximos subsuperficiales de concentración, asociados principalmente a los 25 m de profundidad. Las transectas 2, 3, 4 y 18 valores máximos superficiales evidenciados como núcleos en sectores localizados al interior de la transecta, lo cual produce un alto grado de variación en el rango entre los valores detectados en la sección costa-océano. Esto no se observó en las transectas donde la distribución de la clorofila-a fue homogéneamente baja en toda la sección transversal.

Los perfiles realizados en las transectas del Golfo de Arauco (**Fig.** 34b) presentaron escasa variación vertical de salinidad y la presencia de una termoclina débil, situada entre los 5 y 15 m de profundidad.

2.2.7.3 Estabilidad vertical

La distribución vertical de la estabilidad es presentada para los perfiles verticales de las estaciones dispuestas en las transectas 3 (sector sur), 9 (sector centro) y 25 (sector norte), donde se observó diferencias latitudinales y longitudinales. En las estaciones oceanográficas del sector norte del área de estudio (ejemplificadas por la transecta 3, **Fig.** 35 a), se evidenciaron valores de estabilidad con máximos entre $2.5 - 4.8 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. Este sector evidenció un gradiente longitudinal (costa-océano), con valores más altos asociados a la estación más oceánica, destacando además, una profundización de los valores máximos de estabilidad en esta región, situándose cerca de los 30 m de profundidad en contraste con la estación más costera donde más superficialmente (*ca.*, 15 m)

En la región central del área de estudio (ejemplificada por la transecta 9, **Fig.** 35b), los máximos valores de estabilidad fluctuaron entre los 1.8 y $3.2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$, siendo menores que en la región norte y, evidenciando una profundización del valor máximo de estabilidad hacia el sector oceánico. Por último, en el sector sur (ejemplificadas por la transecta 25, **Fig.** 36), se verificó los mayores valores de estabilidad, con máximos



que fluctuaron entre los 7.2 y los $10.0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. Asimismo, los valores máximos de estabilidad en las estaciones más cercanas a la costa fueron muy superficiales (5 m, estaciones 52 y 53), observándose una profundización hacia el océano, donde el máximo se ubicó aproximadamente a los 30 m de profundidad.

Los gradientes verticales relativamente importantes de densidad (estabilidades mayores $0,2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$), tienden a desaparecer bajo los 200 m, profundidad a la cual la columna de agua presenta un campo vertical de densidad más homogéneo.

Los mayores valores de estabilidad, asociados a la ubicación vertical de los máximos gradientes de densidad, fluctuaron principalmente entre los 10 y 50 m de profundidad, situación muy coincidente con lo reportado por Núñez *et al.* (1996) para un crucero de similar naturaleza realizado en diciembre de 1995 (FIP 95-08; Castillo *et al.*, 1996); así como también es coincidente la profundización de los máximos valores de estabilidad hacia la región oceánica de las transecta. Por el contrario, considerando que los máximos valores de estabilidad fluctuaron entre los 1.8 y $7.2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$, este rango de valores de estabilidad fueron menores a los reportados para el crucero de similar naturaleza los que superaron en la gran mayoría de los casos los $10 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$, superando en ciertas ocasiones los $25 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ (Núñez *et al.*, 1996).

En este crucero se destaca la localización de los mayores valores de estabilidad hacia el sector sur del área de estudio, situación que no se verificó en el crucero de diciembre de 1995 (Núñez *et al.*, 1996); no obstante, si se observó en cruceros de similar naturaleza (hidroacústica) que han analizado la hidrografía invernal en similar área de estudio (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994, Núñez & Ortiz, 1999).



2.2.8 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. 34**. La carta de distribución horizontal de la PBT (**Fig. 37 a**) mostró un claro gradiente longitudinal, positivo hacia el océano, sólo en la parte norte (al norte de los 27°S) del área de estudio, lo que implicó la profundización de la PBT desde los 50 m (región costera) hasta profundidades superiores a los 90 m (región oceánica), situación que se acentuó en las transectas 1 y 3, situadas en el extremo norte, donde las PBT fueron mayores (entre 80-110 m).

En tanto, el sector sur (al sur de los 37°S) evidenció una PBT comparativamente menos profunda que en la zona norte, no superando los 70 m de profundidad. De igual manera, no fueron detectados gradientes longitudinales de importancia, con excepción del extremo sur (39°-40°S), donde se observó diferencias de ca., 30 m en la posición vertical de la PBT.

Por otra parte, la PCM (**Fig. 37b**) no superó los 30 m de profundidad, observándose que las estaciones más oceánicas de la transecta frente a Talcahuano fueron las que presentaron mayor profundización de la capa de mezcla (>30 m). A partir de los 37°30'S hacia el sur, la profundidad de la capa de mezcla fue muy somera, no superando la profundidad de 5 m.

Por último, la PMO (**Fig. 37c**) presentó una distribución consistente con lo reseñado en el análisis horizontal y vertical de las variables físicas medidas en este estudio, esto es, una región central (entre Constitución y Talcahuano) y costera (<10 mn), caracterizada por valores de PMO menores a 50 m, asociado a la presencia de focos locales de surgencia de AESS hacia la costa, lo que implicó la presencia de un claro gradiente costa-océano, positivo al océano, donde se detectaron PMO mayores a 100 m. Esta situación contrasta fuertemente con lo observado para la región sur (al sur



de los 37°30'S) donde no fueron detectados gradientes longitudinales de importancia y, la ausencia de focos importantes de surgencia y el progresivo debilitamiento de la presencia de AESS hacia latitudes mayores (de hecho PMO no fue detectada al sur de los 39°S), implicó que la PMO se encuentre bien caracterizada por la isolínea de 100 m en esta región.

La distribución espacial de los valores de la PCM tuvieron un comportamiento muy similar a lo reseñado por Núñez *et al.* (1996) para el crucero hidroacústico correspondiente al FIP 95-08 (diciembre de 1995), donde reportan PCM para la región costera los que no superan los 15-20 m, espesor que tiende a aumentar hacia el océano: Esta situación también fue coincidente con lo descrito por Sobarzo (1999) para la región costera frente a Talcahuano (marzo de 1994) donde describe una PCM con valores promedio menores a 7 m y un rango de fluctuación de la PCM entre 0 y 20 m de profundidad. En cambio, 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, los valores son mucho mayores para este crucero (entre 40-90 m) que lo descrito para diciembre de 1995 (entre 10-40 m).

2.2.9 Distribución espacial superficial medida con EPCS

La distribución horizontal de los registros efectuados con el EPCS se presentan en las **Figs. 38 a la 40** para cada una de las transectas realizadas, pudiendo identificarse zonas de gradientes térmicos y salinos y de concentración de clorofila-a en gran parte de las transectas, especialmente en la 5, 10, 12, 15, 16, 17, 19 y 23. En las transectas donde no hubo gradientes longitudinales superficiales (e.g., transectas 7 y 11) fueron consistentes con lo observado en las secciones oceánográficas.



También se analizó la información recolectada en la navegación intertransectas, la que es presentada en las **Figs. 41 y 42** donde 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 complejo Itata-Bíobío en la intertransecta entre los 36.5-37°S (**Fig. 41**), observándose un descenso espacialmente muy focalizado de la salinidad a valores menores a 32 psu, situación muy similar a la descrita al sur de los 39.50 °S (**Fig. 42**) relacionada con el estuario del río Valdivia, donde también se observaron valores menores de salinidad espacialmente muy localizados.

2.2.10 Diagramas TS

En la descripción de las masas de agua que se presentan frente a la costa de Chile, históricamente se han caracterizado en los primeros 1.000 metros de profundidad, las a) Aguas Subantárticas (ASAA), masa de agua cuyo origen corresponde a la zona de Convergencia Antártica, desde la cual se proyecta al norte bordeando la costa chilena asociada a la Corriente de Perú; b) Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), caracterizando la corriente subsuperficial que fluye bajo la Corriente de Perú con dirección al sur, situada entre los 100 y 380 metros de profundidad frente a la costa central de Chile. Su origen se encuentra al el norte de los 15°S y está caracterizada por un bajo contenido de oxígeno (< 1 ml/l) altas salinidades (34,5 psu) y una temperatura que varía entre 15 y 8°C; c) Aguas Intermedias Antárticas (AIA), las que presentan una trayectoria hacia el norte situándose entre los 500 y los 1000 m de profundidad. Su origen corresponde también a la Convergencia Antártica y están caracterizadas por presentar salinidades entre los 34,2 y 34,4 psu y temperaturas entre 8 y 5°C y, por último d) las Aguas Profundas del Pacífico (APP) que se encuentran a una profundidad superior a los 1000 metros y se caracterizan por presentar salinidades mayores a 34,5 y temperatura menores a 4°C.



El análisis de las masas de agua presentes en la zona de estudio reveló los siguientes índices termosalinos:

Las ASAA presentaron una variación de temperatura entre 10,0 y 12,1°C y un rango de salinidad de 33,90 a 34,26 psu. Las AESS presentaron un rango de salinidad de 34,43 y 34,59 psu y una variación de temperatura entre 9,0 y 11,2°C. Las AIA, por su parte, evidenciaron temperaturas entre 5,45 y 7,5°C y salinidades entre 34,28 y 34,38 psu.

El análisis bivariado de la temperatura versus la salinidad (diagramas TS) 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 situadas en el sector sur del área de prospección (**Fig. 43**). Subsuperficialmente es clara la presencia de las AESS, caracterizadas por valores de salinidad mayores a 34,5 psu y temperaturas entre 10 y 8 °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 8°C.

Los índices termohalinos reportados aquí describen a las ASAA y las AESS como las masas de agua predominantes en la columna de agua, con una presencia incipiente de las AIA hacia las máximas profundidades de muestreo. Lo anterior es consistente con lo reseñado por diversos autores para la región de estudio (Brandhorst, 1971; Silva & Konow, 1975; Silva & Neshyba, 1977; Silva, 1996; Strub *et al.*, 1998). Considerando cruceros de similar naturaleza, los resultados descritos en este informe son consistentes con lo reportado por Núñez *et al.* (1996) para la región costera frente a Chile central y centro-sur evaluada en diciembre de 1995, así como también con la evaluación primaveral (oct-nov. 1996) realizada en la región costera de Chile centro-sur por Castro *et al.* (1997) y para la invernal (jun.-jul.) en la región oceánica (Figueroa *et al.*, 1994; Núñez & Ortiz, 1999).

3. Biología pesquera



3.1 Resultados de los lances de pesca

La distribución geográfica de los lances de pesca realizados durante el crucero de investigación se muestra en la **Fig. 4**. En el área de estudio (San Antonio-Valdivia) se efectuaron un total de 25 lances de pesca, obteniéndose en 21 de ellos (84%) capturas de anchoveta y sardina común.

Las pescas de identificación se realizaron con una red de arrastre de mediagua, con un tamaño de malla en el copo de 13 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 especial énfasis en anchoveta y sardina común. Respecto de estos recursos, se determinó la estructura de tallas a 2.442 ejemplares de anchoveta y 5.161 de sardina común. Además se efectuaron muestreos biológicos a los ejemplares y se obtuvo información de pesos totales, sexo y estado de madurez. Posteriormente, se determinó la fracción de reclutas de ambos recursos por lance de pesca, asociándolas a las lecturas obtenidas en el monitoreo acústico.

El resumen de operación por lance de pesca de crucero se entrega en la Tabla 3. Al respecto, la captura total alcanzó los 18.202 kg. de los cuales 1.616 kg. (8,8%) correspondieron a anchoveta y 7.007 (38,5%) a sardina común. La captura por lance de anchoveta presentó una alta variación, fluctuando entre los 0,73 a 493 kg/lance, en tanto, que la sardina común varió desde 0,04 hasta 2.006 kg.

Los lances de pesca tuvieron una duración promedio de 37 minutos y se efectuaron en su mayoría entre los 3 y los 25 metros de profundidad (**Tabla 3**). La velocidad de arrastre fluctuó con mayor frecuencia entre los 2,9-4,4 nudos, recorriéndose una distancia promedio de 2,2 millas/lance.

3.2 Determinación de la estructura de tamaños de anchoveta



En la zona de San Antonio se realizó un lance exitoso, entendiéndose como tal a aquellos lances en que se obtuvo capturas de anchoveta para muestreo, no importando su cantidad. Por otra parte, la distribución de longitudes por lance indicó una presencia mayoritaria de reclutas en las capturas (100% en número) (**Figs. 44, 45 y 48**). En esta zona se presentó una distribución bimodal, con modas en los 6,5 y 10,0 cm (**Fig. 44**). El lance se efectuó a los 15 m profundidad (referida a la posición de relinga superior de la red). La longitud promedio para el total de individuos fue de 7,4 cm y el peso promedio fue de sólo 3,0 g.

En la zona de Talcahuano se efectuaron 5 lances de pesca exitosos entre los 5-25 m de profundidad (**Tabla 3**). Los tamaños fluctuaron entre los 5,0 a 14,5 cm, presentándose un grupo principal con moda en los 6,5 cm, aunque también hubo presencia de ejemplares mayores en el lance N° 12 (**Fig. 44 y 48**). El porcentaje de reclutas en número fue 97%. La longitud promedio total fue de 7,7 cm y la longitud de los reclutas de 7,5 cm. El peso promedio del total fue de 3,5 g. y el de los reclutas de 3,2 g.

En la zona de Valdivia se realizó un lance de pesca exitoso a 10 m de profundidad (**Tabla 3**). Los tamaños presentaron una amplitud entre los 14,0 y 18,5 cm y una distribución unimodal, destacándose el grupo de ejemplares adultos con una moda principal en los 15,0 (**Fig. 48**). El porcentaje de reclutas en número y peso fue de un 0%. Para el total de ejemplares la longitud y peso promedio fue de 15,0 cm y 22,8 g, respectivamente.



En términos generales, en el área de estudio (San Antonio-Valdivia) se realizaron 25 lances de pesca, capturándose anchoveta en 7 de ellos, cuyos tamaños fluctuaron entre los 5,0 - 18,5 cm (**Fig. 44**). El porcentaje de reclutas en número y peso fue de un 84 y 44%, respectivamente. La longitud total fue de 8,6 cm y los reclutas 7,4 cm. El peso promedio total total fue de 6,2 g y los reclutas pesaron 3,3 g.

La distribución de frecuencia de longitud ponderada por las capturas de anchoveta fue bimodal, con un grupo principal de reclutas situado entre los 8,5-12,0 cm y un grupo secundario con moda en los 15,0 cm (**Fig. 45**).

3.3 Determinación de la estructura de tamaños de sardina común

En la zona de San Antonio no se captura sardina común (**Tabla 3, Fig. 46 y 47**).

En la zona de Talcahuano se efectuaron 13 lances exitosos con captura de sardina común (lances N° 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18). Los tamaños de la sardina común fluctuaron entre 4,0 y 10,5 cm, presentándose una moda principal en los 5,5 cm. El porcentaje de reclutas en números y peso fue de un 100%. La longitud promedio total fue de 5,5 cm y el peso promedio total de 1,4 g.

En la zona de Valdivia se registraron 5 lances exitosos (lances N° 21, 22, 23, 24 y 25) (**Tabla 3**). Los tamaños de la sardina común fluctuaron entre 4,0 y 8,0 cm y presentaron una distribución unimodal centrada en los 5,5 cm (**Fig. 46 y 49**). El porcentaje de reclutas en número y peso fue de un 100%. La longitud promedio total fue de 5,9 cm y el peso promedio total de 1,7 g.

En términos generales, en el área de estudio (San Antonio – Valdivia) se realizaron 25 lances de pesca, capturándose en 18 de ellos sardina común, lo que representa un 70,2%. La distribución de tamaños presenta una distribución unimodal, con moda centrada en los 5,5 cm. El rango de tamaño fluctuó entre 4,0 y 10,5 cm. La longitud promedio total fue de 5,6 cm y el peso promedio total de 1,5 g (**Fig. 46**).



La distribución de frecuencia de longitud ponderada por la captura de sardina común es unimodal centrada en 5,5 cm en la que se muestra una leve diferencia de tamaño en los lances n° 4, 5, 6 y 10 que tienen una moda inferior de 5,0 cm (**Fig. 47**).

3.4 Determinación de la proporción sexual en anchoveta y sardina común

La determinación de la proporción sexual fue posible establecerla en anchoveta, porque durante el período del crucero se capturaron individuos adultos. En la zona de San Antonio en la totalidad de los lances de pesca, se registró una presencia mayoritaria de juveniles (estadio 0) (**Fig. 50**). En esta zona de pesca predominaron los ejemplares indeterminados con un 100 %.

En los lances efectuados en la zona de Talcahuano, se presentó una proporción sexual de un 62,5%, predominando las hembras en los ejemplares mayores a los 9,5 cm (**Fig. 50**). En esta zona de pesca, los ejemplares indeterminados representaron un 94,6% y los adultos 5,4%.

En los lances de pesca realizados en la zona de Valdivia, la proporción sexual fue de 5,1% y predominaron los machos a longitudes mayores a los 14,0 cm. La tendencia de la proporción sexual por tamaños, fue bastante distinta a la observada en las zonas anteriores (**Fig. 50**). En esta zona de pesca no se registraron ejemplares indeterminados.

En términos globales, la proporción sexual de anchoveta en la totalidad de los lances de pesca realizados en el Crucero fue de un 19,3%, con una predominancia de machos en ejemplares adultos mayores a los 9,5 cm. En la totalidad del crucero el porcentaje de ejemplares indeterminados fue de un 83,8% y de adultos de un 16,2%.

Respecto a la proporción sexual de la sardina común en la zona de Talcahuano, hubo un 100% de ejemplares inmaduros y en la zona de Valdivia un 99,6%. Para el área de



estudio los ejemplares inmaduros representaron el 99,9%.

3.5 Determinación de los estados de madurez de anchoveta y sardina común

En la zona de San Antonio, el 100% de los ejemplares de anchoveta estaban inmaduros y no se registraron hembras adultas (**Fig. 51A**).

En la zona de Talcahuano, el 6,1% de los ejemplares estaban inmaduros. La mayor parte de las hembras se encontraron en estado 2 (78,8%) y los estado 1 y 3 fueron de 12,1 y 3,0%, respectivamente. No se observaron ejemplares en estadios mayores a 3 (**Fig. 51A**).

En la zona de Valdivia, no se registraron ejemplares inmaduros; las hembras se encontraron mayoritariamente en estados 3 (91,8%) y en estado 2 (8,2%). No se registraron otros estadios (**Fig. 51A**).

En el área de estudio el 44,3% de los ejemplares se encontraban inmaduros, y las hembras se encontraban mayoritariamente en estado 3 (39,1%) y en estado 2 (14,8%) y estado 1 (1,7%). Cabe señalar que en la zona de Valdivia se observó un atraso del proceso reproductivo con relación a la zona de Talcahuano. Este resultado coincide con el proceso reproductivo que tiene la anchoveta en la zona Norte, donde el proceso de desove se inicia en el norte y termina en el sur. Cabe mencionar que el índice gonadosomático de la anchoveta en la zona Centro-Sur durante el mes de diciembre disminuye significativamente, lo cual implica el término del proceso de desove, esto concuerda con lo encontrado en el Crucero.

Las hembras maduras de anchoveta que han desovado, reinician el ciclo reproductivo en estado 2, esto implica en la zona de Talcahuano la totalidad de las anchovetas había desovado, mientras que en la zona de Valdivia, se encontraban hembras iniciando el proceso de maduración gonádica.



Respecto a los estadios de madurez de la sardina común en la zona de San Antonio y Talcahuano, no se encontraron hembras maduras y en la zona de Valdivia se registraron el 100% en estadio 2, lo cual significa que la sardina común había desovado cuando se realizó el crucero. Esto concuerda con el patrón histórico del índice gonadosomático de estas especies, en esa época del año las sardinias se encuentran en el período post-desove, iniciando el reposo sexual que se extiende desde diciembre a mayo (**Fig. 51B y 52B**).

3.6 Determinación de los pesos medios

Durante el presente crucero no fue posible obtener un muestreo de los pesos medios debido a que no contó con una balanza adecuada para pesar ejemplares a bordo con la precisión necesaria de 0,1 g. Las balanzas “japonesas” empleadas no pudieron operar por la inestabilidad de la plataforma de trabajo, a causa de las condiciones ambientales.

Los pesos medios empíricos por longitud fueron obtenidos a través de la información biológica pesquera del monitoreo de la pesquería pelágicas del mes de noviembre (**Fig. 53**). En la **Tabla 4** se entrega la misma información en que se compara los pesos teóricos obtenidos con la regresión In-lineal y no lineal y en la **Tabla 5** se mencionan los parámetros estadísticos de las regresiones.



Al respecto, se puede constatar un alto grado de ajuste en todos los modelos determinados para la relación longitud-peso de anchoveta y sardina común ($R^2 > 0,90$) (**Tabla 4, Fig. 53**).

Cabe destacar que los ejemplares de ambas especies presentaron, un peso promedio menor con la regresión In-lineal a longitudes menores en relación al modelo no lineal. Esta diferencia relativa fluctuó en anchoveta desde 7,0% (5 cm) a 0,4% (18,5 cm) (**Tabla 4**). Con respecto a la sardina común, las diferencias fluctuaron desde -11,4% (4,0 cm) a -3,1% (10,5 cm) (**Tabla 4**).

4. Estimación de la abundancia y la biomasa de la fracción adulta y juvenil de la sardina común y anchoveta que se incorporan en el periodo de máximo reclutamiento a la pesquería.

4.1 Calibración hidroacústica

La calibración hidroacústica del ecosonda científico Simrad EK-500 se realizó en Valparaíso el 21 de diciembre de 1999, bajo buenas condiciones atmosféricas y oceanográficas. Para la calibración se utilizaron esferas de cobre de 60 y 21 mm de diámetro diseñadas para la frecuencia de 38 y 120 Khz, respectivamente.

Los resultados de la calibración en la frecuencia de 38 khz, frecuencia de trabajo en la prospección se entregan en la **Tabla 6**. Al comparar los resultados en la **Tabla 6** con el promedio de resultados históricos, presentados en la **Tabla 7**, se observa que las variaciones entre ellos son inferiores a ± 0.4 dB lo que indica un buen funcionamiento y estabilidad del sistema acústico utilizado.



4.2 Estimación de la biomasa

El estimado de biomasa de anchoveta se realizó considerando los siguientes factores:

$$TS = 20 \text{ LOG } (L) - 73,36$$

$$\text{PESO} = 0,006004824 L^{3,039451049}$$

$$L \text{ prom subzona 1} = 6,8 \text{ cm}$$

$$L \text{ prom subzona 2} = 10,2 \text{ cm}$$

$$L \text{ prom subzona 3} = 8,1 \text{ cm}$$

$$L \text{ prom subzona 4} = 15,0 \text{ cm}$$

$$L \text{ prom total} = 8,65 \text{ cm}$$

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

$$TS = 20 \text{ LOG } (L) - 72,5$$

$$\text{PESO} = 0,00470 L^{3,22697}$$

$$L \text{ prom subzona 1} = 4,9 \text{ cm}$$

$$L \text{ prom subzona 2} = 5,6 \text{ cm}$$

$$L \text{ prom subzona 3} = 6,1 \text{ cm}$$

$$L \text{ prom total} = 5,59 \text{ cm}$$

4.2.1 Anchoveta

La biomasa total de anchoveta varió entre 370.054 y 343.200 t , según el método de estimación aplicado (**Tabla 8**) y con una densidad promedio entre 69,9 y 57,9 t/mn², las mayores estimaciones se alcanzaron con los métodos conglomerados y estratos los que fueron alrededor de 7% mayores que los estimados con el método geoestadístico y bootstrap. De esta biomasa total el 63,3% se concentró entre los paralelos 38°30'S y 39°20'S correspondiente a la subzona 4 (38°30'S – 40°15'S), donde se presentó una



densidad promedio de 426,1 t/mn² . Esta concentración se explica por el efecto combinado de un relativo mayor grado de agregación de la especie y por estar constituido por peces de mayor talla (L prom. 15,0 cm).

La fracción reclutas de anchoveta en peso, varió entre 162.824 y 151.650 t (**Tabla 8**) equivalente al 44,0% de la biomasa total la que se localizó principalmente al norte del Golfo de Arauco.

La abundancia total fluctuó entre 55.354,8 y 59.686,13 millones de ejemplares, siendo los mayores estimados con los métodos conglomerados-estratos y la fracción reclutas correspondió al 84% de esta abundancia, variando entre 46.695,74 y 50.136,35 millones de ejemplares según el método aplicado (**Tabla 9**).

4.2.2 Sardina común

En el caso de la sardina común la biomasa total varió entre 227.397 y 267.212 t (**Tabla 10**) con una densidad promedio de 67,9 y 81,5 t/mn², siendo los mayores estimados los alcanzados con los métodos bootstrap y conglomerados-estratos. Esta biomasa estuvo constituida exclusivamente por peces considerados reclutas. Concentrándose el 39% de la biomasa al norte de punta Lavapié, correspondiente a la subzona 1, donde se presentó una densidad de 103,4 t/mn² , esta subzona también presentó las tallas promedio más bajas de la zona de estudio.

La abundancia de sardina común varió entre 177.336,2 y 152.615,4 millones de ejemplares, siendo los mayores estimados los alcanzados con los métodos bootstrap y conglomerados-estratos, los que fueron alrededor de un 14% superior al estimado con el método geoestadístico (**Tabla 11**).



4.2.3 Método de las tallas

La biomasa de anchoveta estimada según el método de las tallas, para toda la zona de estudio alcanzó a 370.184 t (**Tabla 12**) con una densidad promedio de 83,4 t/mn² y 13,93 millones/mn², La subzona 4, registró las mayores densidades con 426,64 t/mn² y 18,93 millones/mn². La biomasa de los ejemplares inferiores a 12 cm considerados reclutas alcanzó a 131.469 t (35,5%) (**Fig. 54**).

La abundancia total se estimó en 61.809,86 millones de ejemplares siendo 51.107,20 millones de ejemplares (82,7%) con tallas menores o igual a 12 cm.

El comportamiento gregario presentado por la anchoveta 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 63% de la biomasa total y el 16% de la abundancia, mientras que en la subzona 1, dominado por peces de menor talla se concentró el 49,3% de la abundancia y solo el 15% de la biomasa (**Fig. 54**), la subzona 3 también presentó una relativa alta concentración de abundancia (29%) equivalente al 15% de la biomasa.

En el caso de la sardina común se estimó una biomasa total de 252.601 t correspondiendo íntegramente a peces calificados en la categoría de reclutas. La abundancia fue de 193.708,3 millones de ejemplares (**Tabla 13**). Dada la homogeneidad en la estructura de tallas de esta especie no se registran las diferencias entre la abundancia y la biomasa que presentó la anchoveta, observándose una tendencia a concentrarse al norte de punta Lavapié (subzona 1), donde se presentó el 49,5% de la abundancia total de la zona y el 50,4% de la biomasa (**Fig. 55**).



4.2.4 Precisión de los estimados de biomasa

Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la biomasa total de sardina común fluctuaron entre 0,18 y 0,38 según el método de estimación utilizado (**Tabla 10**), alcanzándose la mayor precisión con el método de las variables regionalizadas, mientras que el CV mas alto se obtuvo con el método de los conglomerados (0,38), estos resultados determinaron un error del 29,7% para el metodo geostadístico y un 63,2% para el método de los conglomerados.

Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la biomasa total de anchoveta variaron entre 0,40 y 0,48 según el método de estimación utilizado (**Tabla 8**), obteniéndose la mayor precisión con el método de las variables regionalizadas y el bootstrap, mientras que el método de los conglomerados presentó el CV mayor (0,48), estos niveles del coeficiente de variación se reflejaron en errores entre 67,1 y 79,3%, siendo el menor para el estimado con el método de las variables regionalizadas.

La fracción reclutas presentó un CV entre 0,30 y 0,35 siendo los menores CV los alcanzados con el método bootstrap y estratos y el más alto con el método de los conglomerados.

La abundancia de sardina común presentó un CV entre 0,18 y 0,38, obteniéndose el menor valor con el método geoestadístico (**Tabla 11**), lo que determinó coeficientes de error entre 29,7 y 63,2%.

La abundancia total de anchoveta tuvo un CV entre 0,30 y 0,35 (**Tabla 9**), siendo el menor el alcanzado con el bootstrap, representando coeficientes de error entre 50,0 y 57,6%. La fracción reclutas de la abundancia tuvo un CV de 0,35 y 0,41 y errores entre 58,1 y 68,3%.



4.3 Distribución espacial de los recursos

4.3.1 Total de especies

El total de especies corresponde a la distribución espacial de todas las especies pelágicas detectadas, representado en consecuencia la distribución sumada de ellas (**Fig. 56**).

4.3.2 Anchoqueta

La anchoqueta se distribuyó en sectores costeros, destacándose su presencia en dos áreas (**Fig. 57**), hacia el norte de la desembocadura del río Itata ($36^{\circ}20'S$) que se extendió hasta la desembocadura del río Rapel ($34^{\circ}00'S$), en el que es posible destacar las relativamente altas concentraciones ubicadas en el paralelo $35^{\circ}50'S$ y al oeste de punta Achira ($36^{\circ}15'S$) y; desde la isla Santa María ($37^{\circ}00'S$) hasta el sur de caleta Queule ($39^{\circ}20'S$), destacándose sus relativamente altas concentraciones al oeste de Isla Santa María, norte de isla Mocha y en las cercanías de puerto Saavedra ($39^{\circ}00'S$). En el sentido latitudinal y aun cuando la anchoqueta se registró en media agua, su distribución se limitó por los veriles de los 50 a 100 m.

Las lecturas acústicas asignadas a anchoqueta alcanzaron hasta los 25.000 Sa, valores que se registraron hacia puerto Saavedra, en este sector las altas lecturas se presentaron entre las 3 y 4 de la madrugada presentándose en forma de estratos. En el sentido vertical la anchoqueta se localizó entre los 4 y 50 m de profundidad, apreciándose que las mayores profundidades se registraron entre las 7 y 12 del día y las menores en los periodos nocturnos (después de las 21 horas) (**Fig. 58**). Al respecto es importante destacar que dada la latitud y el periodo del año, la oscuridad se produce entre las 21 y las 6,15 horas.

Considerando los resultados alcanzados en los lances de pesca y la distribución espacial de la anchoqueta, es posible señalar que los reclutas estuvieron presentes desde el norte de la zona de estudio hasta el sector de la isla Mocha, mientras que en



las cercanías de puerto Saavedra se localizaron individuos adultos.

4.3.3 Sardina Común

Esta especie presentó una distribución costera prácticamente continua desde el sur de la desembocadura del río Itata ($36^{\circ}20'S$) hasta Corral ($39^{\circ}55'S$). Las mayores concentraciones de sardina común se localizaron desde la desembocadura del río Itata hasta el saco del Golfo de Arauco ($37^{\circ}10'S$), con lecturas acústicas que llegaron hasta los 30.000 Sa, desde punta Carnero ($37^{\circ}30'S$) hasta Corral, disminuyendo las altas concentraciones de sardina hacia el sur. Aún cuando esta especie se localizó preferentemente en media agua, su distribución espacial estuvo limitada por los veriles entre 35 y 60 m (**Fig. 59**).

Las lecturas acústicas por ESDU asignadas a sardina alcanzaron hasta las 57.000 Sa, con los mayores registros entre las 6 y 14 horas. En el sentido vertical, esta especie se registró entre los 7 y 59 m, con la mayor frecuencia en los primeros 27 m.

5. Distribución de la sardina común y la anchoveta respecto a algunas variables oceanográficas y topográficas.

5.1 Distribución vertical de la anchoveta y sardina común

5.1.1 En relación con el fondo del mar

En las Fig. 60 y 61 se muestran las posiciones de las densidades de anchoveta y sardina común en relación a la profundidad del fondo (en metros). Se observa que la anchoveta se distribuye en áreas que presentan un fondo marino no superior a los 225 m, con una clara preferencia por zonas donde el fondo marino es inferior a los 75 m de profundidad. En cuanto a la sardina común está se distribuye desde los 20 a los 250 m de profundidad del fondo marino, y mayoritariamente en zonas donde el fondo



se localiza entre los 25 y 125m. Estos resultados permiten corroborar la posición costera de estos recursos.

5.1.2 En relación con la termoclina

En las **Fig. 62** y **63** se muestran la posición batimétrica inicial y final de la termoclina en el sentido latitudinal y en el sentido longitudinal en el área prospectada.

Se observa que existen cuatro áreas de profundización de la termoclina estas están situadas desde el inicio de la zona de estudio hasta latitud $34^{\circ}50' S$, entre el $35^{\circ} 30'S$ y el $37^{\circ}S$, entre el $37^{\circ} S$ y el $38^{\circ}S$, y entre el $38^{\circ} 45'$ y el $39^{\circ}30'S$; en las tres últimas se observaron eventos de surgencia durante el desarrollo del estudio. En esas áreas, antes señaladas, el inicio de la termoclina se reporta a 25 m, 36 m, 20 m y 15 m respectivamente, mientras que en las áreas intermedias se reporta sólo entre 3 y 10 m (**Fig. 62** y **63**). Asimismo se observan cuatro áreas de profundización de la termoclina donde se recibe aporte de afluentes.

5.1.2.1 Anchoqueta

En la columna de agua la anchoqueta se situaba desde los 5 m hasta los 32 m de profundidad. Un análisis entre la posición batimétrica del recurso y de la termoclina permite señalar que el 58 % de la anchoqueta se sitúa dentro de los límites superiores e inferiores de la termoclina, que el 36 % de los ecotrazos correspondiente a la anchoqueta presentaban sobre el límite superior de la termoclina y el 5% en la inferior (**Fig. 62**).



En la **Fig. 64** se muestra la distribución de la densidad de la anchoveta expresado en S_a , respecto al gradiente térmico vertical. La densidad de anchoveta se descompone en 4 categorías: baja (1 - 375), media (376 – 752), buena (753 – 1504) y alta (> 1504). Los resultados indican que la anchoveta se presenta en zonas donde el gradiente térmico se encuentra entre 0°C y $0,3^\circ \text{C}$, una excepción a lo anterior lo constituye la presencia de un ecotrazo de la categoría alta que se encuentra a $0,5^\circ \text{C}$. La anchoveta muestra una clara preferencia por franjas donde el gradiente térmico es inferior a $0,2^\circ \text{C}$.

5.1.2.2 Sardina común

En la columna de agua la sardina común se situó desde los 8 m hasta los 38 m de profundidad. Un análisis entre la posición batimétrica del recurso y de la termoclina permite señalar que el 37 % de la sardina común se sitúa dentro de los límites superiores e inferiores de la termoclina, que el 39 % de los ecotrazos correspondiente a la sardina común se presentaron sobre el límite superior de la termoclina y el 24% en la inferior (**Fig. 63**).

En la **Fig. 65** se muestra la distribución de la densidad de la sardina común expresado en S_a , respecto al gradiente térmico vertical. La densidad de sardina común se descompone en 4 categorías: baja (1 - 375), media (376 – 752), buena (753 – 1504) y alta (> 1504). Los resultados indican que la sardina común se presenta en zonas donde el gradiente térmico se encuentra entre 0°C y $0,31^\circ \text{C}$, la sardina común muestra una clara preferencia por franjas donde el gradiente térmico es inferior a $0,2^\circ \text{C}$.



5.2 Distribución de la anchoveta y sardina común y las condiciones bio-oceanográficas

5.2.1 Densidad de anchoveta

El mapa de distribución de la anchoveta está basado en 32.400 celdas (**Fig. 66a**). En los mapas se observa que en general el recurso presentó un comportamiento gregario. El índice de ocupación ($IO = n^\circ \text{ de celdas positivas} / n^\circ \text{ de celdas totales}$) es de 26,26 %.

5.2.1.1 En relación con la temperatura

La imagen de la temperatura superficial del mar (TSM) recolectados mediante el EPCS, muestra que en el área se presenta TSM desde 9 °C hasta 16 °C (**Fig. 66b**).

En relación a la distribución de anchoveta y la TSM se observa que esta se presentó entre los 10°C y los 14 °C, con una moda de 13 °C (**Fig. 67**).

5.2.1.2 En relación con la salinidad

La imagen de la salinidad superficial del mar (SSM) recolectados mediante el EPCS muestra que en el área se presenta desde 33,2 psu hasta superiores a 34,5 psu (**Fig. 66c**). Desde el límite norte del área de estudio hasta la latitud 37° 20' S se observa una clara predominancia de aguas de alta salinidad, que se presenta en forma de una cuña invertida. Hacia el sur del área de estudio predominan aguas de baja densidad.

En relación a la distribución de anchoveta y la SSM se observa que esta se presenta entre 33,5 psu hasta 34,4 psu, con dos modas una en 33,9 psu y otra en 34,4 psu (**Fig. 67**).

5.2.1.3 En relación con el oxígeno



La imagen de oxígeno superficial del mar (OSM) muestra que en el área se presenta desde 0,1 ml/l hasta superior a 10,5 ml/l (**Fig. 66d**).

En relación a la distribución de anchoveta y el OSM se observa que esta se presenta en un rango entre 1,5 y 10,5 ml/l, con una moda en 4,5 ml/l (**Fig. 67c**).

5.2.1.4 En relación con la densidad agua

La imagen de la densidad superficial del mar (DSM) muestra que en el área se presenta desde 24,75 sigma-t hasta 26,5 sigma-t (**Fig. 66d**).

En relación a la distribución de anchoveta y el DSM se observa que esta se presentaba en un amplio rango entre 25,00 y 26,25 sigma-t, con una moda a 26 sigma-t (**Fig. 67**).

5.2.1.5 En relación con la clorofila “a” integrada

La imagen de la clorofila-a integrada (cloa) muestra que en el área se presenta desde 0,5 mg/m³ hasta valores superiores a 2,5 mg/m³ (**Fig. 66f**). Desde el norte del área de estudio hasta la latitud 36° S (Punta Nugurne) existe baja presencia de cloa, mientras que entre las latitudes 37° s a 38° 20'S se reporta alta presencia de cloa que supera 2,5 mg/m³, mientras que en las otras áreas se reportan valores intermedios.

En relación a la distribución de anchoveta y la cloa se observa que esta se presentaba en un amplio rango entre 0,1 mg/m³l y valores superiores mg/m³ 2,5 mg/m³ (**Fig. 67**).



5.2.2 Densidad de sardina común

El mapa de distribución de la sardina común está basado en 32.400 celdas, en 5097 celda se detectó sardina común (**Fig. 68a**). En los mapas se observa que en general el recurso presentó un comportamiento gregario. El índice de ocupación ($IO = n^\circ$ de celdas positivas/ n° de celdas totales) es de 15,73 %.

5.2.2.1 En relación con la temperatura

En relación a la distribución de sardina común y la TSM se observa que esta se presentó entre los 10°C y los 13 °C, con una moda de 11 °C (**Fig. 68b y 69**).

5.2.2.2 En relación con la salinidad

En relación a la distribución de sardina común y la SSM se observa que esta se presenta entre 33,5 psu hasta 34,4 psu, con tres modas en: 33,6 psu, 33,8 psu y 34,4 psu (**Fig. 68c y 69**).

5.2.2.3 En relación con el oxígeno

En relación a la distribución de sardina común y el OSM se observa que esta se presenta en un rango entre 1,5 y 10,5 ml/l, con dos modas una a 1,5 ml/l y otra a 4,5 ml/l (**Fig. 68d y 69**).

5.2.2.4 En relación con la densidad agua

En relación a la distribución de sardina común y el DSM se observa que esta se presentaba en un amplio rango entre 25,00 y 26,25 sigma-t, con dos modas una a 25,5 sigma-t y otra a 26 sigma-t (**Fig. 68e y 69**).



5.2.2.5 En relación con la clorofila “a” integrada

En relación a la distribución de sardina común y la cloa se observa que esta se presentaba en un amplio rango entre 0,1 mg/m³ y valores superiores 2,5 mg/m³ (**Fig. 68f y 69**).

5.3 Análisis de las relaciones entre condiciones bio-oceanográfica y la distribución de la anchoveta y la sardina común

5.3.1 Anchoveta

En la **Fig. 70** se presentan la señal de los promedios de la TSM, salinidad y densidad acústica de anchoveta recolectados mediante el sistema EPCS y en la prospección acústica en una franja de 1 mn de latitud por 12 mn de longitud.

Los mayores focos de anchoveta se situaron preferentemente en los sectores en que la temperatura superficial tuvo una tasa de cambio latitudinal negativo, asociada a las proximidades de las áreas de surgencia. Respecto a la salinidad, se aprecia que los mayores focos del recurso se localizaron relacionados con fuertes variaciones en la tendencia latitudinal de la variable.

Al relacionar la influencia de las gradientes térmicas sobre la distribución espacial de la anchoveta, es posible distinguir que la especie tuvo una clara preferencia a localizarse en las gradientes entre 0 y 0,3 °C/mn en sectores de cambio discreto (**Fig. 71 y 72**), situación que se refleja claramente en las franjas 6-8 y 8-10 mn donde se detectaron las mayores densidades acústicas de anchoveta y también los mayores gradientes térmicos, manteniéndose la tendencia de la anchoveta a localizarse en sectores de gradiente discreto.



Respecto a las gradientes de salinidad horizontal, se observa que la anchoveta se localizó en áreas en que la gradiente varió entre 0 y 0,1 psu/mn con tasa de cambio discreta ó asociada a proximidades en que se presentó variaciones intensas en la gradiente, lo anterior se hace mas evidente con el aumento de la distancia de la costa, siendo notable en la franja de 8-10 mn (**Fig. 64, 72 y 73**).

5.3.2 Sardina común

En la **Fig. 74** se presentan las señales latitudinales de la temperatura y salinidad superficial, recolectadas mediante el EPCS y las lecturas acústicas de sardina común promedio en una franja de 10mn en el sentido longitudinal y 1mn en el latitudinal.

El análisis de la distribución espacial de la sardina común respecto a la señal de TSM, no presenta patrones claros de asociación, registrándose indiferentemente en un amplio rango de la variable.

En este caso, la salinidad fue la variable que determinó claramente la distribución de la especie. Es así como la sardina común se situó en áreas cercanas a la desembocadura de los ríos asociada a salinidades relativamente bajas y a tasas de cambio fuertes y negativos (**Fig. 74**).

La sardina común se ubica en las áreas de bajos gradientes térmicos (**Fig. 75**) y salinos (**Fig. 76**) una excepción la constituye el área situada al sur de la latitud 39° 30'S en las cercanías del río Calle-Calle situación que podría estar explicada por la influencia de la somera y amplia plataforma continental.

Lo antes expuesto se comprueba en la **Fig. 72c y d**, donde se reportan en forma globalizada la densidad de la sardina común y los gradientes superficiales térmicos ($^{\circ}\text{C}/\text{mn}$) y salinos (psu/mn) se observan que la sardina común tiene una clara preferencia entre 0 y 0,35 $^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ y 0,1 psu/mn . Al observar los gradientes verticales



(Fig. 65) se observa que la sardina común tiene preferencia por aguas de gradientes pequeños tanto en el plano vertical como horizontal.





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 tiene el propósito de contrastar los resultados obtenidos con los reportados en estudios de similar naturaleza y, con otros de mesoescala que han considerado la variabilidad espacial de la oceanografía física durante el período primaveral y estival en la región centro-sur de Chile.

Existe un sólo estudio de evaluación hidroacústica de las especies objetivo (sardina común y anchoveta) realizado con anterioridad (diciembre de 1995) entre Valparaíso e Isla Mocha (Castillo *et al.*, 1996). Los resultados reportados en este crucero se contrastan además, con cruceros de mesoescala para la evaluación de merluza común que incorporan la componente oceanográfica, realizados en similar área de estudio durante el inicio de la primavera de los años 1995, 1997 y 1999 (Blanco, 1995; Núñez & Ortiz, 1998, 1999) 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).

El proceso de surgencia costera ha sido reconocido como un proceso frecuente en la región central de Chile (Wooster y Ried, 1963; Brandhorst, 1971; Arcos, 1987; Strub *et al.*, 1998). En esta región del país, este proceso presenta una marcada estacionalidad (Brandhorst, 1971; Arcos y Navarro, 1986; Arcos, 1987; Núñez, 1995; Strub *et al.*, 1998; Sobarzo, 1999), iniciándose a comienzos de septiembre y perdurando hasta fines de marzo, con máximos durante los meses de diciembre y enero (Arcos, 1987), situación que ejerce un efecto en la distribución espacial y temporal de las variables hidrográficas en la región costera de la zona central y centro-sur de Chile (Arcos y Salamanca, 1984; Arcos, 1987; Arcos *et al.*, 1987; Strub *et al.*, 1998).



En particular, entre Punta Nugurne ($35^{\circ}57'S$) y Punta Manuel ($38^{\circ}30'S$) el proceso de surgencia se desarrolla en un área con compleja batimetría, con la presencia de numerosas bahías, salientes de tierra y batimetría limitada por 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, 1995), 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 $35^{\circ}S$), el sector central (36° - $38^{\circ}S$) y el sector sur (38° - $40^{\circ}S$) del área de estudio. Estas diferencias en la distribución espacial, tanto latitudinal como longitudinal (costa-oceano) de la hidrografía costera pueden ser explicadas: a) a través de la identificación de focos locales de surgencia costera, asociadas principalmente con la acción del viento que fluye desde los cuadrantes sur, paralelo a la costa y por el efecto local de puntas o salientes topográficas, como por ejemplo, Cabo Carranza ($35^{\circ}34'S$), Punta Nugurne ($36^{\circ}S$), Punta Tumbes ($36^{\circ}38'S$), Punta Lavapié ($37^{\circ}08'S$), Punta Morguilla ($37^{\circ}43'S$) (Brandhorst, 1971; Kelly y Blanco, 1984; Cáceres y Arcos, 1991; Cáceres, 1992; Núñez, 1995; Núñez *et al.*, 1997; Sobarzo, 1999) y, b) el aporte de aguas continentales por los principales ríos de la región (Castro *et al.*, 1997; Quiñones y Montes, 1998; Vargas *et al.*, 1997), 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 y densidad, es consistente con lo descrito por otros autores para la región y período de estudio (Brandhorst, 1971; Díaz, 1980; Shaffer, 1984; Arcos y Salamanca, 1984; Sobarzo,



1999), quienes describen aguas comparativamente más frías ($< 13\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el ascenso de las isohalinas de 34,5 y 34,6 psu y de las isopicnas de 26,2 y 26.3 σ_t , en la región costera ($< 10\text{ mn}$) entre los 35 y 38 $^{\circ}\text{S}$. Por otra parte, la distribución de la concentración de oxígeno disuelto en el agua evidenció un ascenso de las isolíneas de 2 y 1 ml/l hacia la región costera de la región central de estudio (entre los 35 $^{\circ}$ y 38 $^{\circ}\text{S}$), siendo similar a lo reseñado 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 hábitat 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 $^{\circ}\text{S}$ 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 los bajos niveles de biomasa fitoplanctónica en este sector cuando las estaciones muestreadas frente al sector central de estudio se hubieren realizado durante eventos de surgencia activa, lo que es confirmado por el análisis de imágenes satelitales entre el 7 y el 14 de diciembre de 1999.



Por otra parte, los resultados superficiales de la temperatura del mar, generados por medio del análisis de imágenes satelitales de alta resolución, revelaron que durante el período de estudio, y en especial entre el 7 y 10 de diciembre, toda la región de estudio presentó focos locales de surgencia, principalmente asociados a Punta Nugurne, Punta Tumbes, Punta Lavapié y Punta Morguilla, donde se observa una respuesta incluso con posterioridad a los eventos de surgencia activos (e.g., entre 14-20 de diciembre).

Esta distribución espacial de los focos 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 (Brandhorst, 1971; 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).

Las plumas o filamentos de surgencia descritos aquí ($104,6 \pm 42$ km) se encuentran en el rango de los reportados 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 la región situada han permitido a



diversos autores postular una recirculación costera de aguas y sectores de retención de partículas en esta región (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, puesto que aún no se ha evidenciado, 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 es más 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). 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. Estimados de biomasa de anchoveta y sardina común y de la fracción reclutas y su precisión.

2.1 Sardina común

La biomasa de sardina común estuvo compuesta exclusivamente por ejemplares juveniles calificados como reclutas, registrándose homogeneidad en la estructura de tallas en el sentido latitudinal, situación que coincide con los resultados alcanzados por Cubillos *et al.*, 1998, en el que se registró una alta homogeneidad en las tallas de las capturas obtenidas en diciembre con rangos entre 4 y 9 cm y una moda única en 7 cm, esta estructura de tallas es altamente coincidente con los alcanzados en el presente crucero y confirma que la época del crucero fue adecuada para estimar la biomasa y la abundancia del reclutamiento de sardina común, pero se contradice con la hipótesis que el reclutamiento de esta especie tiene un retardo temporal y una estratificación latitudinal, situación que aparentemente se acentúa hacia el verano.

La composición juvenil de la población puede haber influido en el comportamiento altamente gregario de la sardina común en la zona de estudio, factor que tuvo una alta influencia en los niveles de precisión de los estimados de biomasa, de allí que no obstante en las estimaciones de biomasa se considerara el área restringida a la distribución del recurso los coeficientes de variación de (CV) de los estimados de biomasa fueron relativamente altos con errores que bordearon el 50%, esta situación fue aún más evidente con los resultados alcanzados con el método de los conglomerados, puesto que en este procedimiento se considera la variabilidad inter y entre transectas. En este sentido el método Geoestadístico que incorpora la variabilidad del comportamiento gregario de los recursos fue más eficiente logrando mejores indicadores de precisión con Coeficientes de Variación de 0,18 y errores del 29,7%.



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/l "Abate Molina", que prospectó en fondos menores a 20 m.

2.2 Anchoveta

La distribución espacial de las tallas de la anchoveta 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 de la zona de estudio, 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 distribución de la anchoveta fue menos costera que la sardina común, registrándose las mayores agregaciones en una franja entre las 4 y 8 mn de la costa asociado mas bien a las áreas de surgencia, en que la temperatura del mar es la variable que tuvo una mayor influencia. La distribución mas oceánica se reflejó en que los fondos marinos no fueron determinantes en la presencia de la especie.

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 biomasa se registraran hacia el sur de la zona de estudio, en las cercanías de puerto Saavedra, mientras que las mayores abundancias se presentaran hacia el norte de la zona de estudio.

Este comportamiento menos gregario de la anchoveta respecto a la sardina común y el procedimiento de estimar la biomasa al área restringida a la distribución, determinó



que los Coeficientes de Variación fueran semejantes entre los distintos métodos aplicados incluido el método Geoestadístico.

La estratificación de las tallas y las importantes diferencias entre las distintas zonas en que se ubicó la anchoveta determinaron que la componente de la varianza del peso que afectó al coeficiente de ecointegración, presentara una alta influencia sobre la varianza total, puesto que la variabilidad en los pesos extremos se incrementó a medida que se alejó del promedio incrementando la varianza asociada al coeficiente de ecointegración. Esta situación no se registró en la sardina, dado que los pesos presentaron una discreta variabilidad en torno al promedio, observándose que la varianza del coeficiente de ecointegración tuvo un efecto casi nulo sobre la biomasa total, en cuyo caso el factor que tuvo la mayor influencia estuvo relacionado con la variabilidad propia del muestreo y de la distribución espacial del recurso.



IX. CONCLUSIONES

Los resultados expuestos y analizados permiten concluir lo siguiente:

- El régimen de vientos durante el estudio presentó una tendencia a fluir desde los cuadrantes sur con una intensidad moderada ($16,37 \pm 8,56$ nudos) y mayores intensidades asociadas al sector central del área de trabajo.
- La distribución horizontal de las variables oceanográficas medidas destacó la presencia de aguas superficiales más cálidas sólo en el extremo norte del área de prospección y aguas comparativamente más frías al sur de los 35°S . En el sector intermedio del área de estudio ($35^{\circ}30' - 37^{\circ}30'\text{S}$) predominaron gradientes longitudinales (costa-océano), observándose aguas subsuperficiales (50 m) más frías ($< 11^{\circ}\text{C}$), salinas ($> 34,5$ psu) y menos oxigenadas (< 1 ml/l) en el sector costero, identificadas con la presencia de focos locales de surgencia costera asociadas a puntas o salientes topográficas, e.g., Cabo Carranza ($35^{\circ}34'\text{S}$), Punta Nugurne (36°S), Punta Tumbes ($36^{\circ}38'\text{S}$), Punta Lavapié ($37^{\circ}08'\text{S}$) y Punta Morguilla ($37^{\circ}43'\text{S}$).
- Se verificó la dinámica espacial relacionada con eventos activos de surgencia, tanto por el análisis de secciones oceanográficas evidenciando el ascenso hacia la costa de las isotermas de 11 y 12°C , y de las isopicnas de $26,2$ y $26,4 \sigma_t$, como por la interpretación sinóptica de la temperatura superficial del mar a través del análisis de imágenes satelitales de alta resolución.
- Al sur de los 38°S se observa un descenso de los valores de salinidad, situación que se incrementa hacia el extremo sur del área de prospección denotando la influencia de mezcla de las Aguas Subantárticas con aguas de origen continental.
- Se distinguió la presencia de tres masas de agua que son: Agua Subantártica



(ASAA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y Agua Intermedia Antártica (AIA).

- La distribución superficial de la clorofila-a evidenció valores que fluctuaron entre los 0,5 y los 3 mg/m³, presentando concentraciones menores a 0,8 mg/m³ en la región costera situada entre los 34°S y los 36°30'S, incrementándose (>2 mg/m³) en el interior del Golfo de Arauco. Entre los 37° y los 38°S, se manifiesta un gradiente longitudinal con valores muy bajos (< 0,2 mg/m³) en la región costera y máximas concentraciones (>2,6 mg/m³) hacia el sector oceánico, situación opuesta a los mayores valores detectados sobre la plataforma continental en el extremo sur del área de estudio.
- La anchoveta presentó una distribución de frecuencia de longitud polimodal con una moda principal en 6,5 cm y otra secundaria de ejemplares adultos con 15,0 cm, proveniente de la zona de Valdivia. El porcentaje de reclutas en número y peso fue de un 84 y 44%, respectivamente. La longitud promedio total fue de 8,6 cm y los reclutas 7,4 cm; en tanto que el peso promedio total fue de 6,2 g y los reclutas tuvieron un peso de 3,3 g.
- La sardina común tuvo una distribución de frecuencia de longitud unimodal con una moda centrada en los 5,5 cm, tanto en la zona de Talcahuano y Valdivia. La totalidad de los ejemplares capturados fueron reclutas (100%). La longitud promedio total fue de 5,6 cm y el peso promedio total fue de 1,49 g.
- La proporción sexual de anchoveta fue de un 19,3% con un predominio de machos en las capturas. Respecto a la sardina común el 100% de los ejemplares fue indeterminados (estadio 0).



- Los estadios de madurez de anchoveta indican que las anchovetas se encontraban en estado 3 (39,1%) y en estado de post – desove 2 en un 14,8%. En cambio la sardina común estuvo un estadio (2) de post – desove 100%, lo cual coincide con el patrón reproductivo de esta especie.
- La anchoveta se distribuyó preferentemente de la costa hasta las 12 mn por el oeste. En el plano vertical se detectó en áreas donde el fondo marino alcanzó como máximo los 225 m y mostró una clara preferencia por situarse en áreas de 25 a 75 m del fondo marino. El 58% de las agregaciones de anchoveta se situó entre el inicio y el fin de la termoclina, donde los gradientes térmicos de esas áreas no superaron los 0,2°C. La anchoveta se ubicó preferentemente en las áreas de surgencia, pero en gradientes térmicos y salinos bajos.
- La sardina común se distribuyó preferentemente de la costa hasta las 10 mn por el oeste. En el plano vertical se localizó en áreas donde el fondo marino alcanzó como máximo los 250 m y presentó una clara preferencia por situarse en áreas de 25 a 125 m del fondo marino. El 39% de las agregaciones de sardina común se presentaron sobre la termoclina y el 37% se registró entre el inicio y el fin de la termoclina, en gradientes térmicos inferiores a 0,2°C/m. La sardina común se detectó en áreas de baja salinidad y asociada a la desembocadura de los ríos y afluentes, con gradientes salinos bajos.
- La biomasa de anchoveta varió entre 343.200 t y 370.054 t según el método utilizado, el estimado con el método geoestadístico alcanzó a 344.659 t, registrándose diferencias inferiores al 7% entre cada método. Los menores CV se registraron con el método geoestadístico, alcanzando a 0,26. El estimado de biomasa de anchoveta por el método de las tallas alcanzó a 370.183 t, presentándose una clara estratificación latitudinal de la biomasa y en las tallas hacia el sur de la zona de estudio.



- La biomasa de los reclutas de anchoveta varió entre 151.650 y 162.824 t, el estimado con el método geoestadístico alcanzó a 151.650 t, equivalente al 44,0% de la biomasa total, con un CV de 0,26. La biomasa de los reclutas por el método de las tallas alcanzó a 131.469 t, equivalente a 35,5% del total.
- La abundancia total de anchoveta varió entre 55.590,16 y 59.686,13 millones de ejemplares según el método aplicado, con un CV entre 0,24 y 0,29. La abundancia de los reclutas correspondió al 84% del total fluctuando entre 46.695,74 y 50.136,35 millones de ejemplares. El estimado de la abundancia con el método de las tallas alcanzó a 61.809,86 millones de ejemplares, con un 82,7% de reclutas, correspondiente a 51.107,20 millones de ejemplares, esta abundancia se estratificó latitudinalmente hacia el norte de la zona de estudio, registrándose el 49,3% de la abundancia total.
- La biomasa de sardina común estuvo constituida íntegramente por ejemplares juveniles inferiores a 10,5 cm, variando entre 227.397 y 267.212 t, según el método aplicado, siendo el estimado geoestadístico el más bajo, diferenciando en un 14,9% con el valor mayor, obtenido con el bootstrap. El CV alcanzado con el geoestadístico fue 0,17. El estimado por el método de las tallas alcanzó a 252.601 toneladas, registrándose una distribución latitudinal homogénea en las tallas, pero una concentración de la biomasa (50,4%) en las cercanías del golfo de Arauco.
- La abundancia de sardina común varió entre 152.615,4 y 177.336,2 millones de ejemplares con un CV de 0,18 para el método geoestadístico. El estimado con el método de las tallas fue de 193.708,3 millones de ejemplares.



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.
- Arcos, D & 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. F. 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) 33:91-8.
- Arcos, D.F., S.P. 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.
- Barría, P. 1990. Situación nacional de los principales recursos pelágicos. In. "Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile". M. A. Barbieri (Ed.) Escuela de Ciencias del Mar. UCV, Valparaíso. 66-71.



- 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. Informe Final Proyecto Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro-sur. Capítulo: Oceanografía. 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., José Córdova, M.A. Barbieri, S. Lillo, Núñez, S., A. Troncoso y A. Urrutia. 1996. 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.
- Castro, L., R. Quiñones, H. Arancibia, D. Figueroa, R. Roa, M. Sobarzo y M. Retamal. 1997. Informe Final Proyecto Areas de desove de anchoveta y sardina



común en la zona central. 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.

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.
- K. M. Volter. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 page, 1985.



- 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. 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 regios. J. 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.
- 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. 1998. Pre-Informe Final. Capítulo: Oceanografía. *En*: Proyecto FIP 99-04 Evaluación acústica del recurso merluza común en la zona centro-sur, 1999. 79 pp.
- Núñez, S., J. Ortiz. 1999. Pre-Informe Final. Capítulo: Oceanografía física y química. *En*: 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. Informe Final Proyecto FIP Condiciones oceanográficas que inciden en el Reclutamiento de los recursos anchoveta y sardina común en la VIII Región. 226 pp + Anexos.
- 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.
- 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.
- 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, 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. Cns. Int. Explor. Mer. 184: 34 -57.
- Silva, N. Y D. Konow. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua del Pacífico SudOriental. Expedición Kril, Crcuero 3-4, Julio-Agosto de 1974, Pacífico 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.
- Simmonds E. John, N. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1991. Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. ICES C.M. 1991, 113 p (Figures).
- 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.
- 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., & 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. Cornillon. 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, 1983. Algorithms for computations of fundamental properties of seawater, Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°44.
- UNESCO. 1981. The practical salinity scale 1978 and international equation of state of seawater 1980. Unesco Tech. Pap. in Mar. Sci. N°36.
- Valderrama, J. 1977. Methods used by the Hydrographic Department of the National Board of Fisheries. Goteborg, 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.
- 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. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clifs, N. J.



INSTITUTO E FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

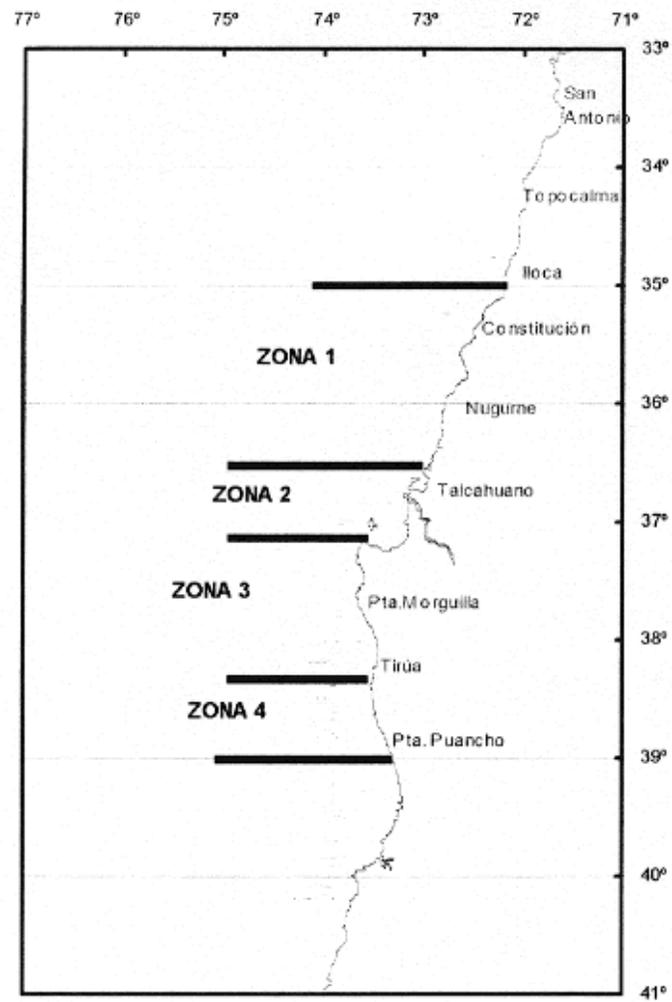


Fig.. 1. Zonación del área de estudio para analizar las distribuciones de frecuencia de tamaños de sardina común en las capturas de la flota artesanal e industrial.

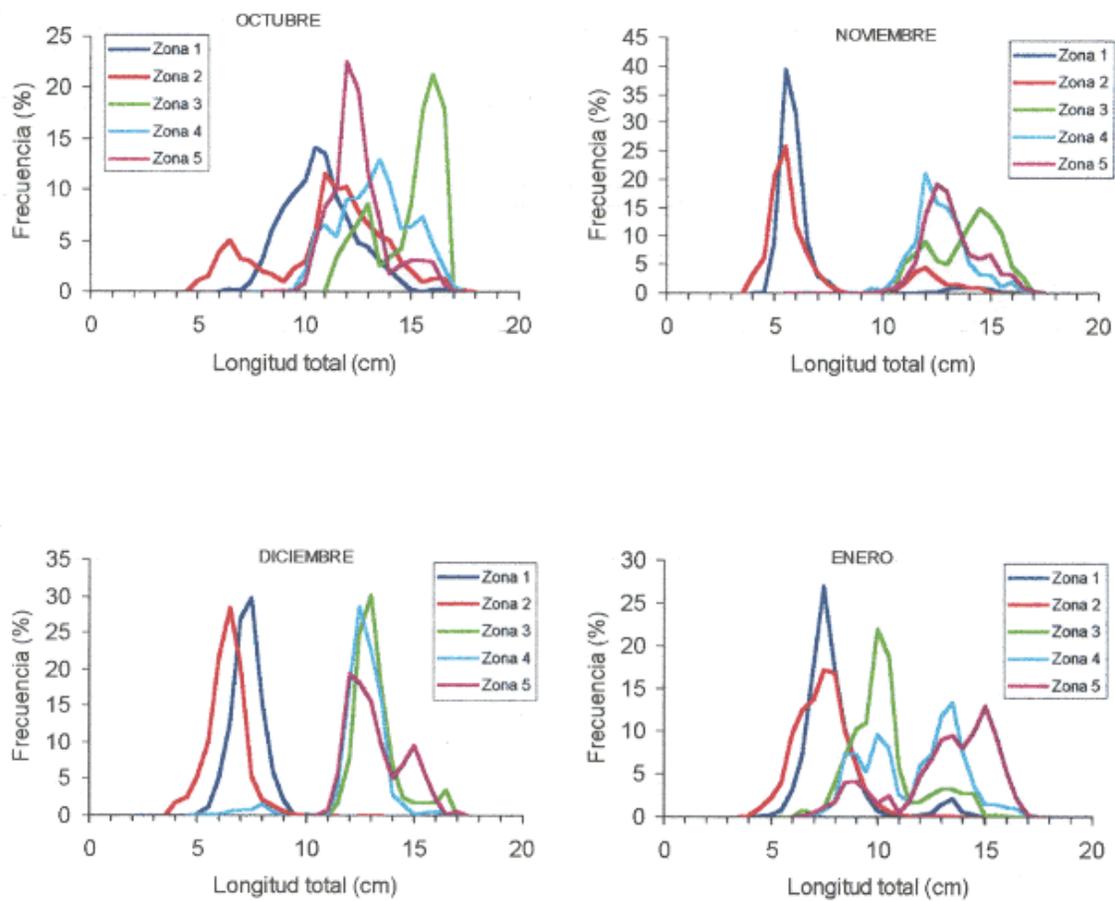


Fig.. 2. Distribuciones de frecuencia de tamaños de sardina común por zonas (ver Fig.. 1)
 (Fuente: INPESCA)

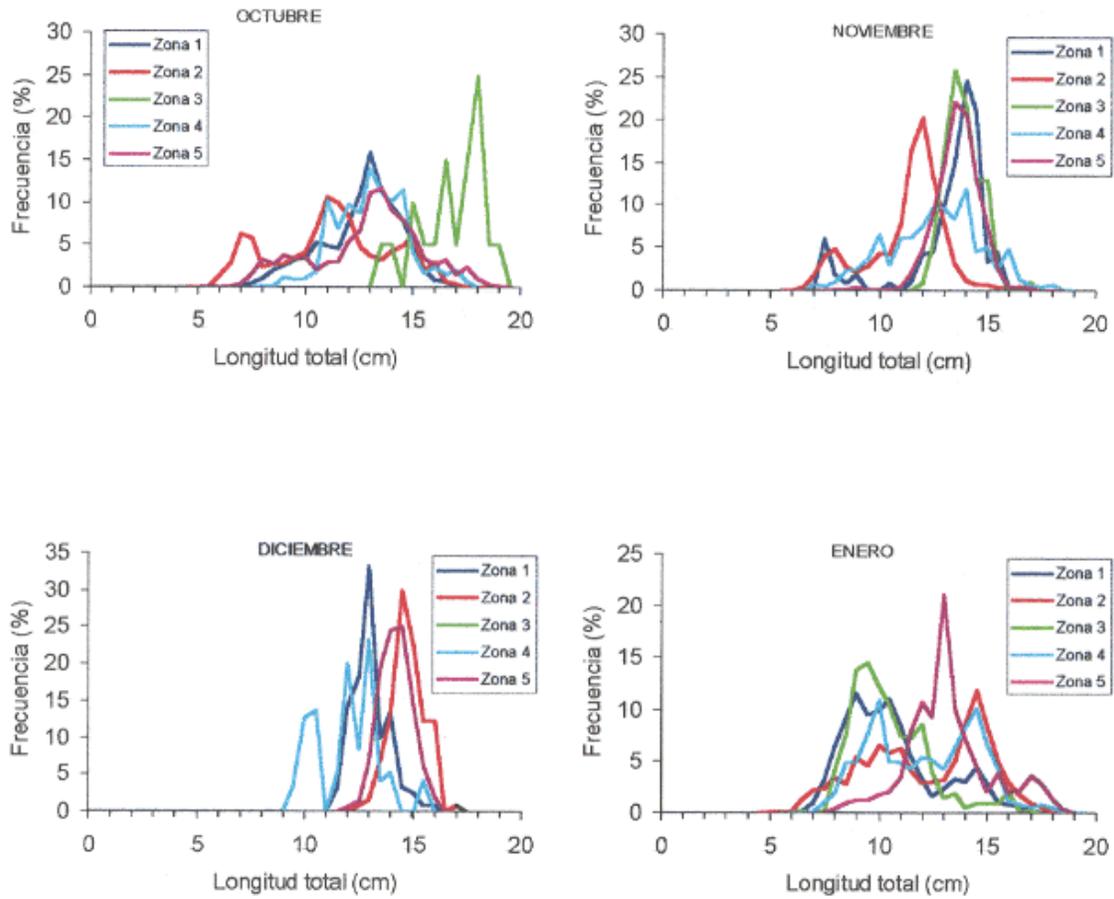


Fig.. 3. Distribuciones de frecuencia de tamaños de anchoveta por zonas (ver Fig.. 1)
(Fuente: INPESCA).

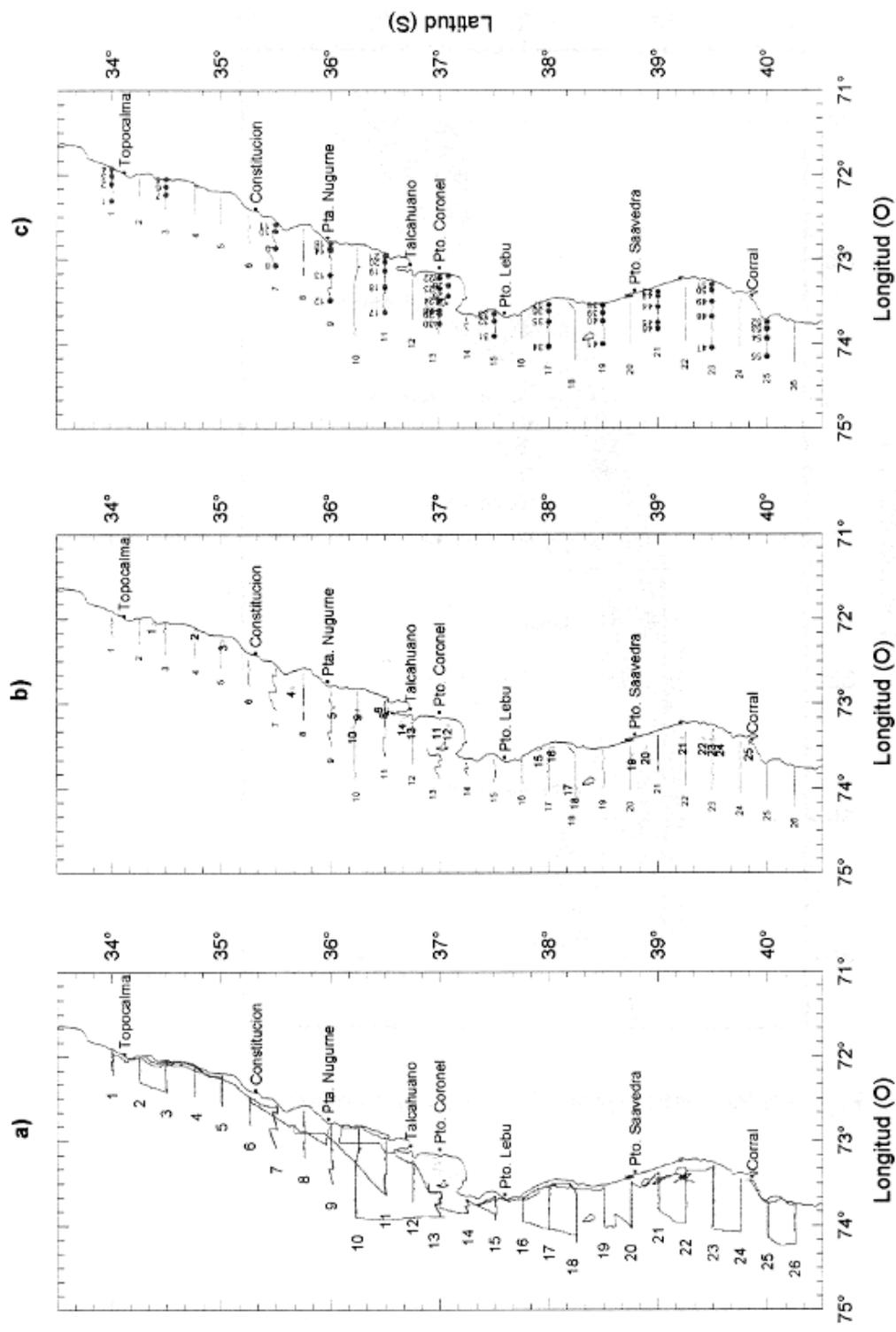


Figura 4. a) Track de navegación, b) ubicación de los lances de pesca de media agua y c) estaciones oceanográficas. Crucero RECLAS 9912, diciembre de 1999.

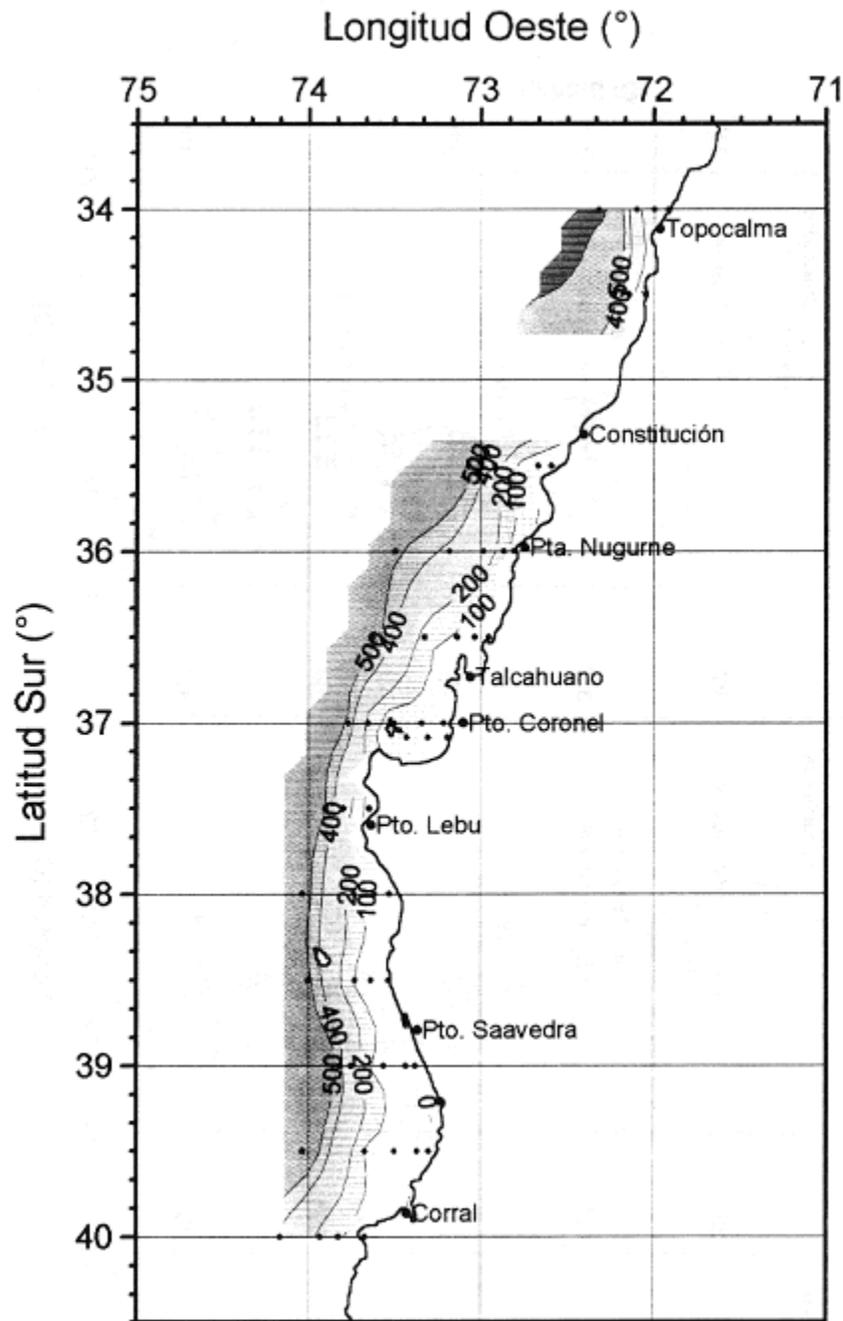


Figura 5 Batimetría general de la zona de estudio.

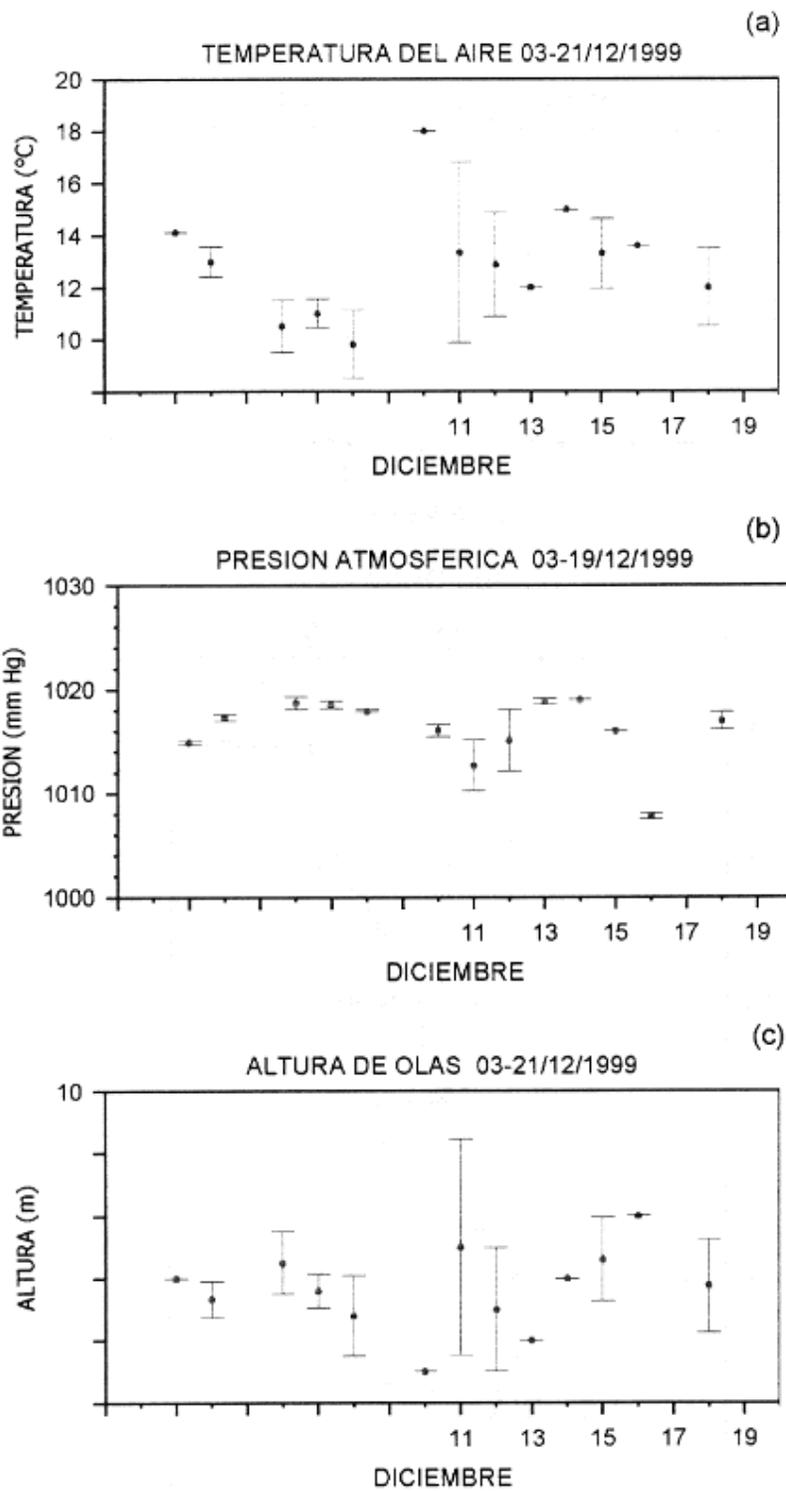


Figura 6. Variabilidad de las condiciones meteorológicas durante el período de estudio: a) Temperatura del aire, b) presión atmosférica y c) altura de olas.

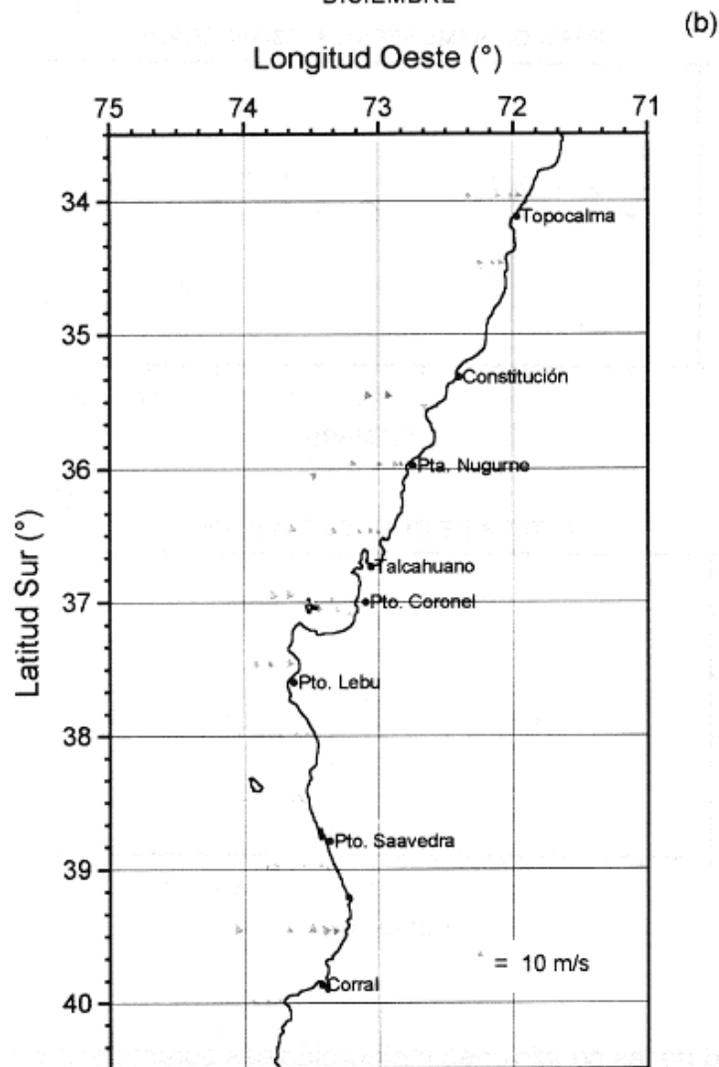
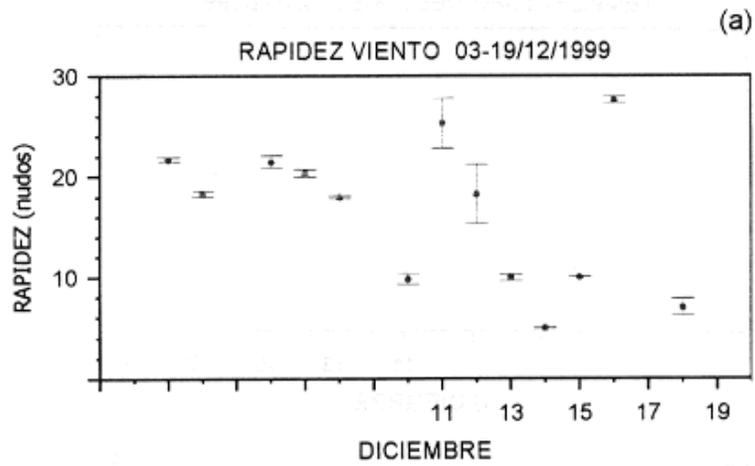


Figura 7. Variabilidad de las condiciones meteorológicas durante el período de estudio: a) Rapidez del viento y b) Diagrama de vectores de viento.

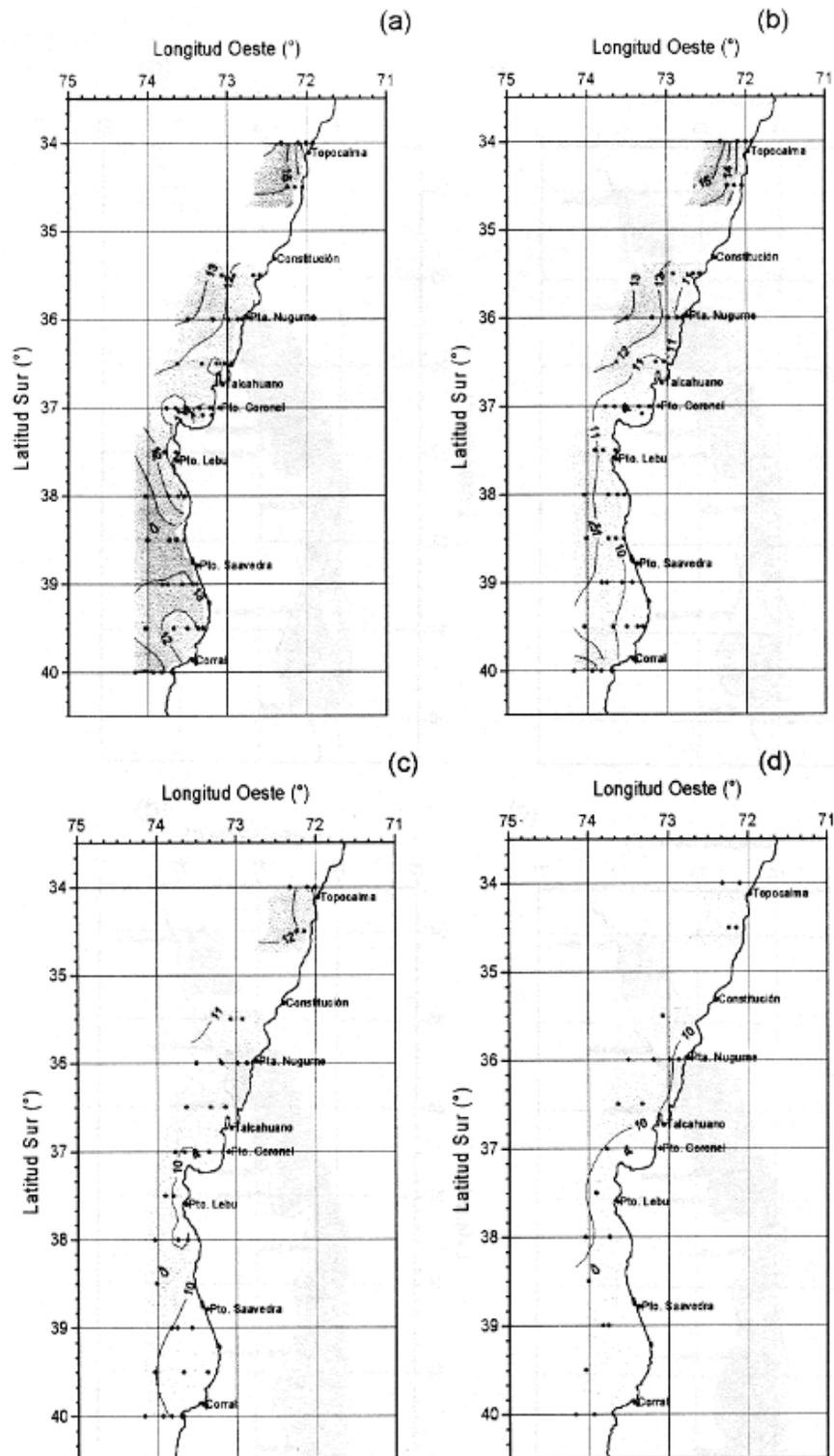


Figura 8. Distribución de temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Estratos de 5, 25, 50 y 100m de profundidad.

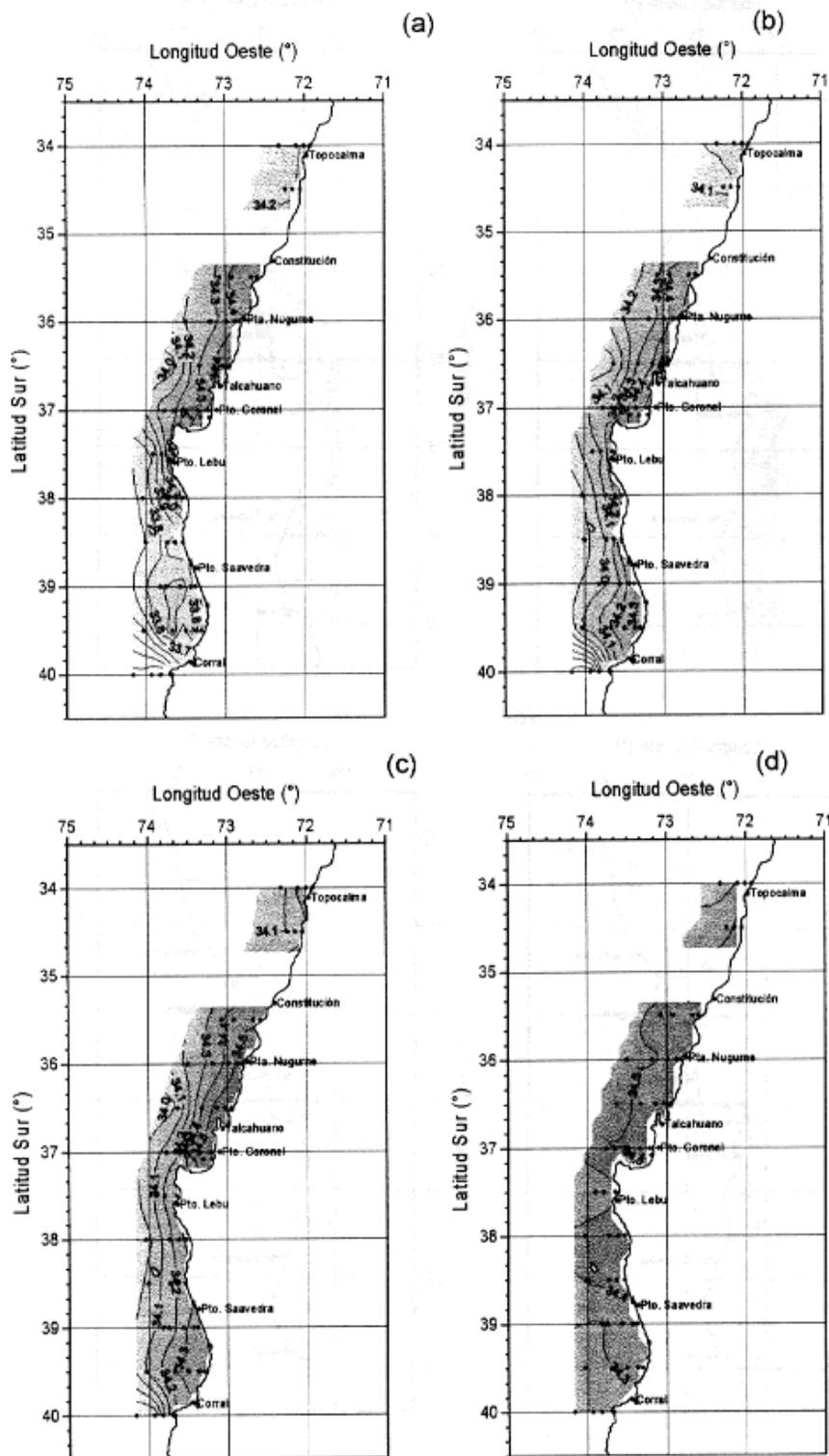


Figura 9. Distribución de salinidad (psu). Estratos de 5, 25, 50 y 100m de profundidad.

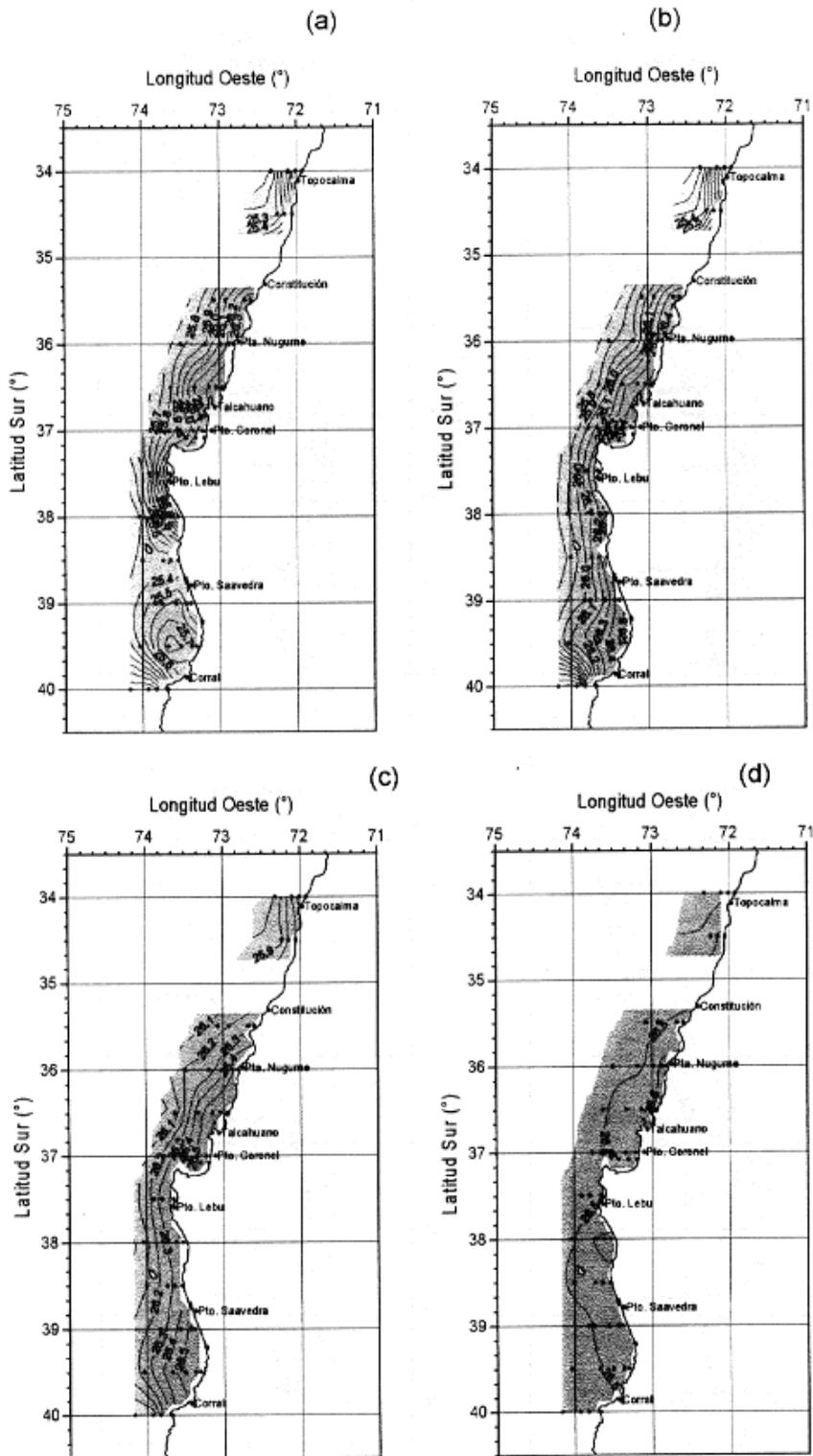


Figura 10. Distribución de densidad (σ_t). Estratos de 5, 25, 50 y 100m de profundidad.

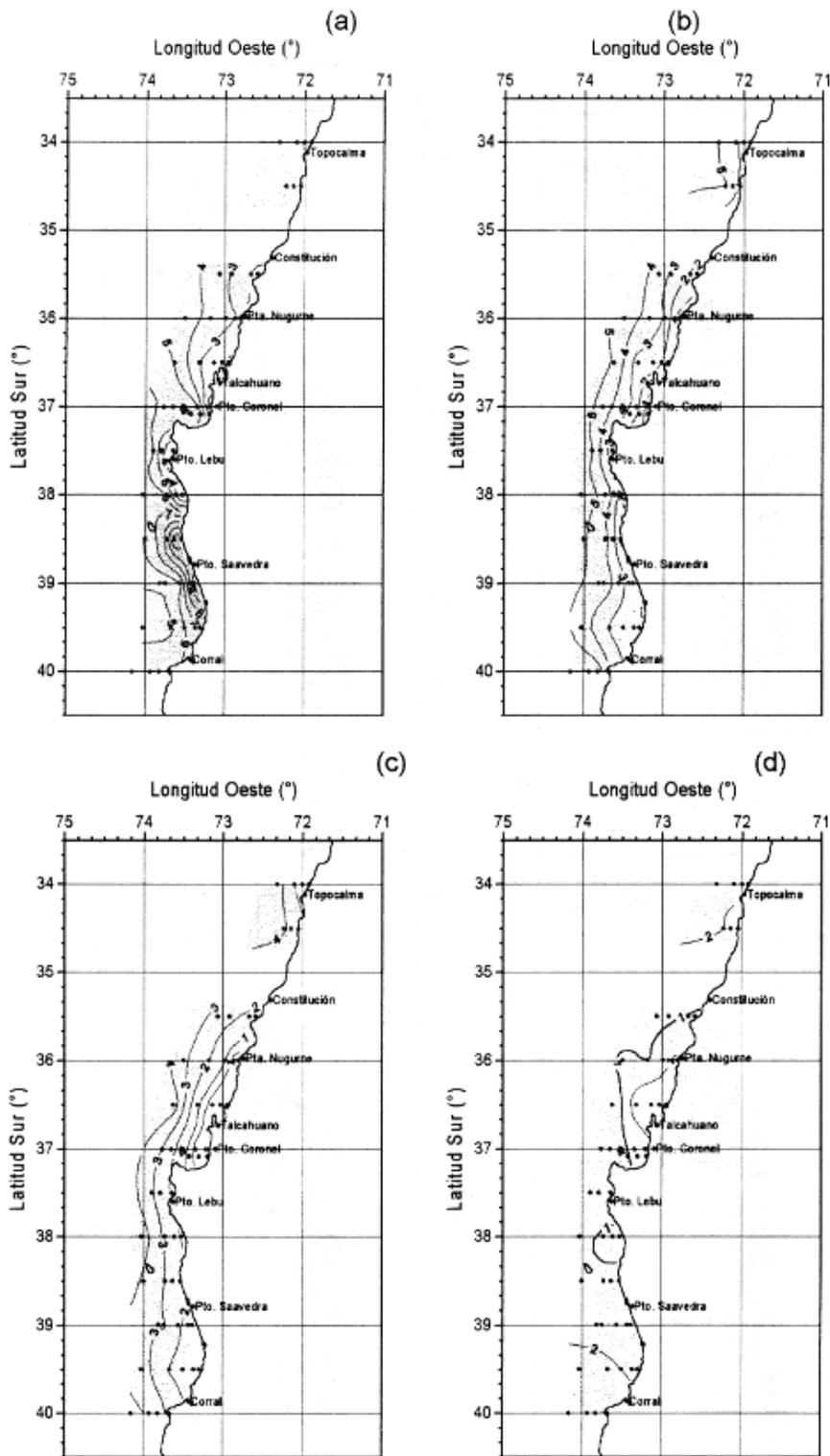


Figura 11. Distribución de oxígeno disuelto (ml/l). Estratos de 5, 25, 50 y 100m de profundidad.

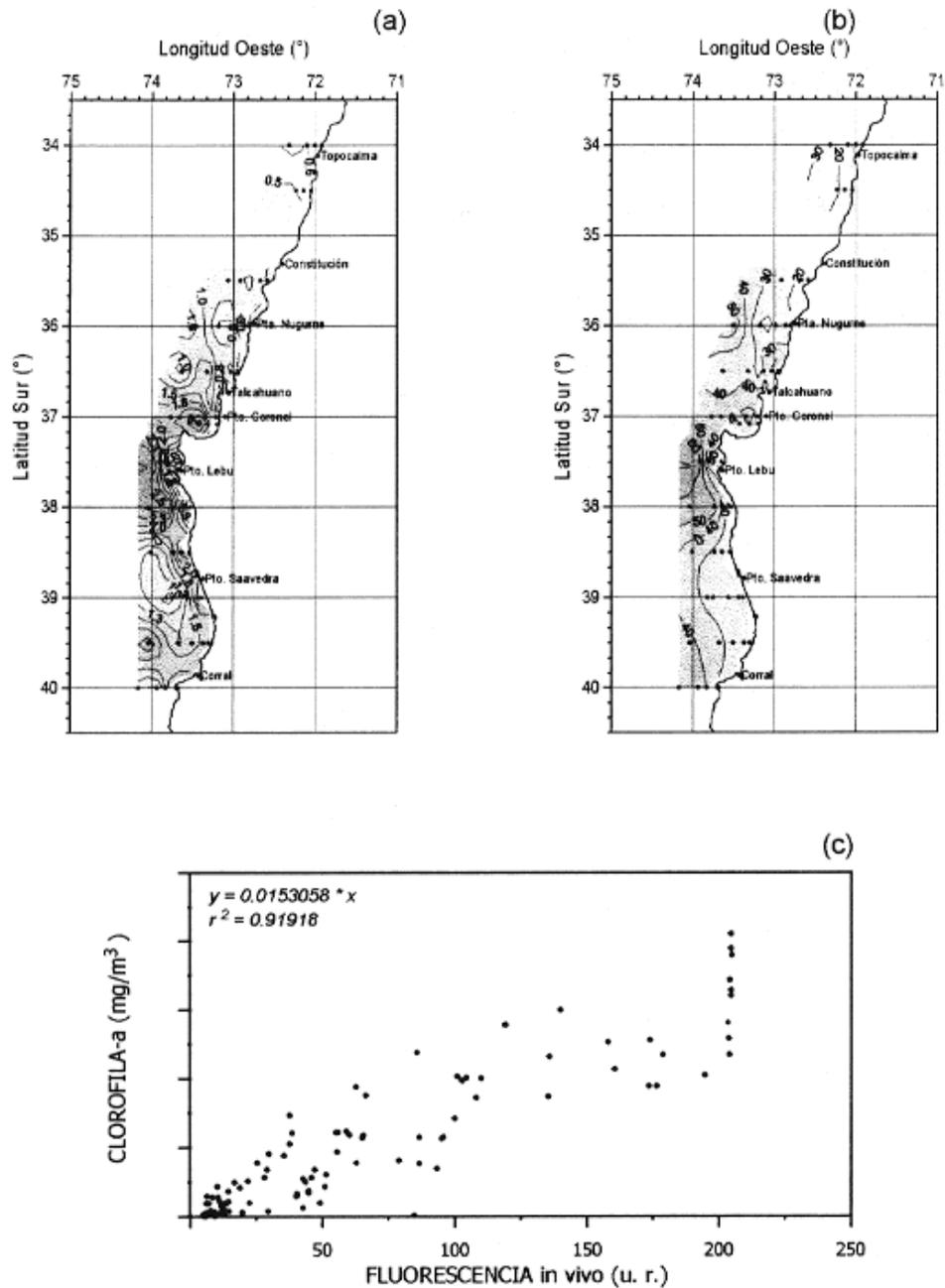


Figura 12. a) Distribución de Clorofila-a (mg/m^3) en estrato de 5m de profundidad, b) Distribución de Clorofila-a integrada (mg/m^2) entre 0 y 100 m, c) Relación entre Clorofila-a superficial (mg/m^3) y Fluorescencia *in vivo* (u.r.).

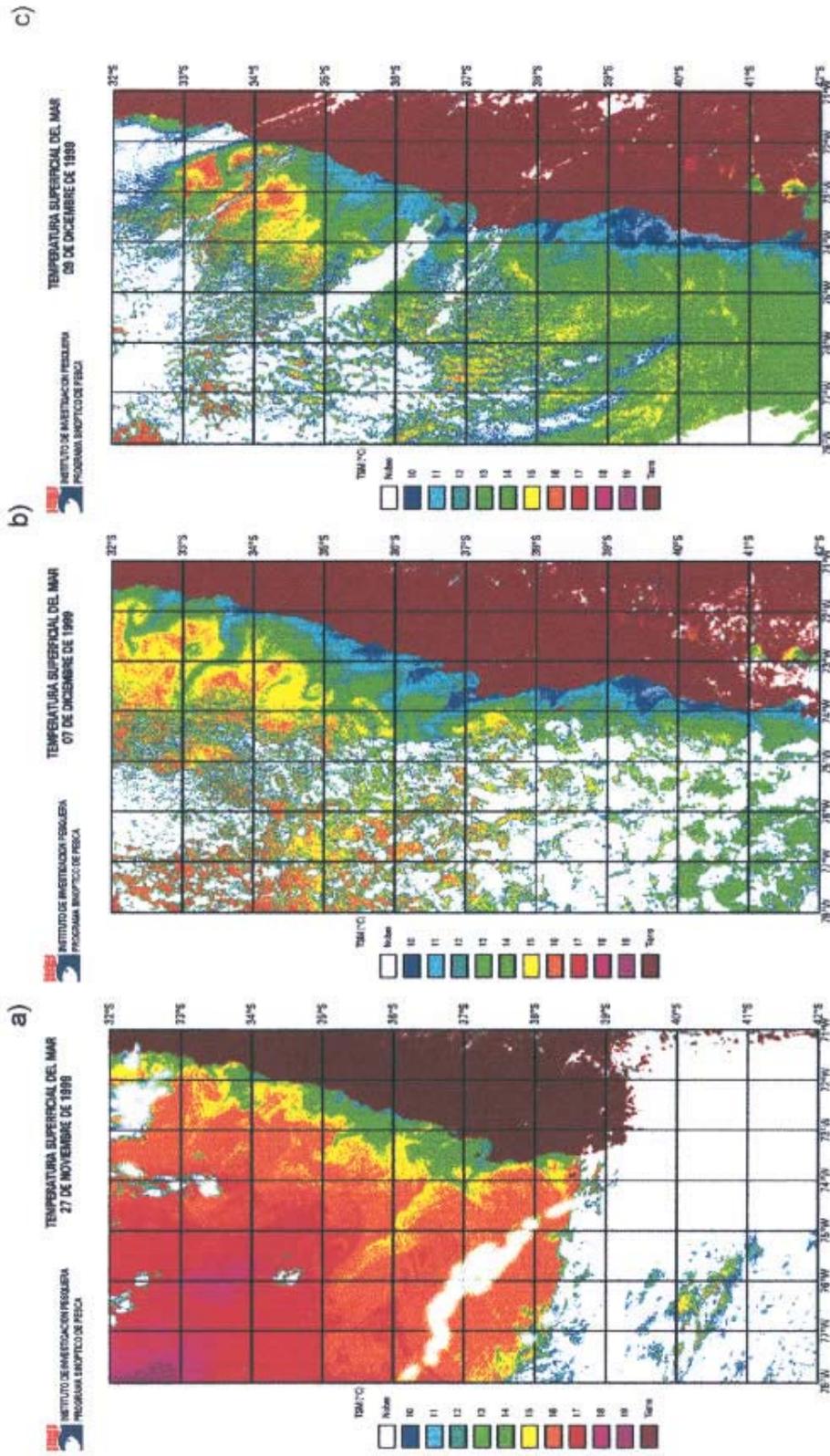


Figura 13. Imágenes satelitales de alta resolución de temperatura superficial del mar (NOAA-14) para el área de prospección, recepcionadas los días a) 27/11/99, b) 07/12/99 y c) 09/12/99.

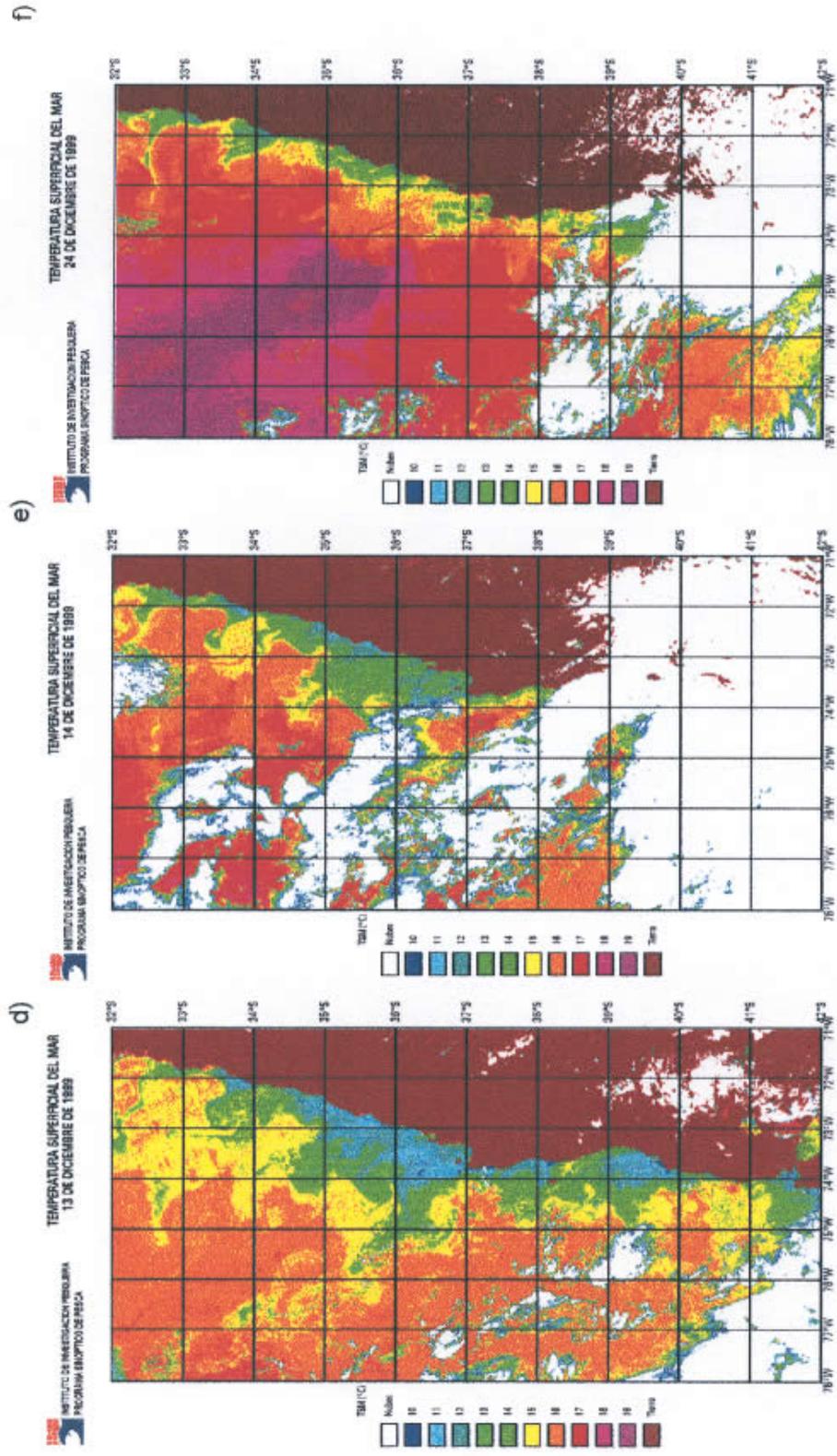


Figura 13 (continuación). Imágenes satelitales de alta resolución de temperatura superficial del mar (NOAA-14) para el área de prospección, recepción, recepcionadas los días a) 13/12/99, b) 14/12/99 y c) 24/12/99.

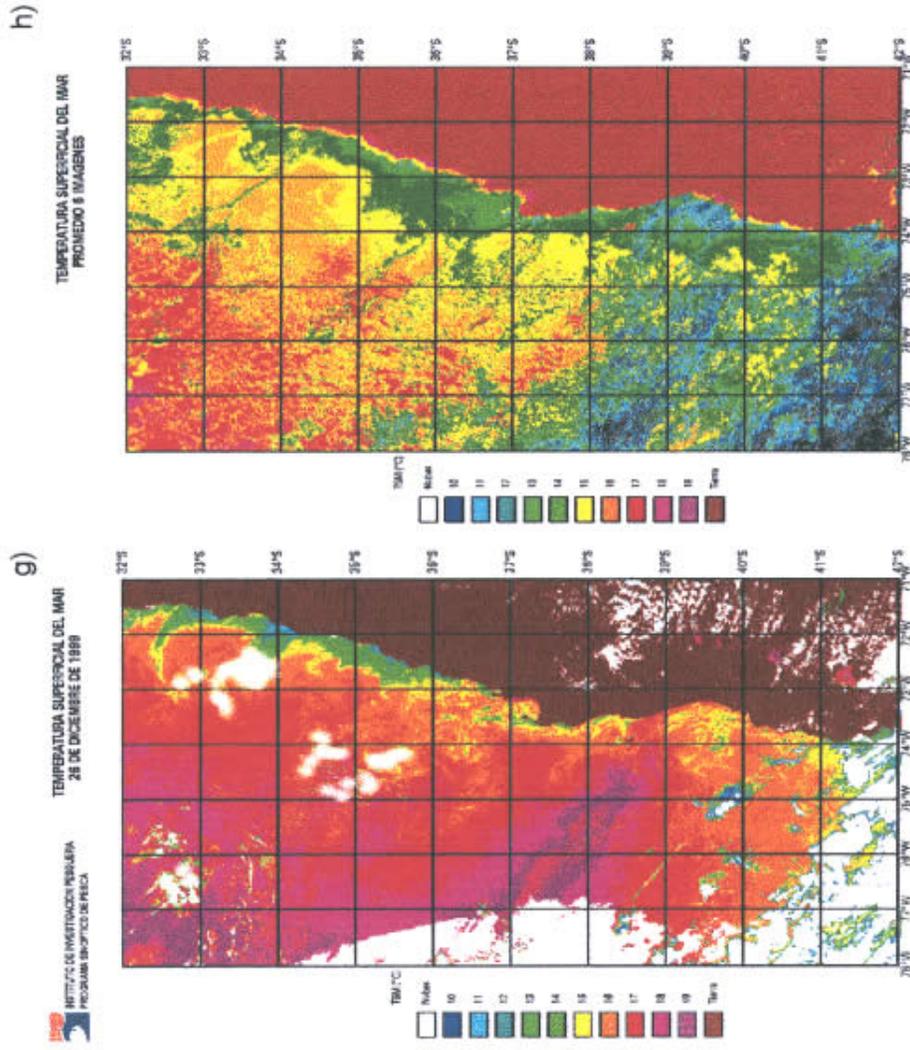
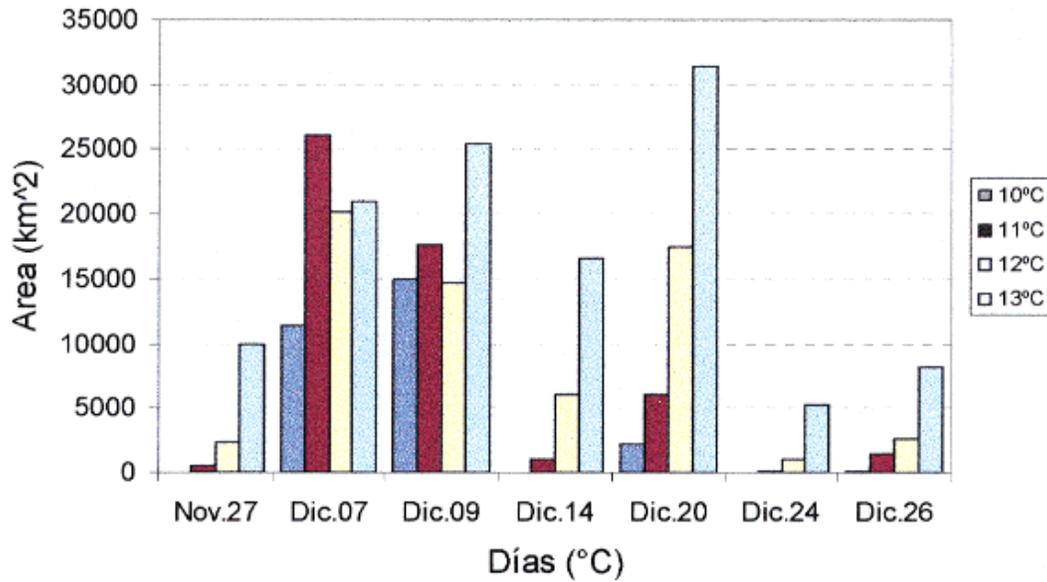


Figura 13 (continuación) a) Imagen satelital de alta resolución de temperatura superficial del mar (NOAA-14) para el área de prospección, recepcionada el día 24/12/99, b) imagen promedio de TSM.

a)



b)

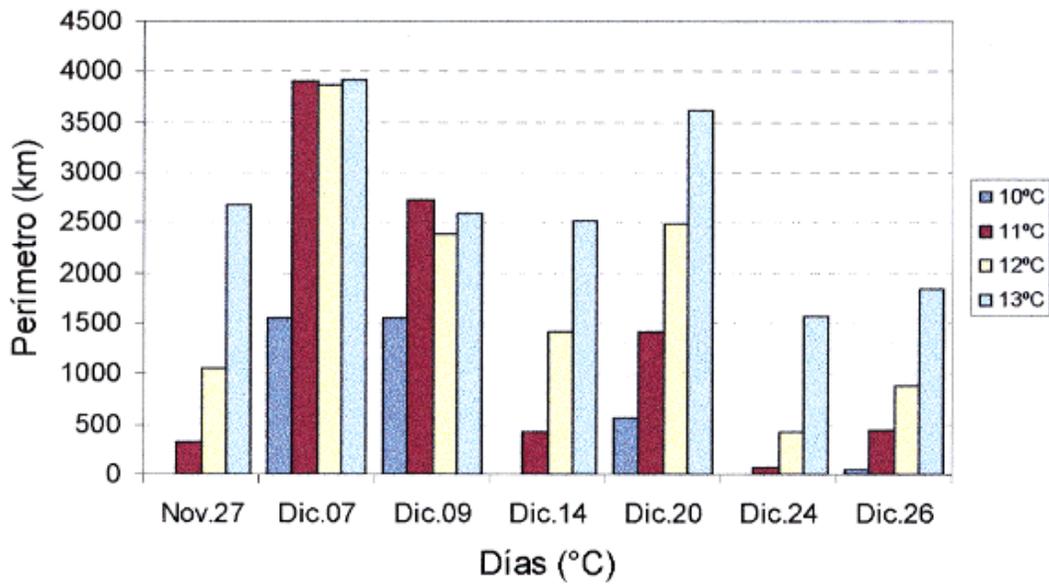


Figura 14. Evolución temporal de a) las coberturas areales (km²) y b) perímetros (km) de las isotermas de 10, 11, 12 y 13 °C asociadas a eventos activos de surgencia costera durante el período de estudio, calculados a partir de imágenes satelitales de alta resolución.

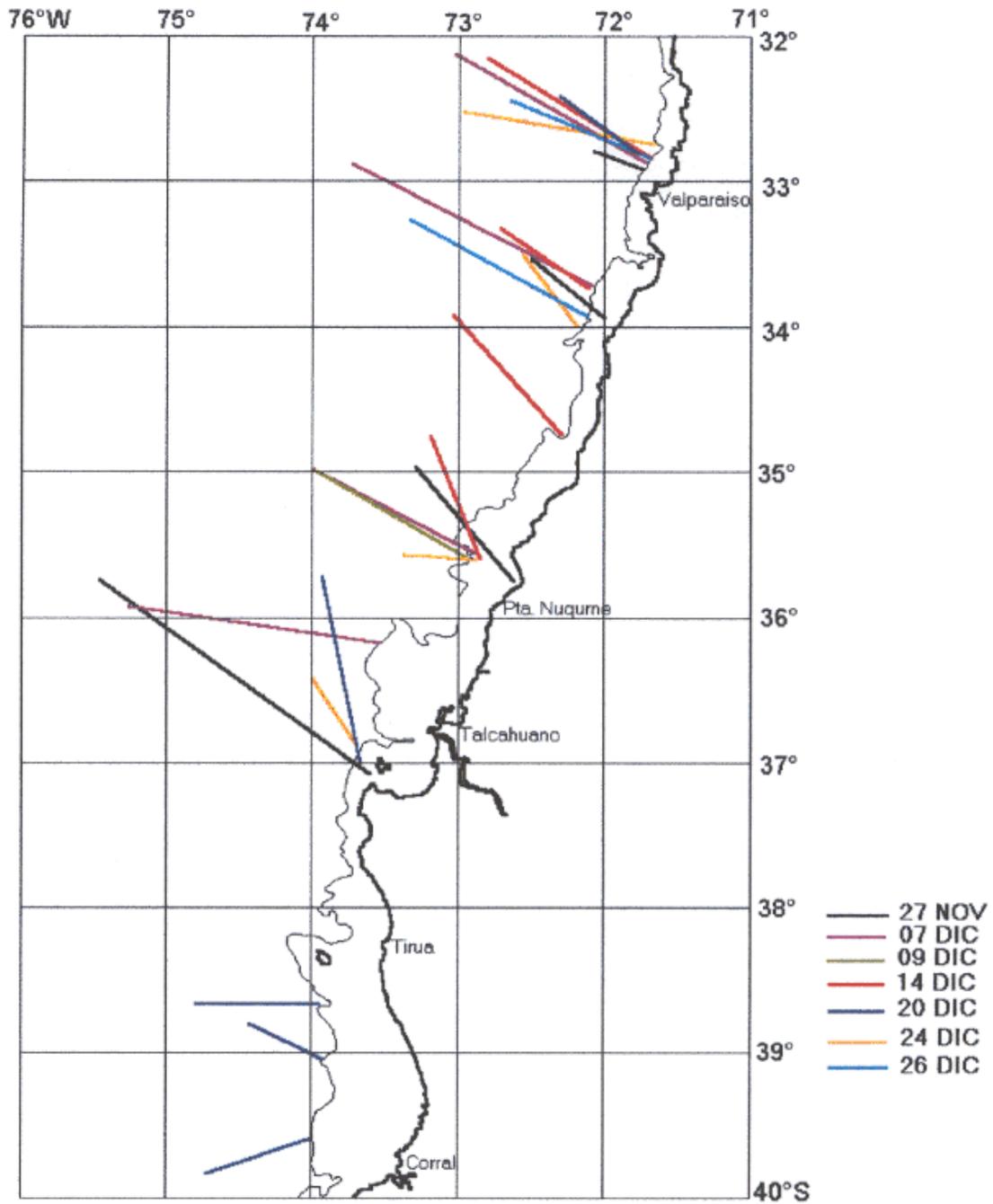


Figura 15. Evolución espacio-temporal y extensión de filamentos de surgencia observados desde imágenes satelitales de alta resolución.

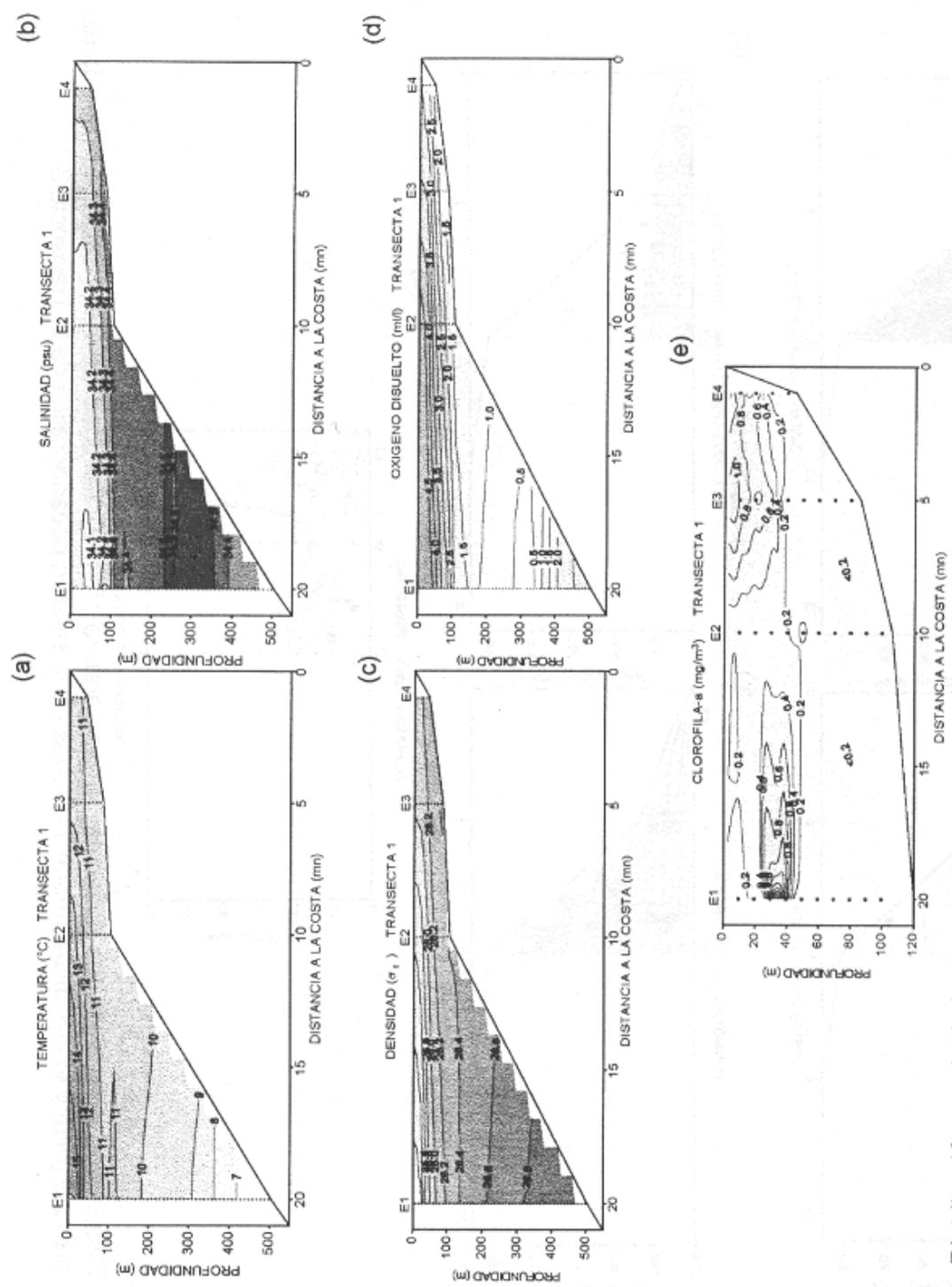


Figura 16. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m³) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 1.

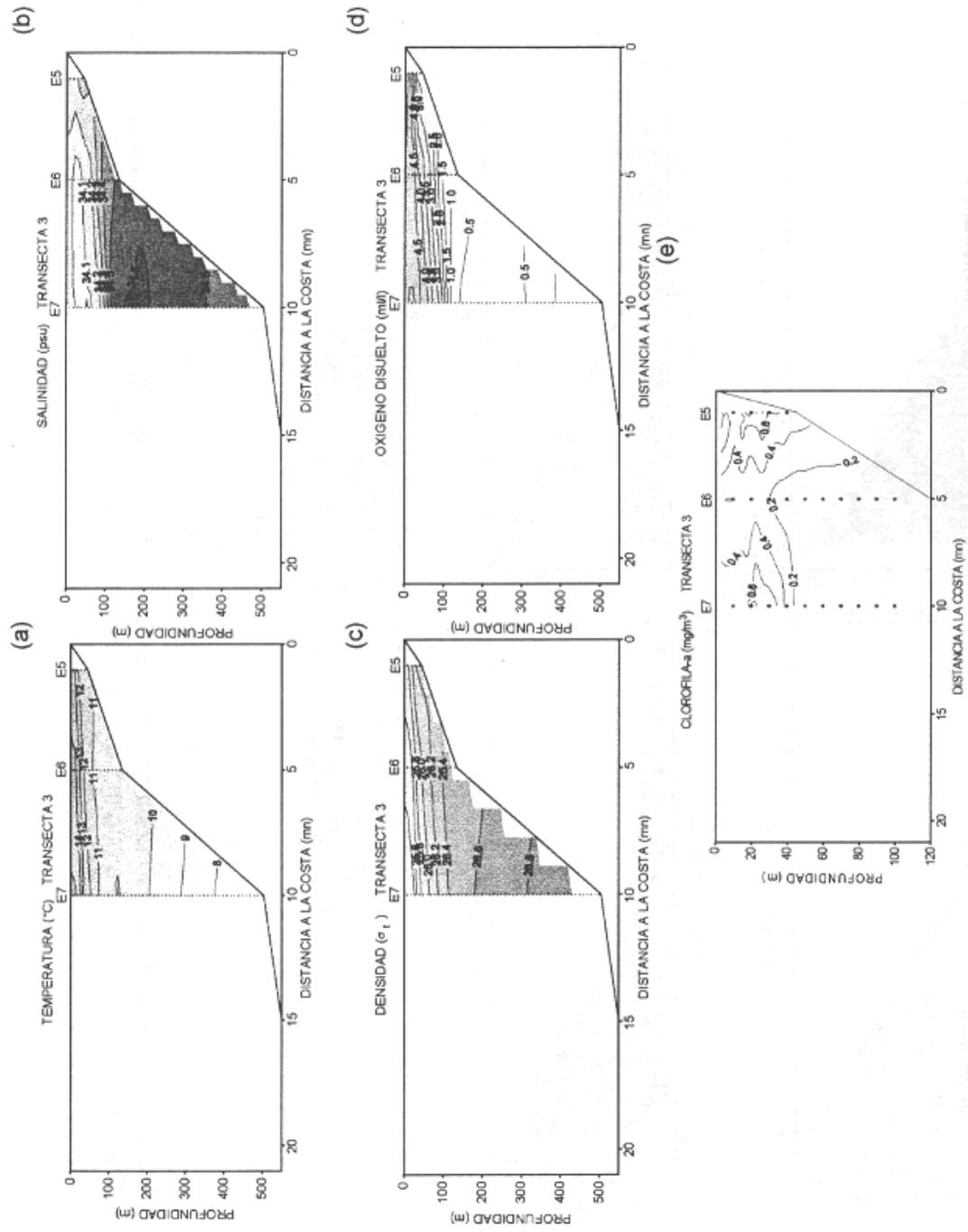


Figura 17. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 3.

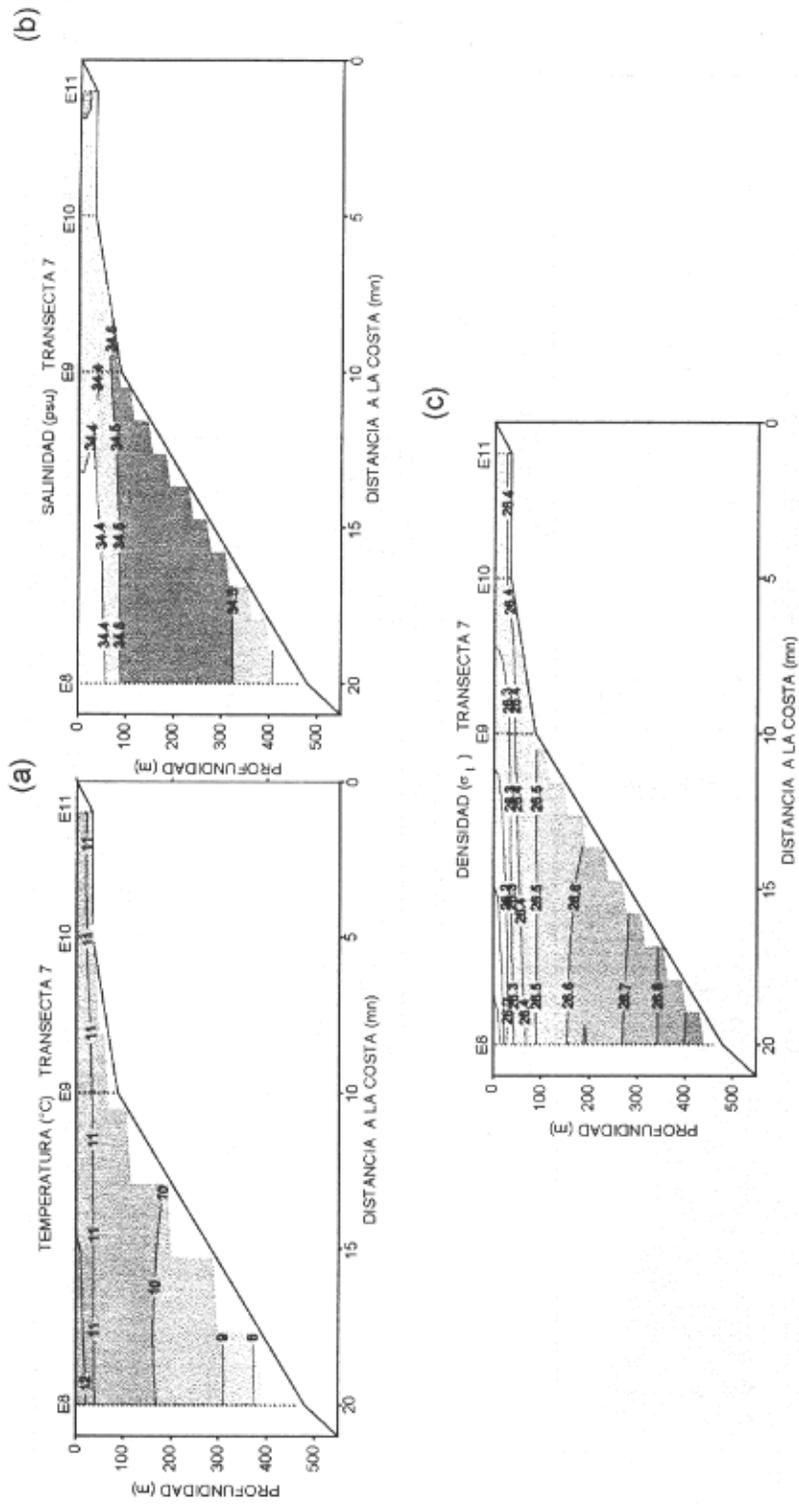


Figura 18. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 7.

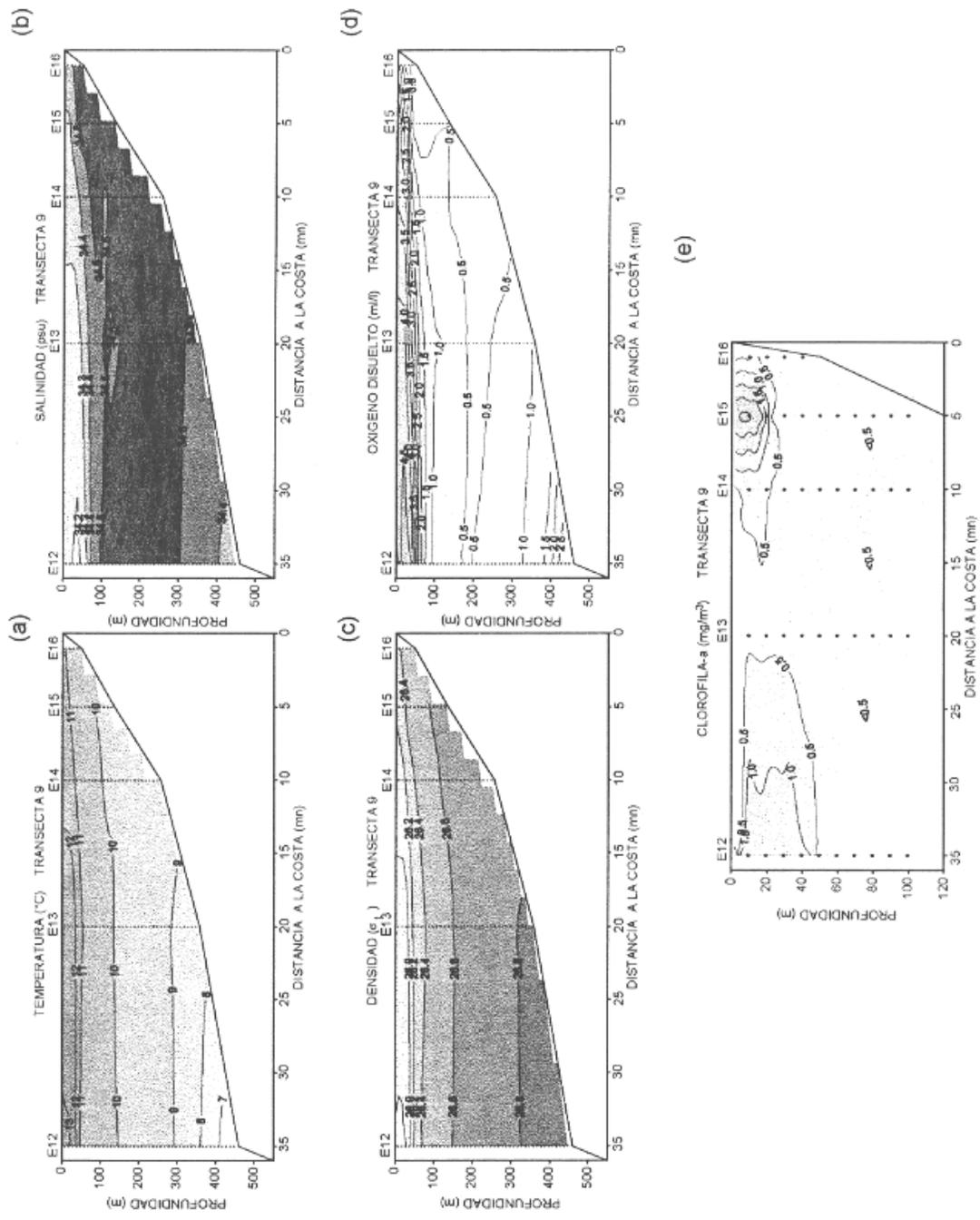


Figura 19. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 9.

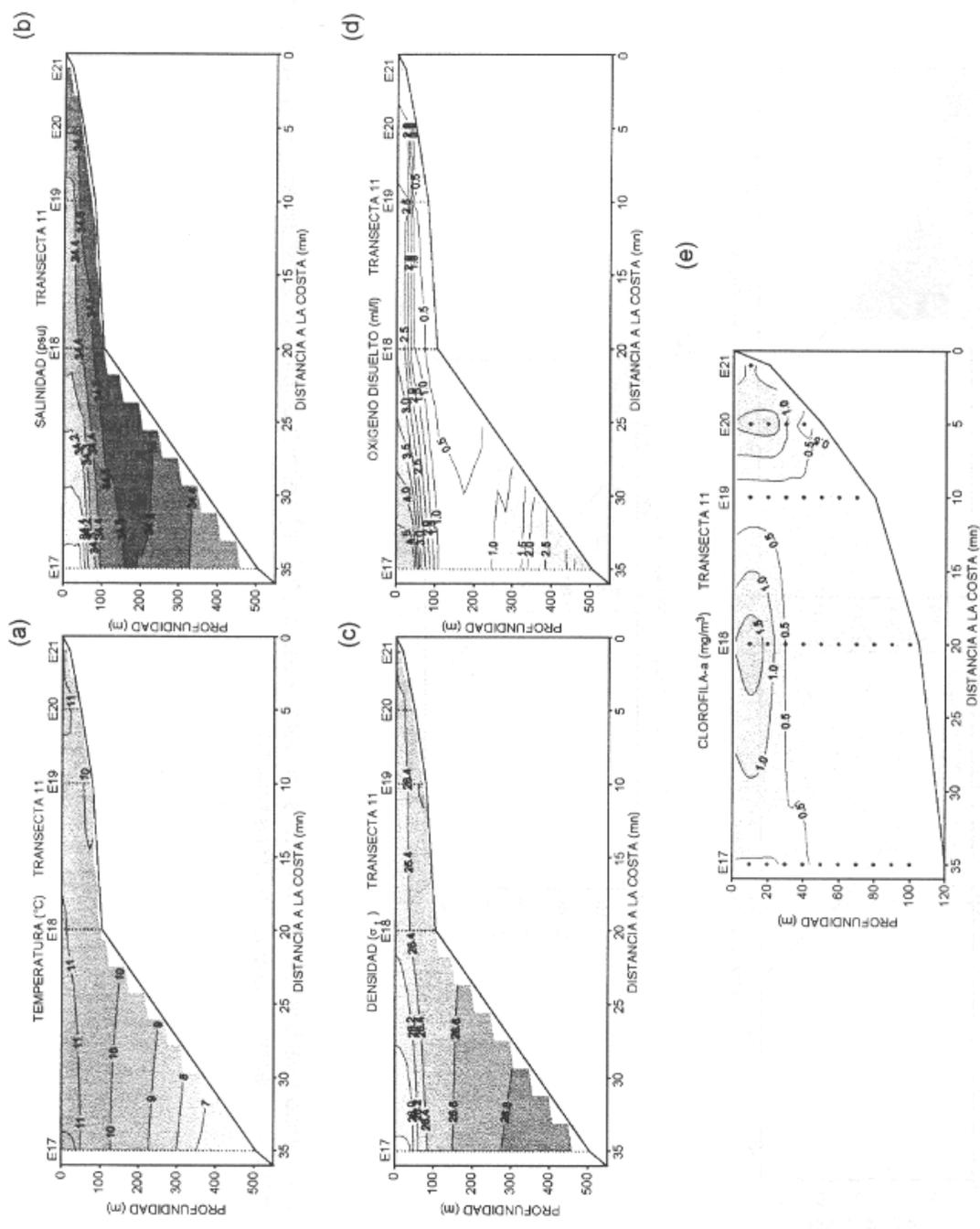


Figura 20. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m³) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 11.

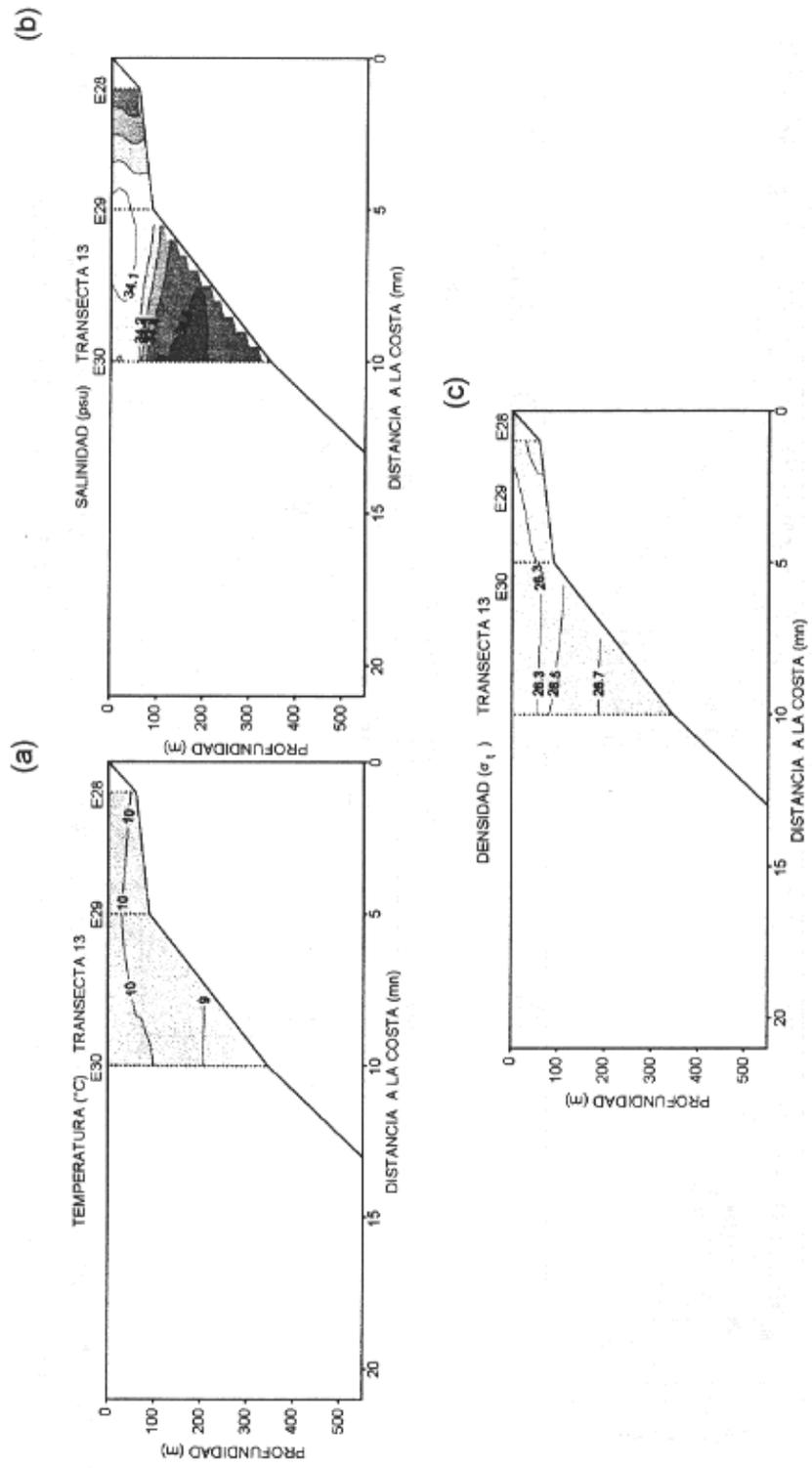


Figura 21. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 13.

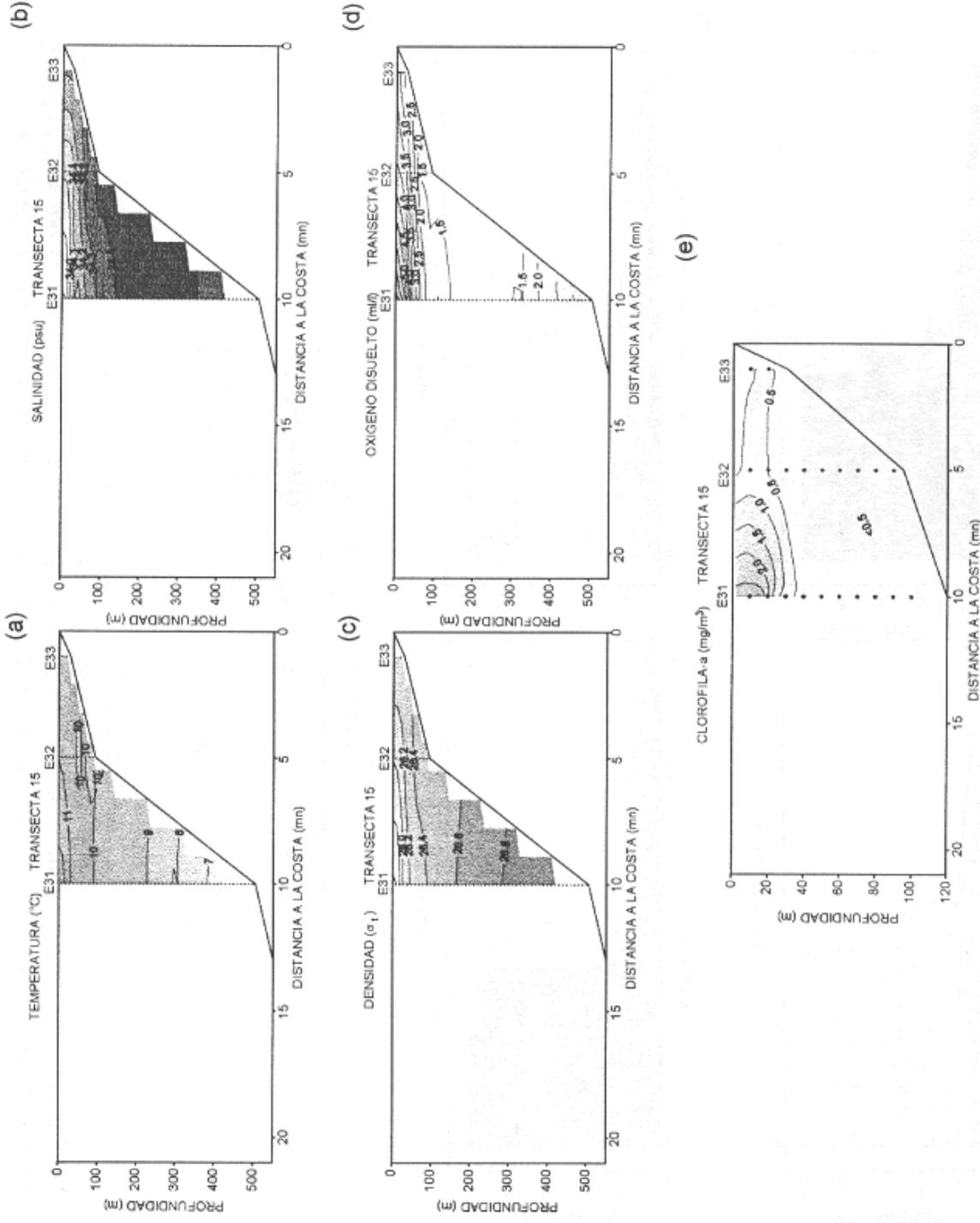


Figura 22. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (mM) y e) clorofila-a (mg/m³) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 15.

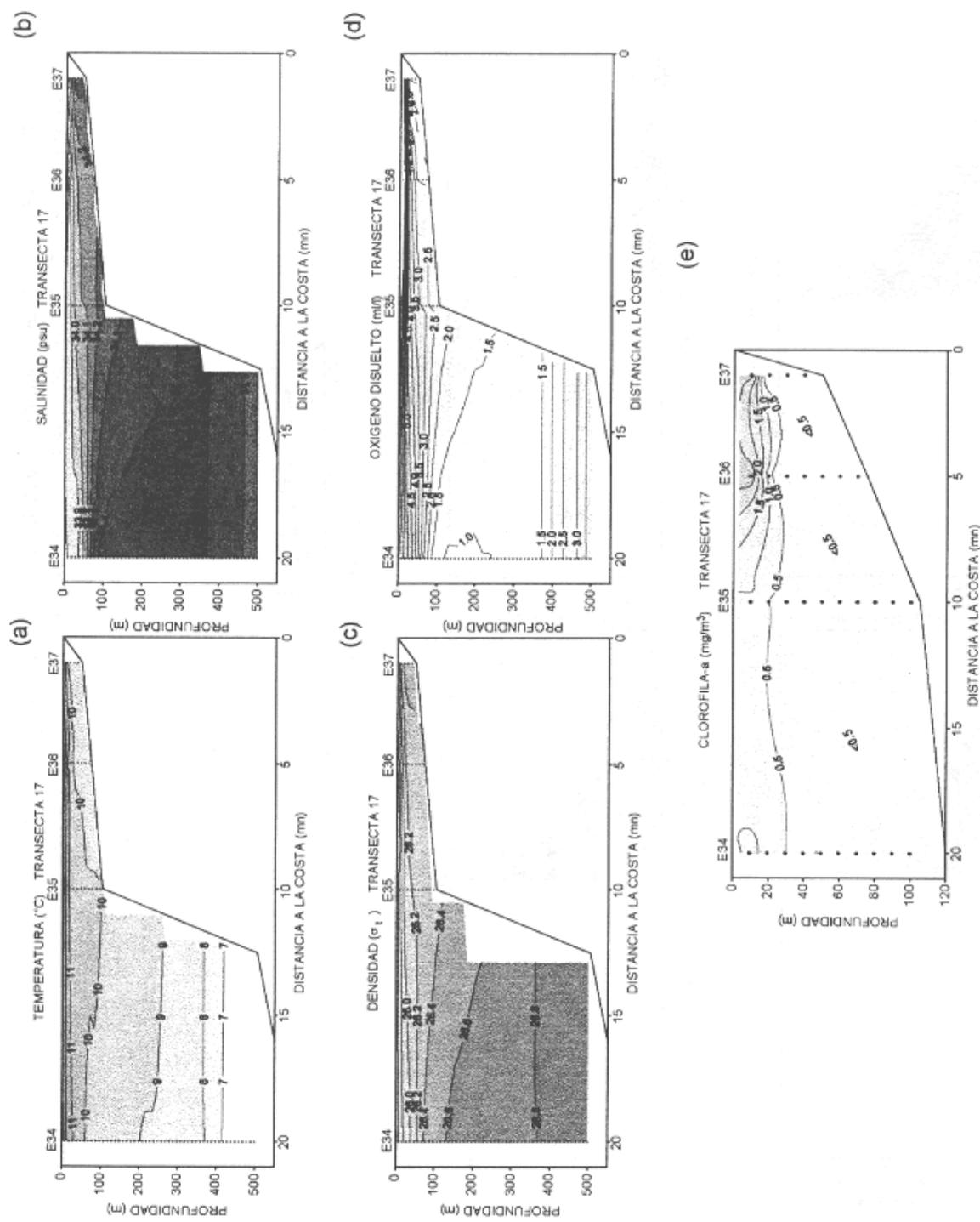


Figura 23. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m³) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 17.

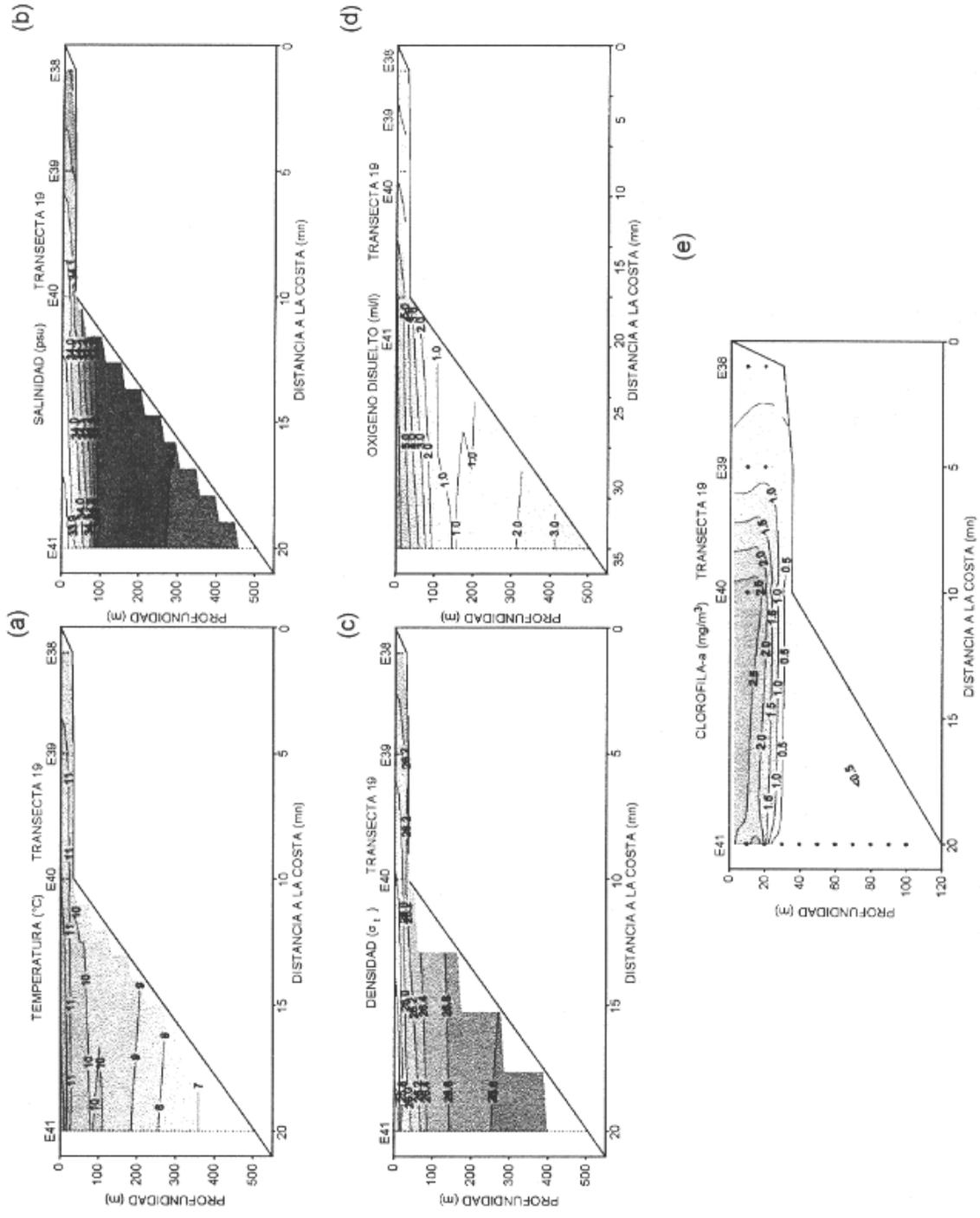


Figura 24. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 19.

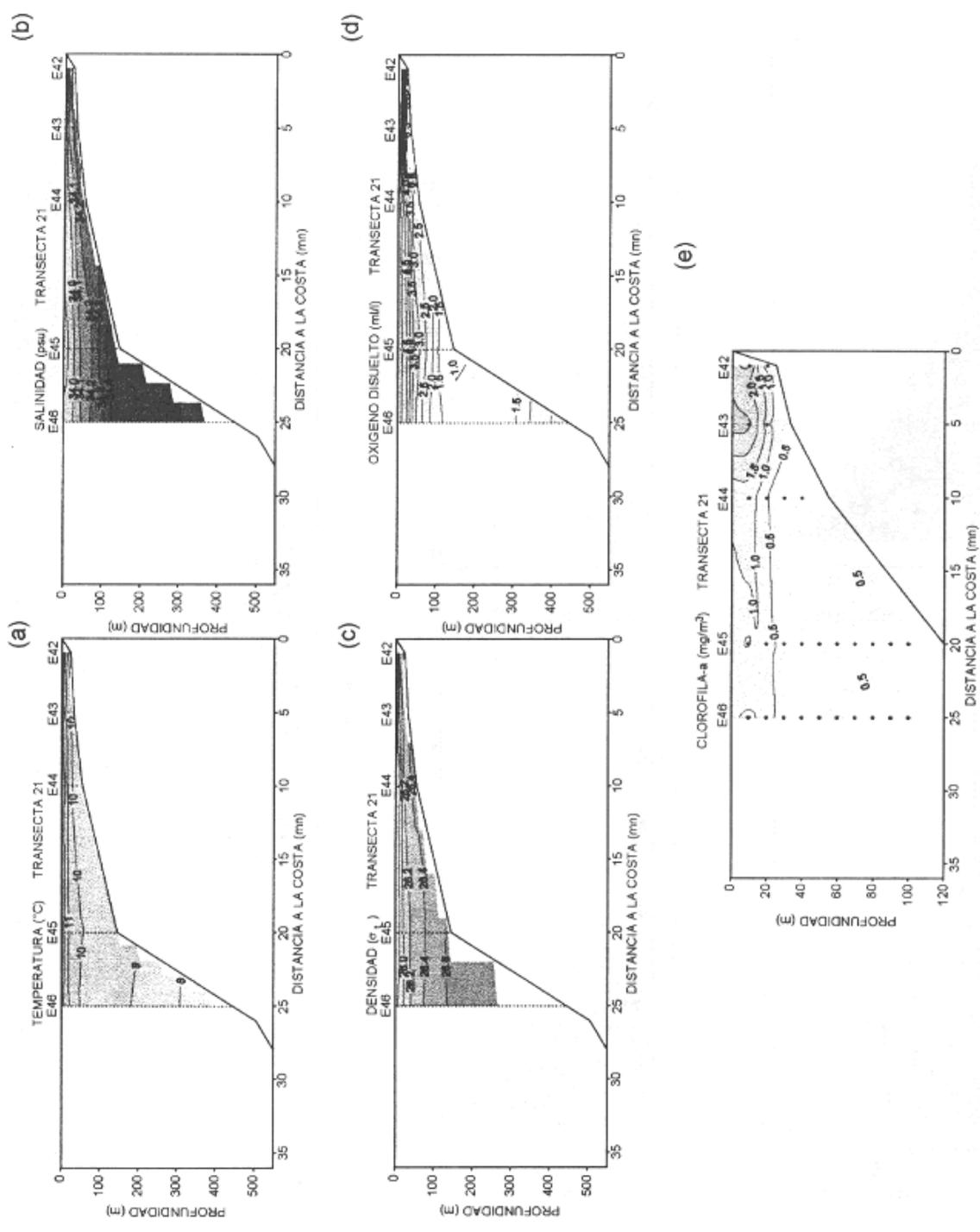


Figura 25. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (mil/l) y e) clorofila-a (mg/m³) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 21.

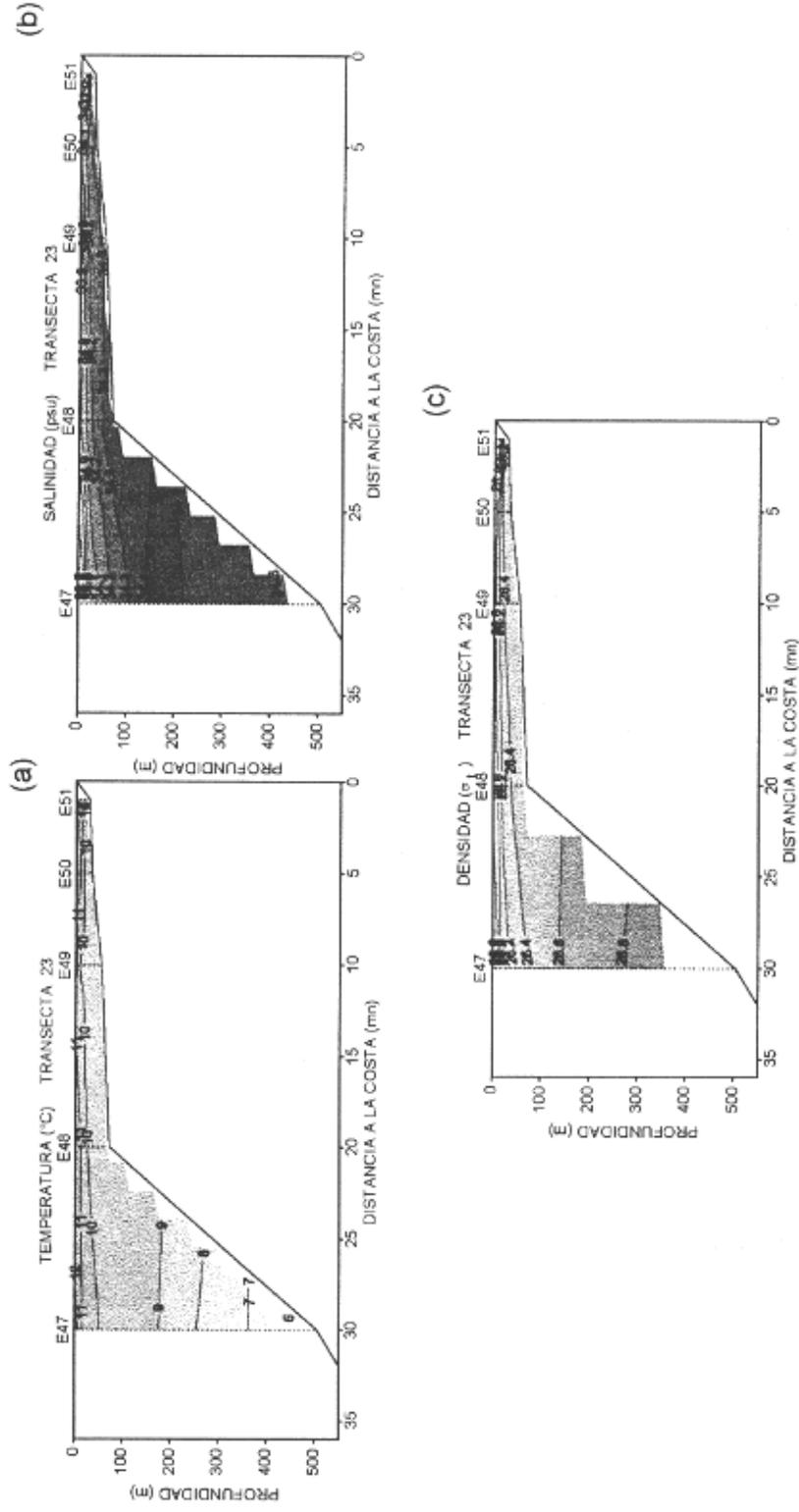


Figura 26. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 23.

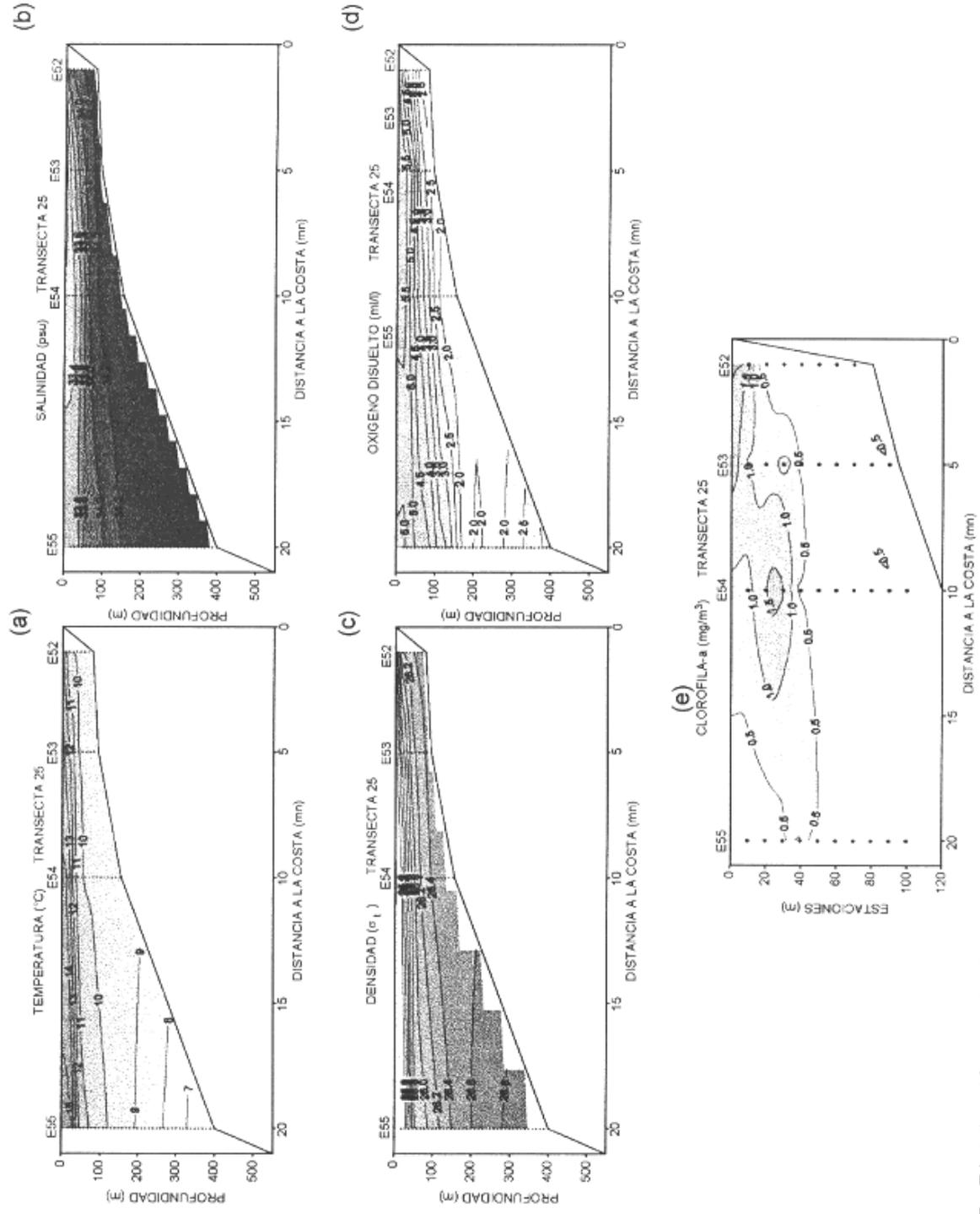


Figura 27. Distribución vertical de las variables: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m^3) a través de la sección oceanográfica de la Transecta 25.

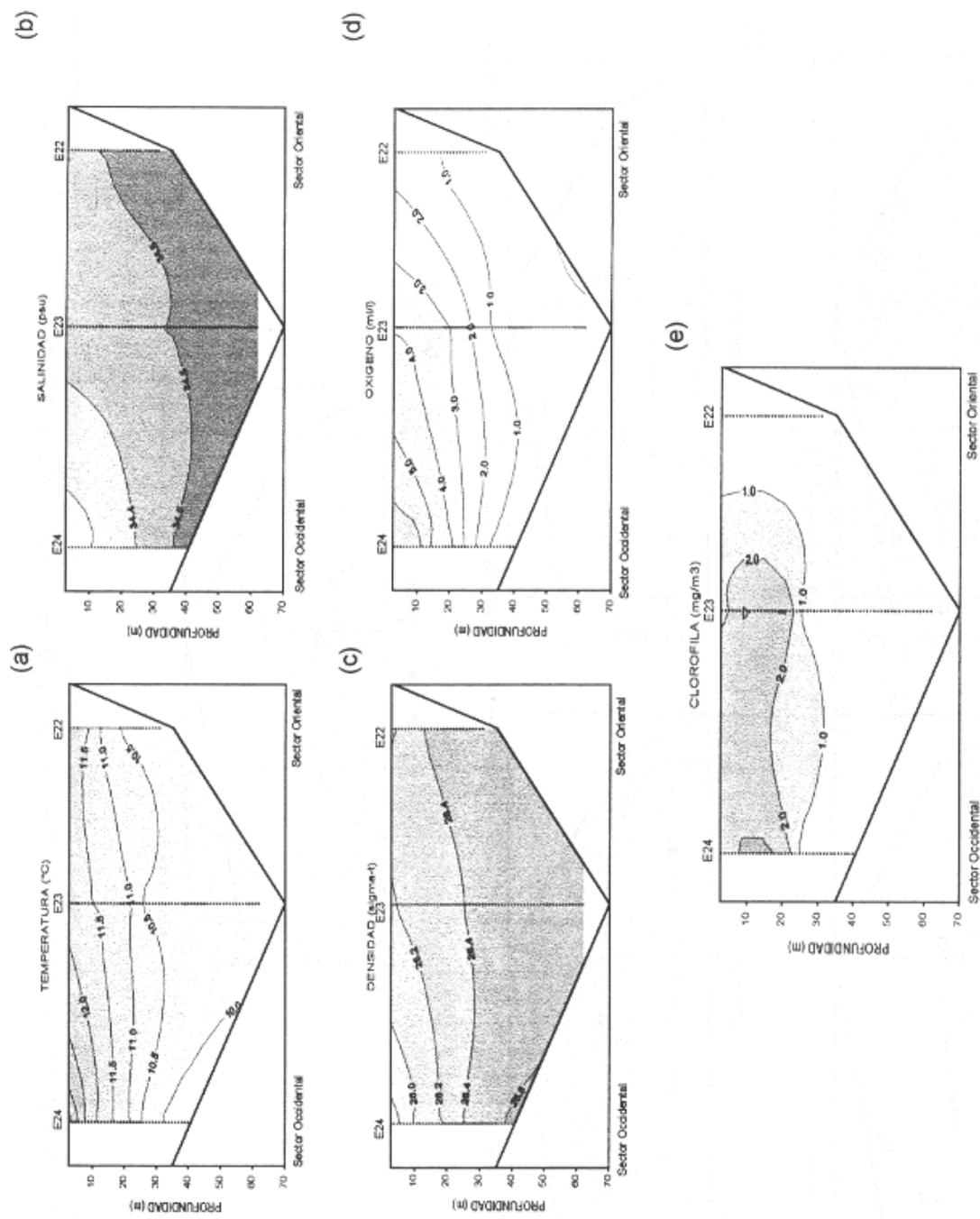


Figura 28. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (m/l) y e) clorofila-a (mg/m³) para la transecta situada en la boca del Golfo de Arauco.

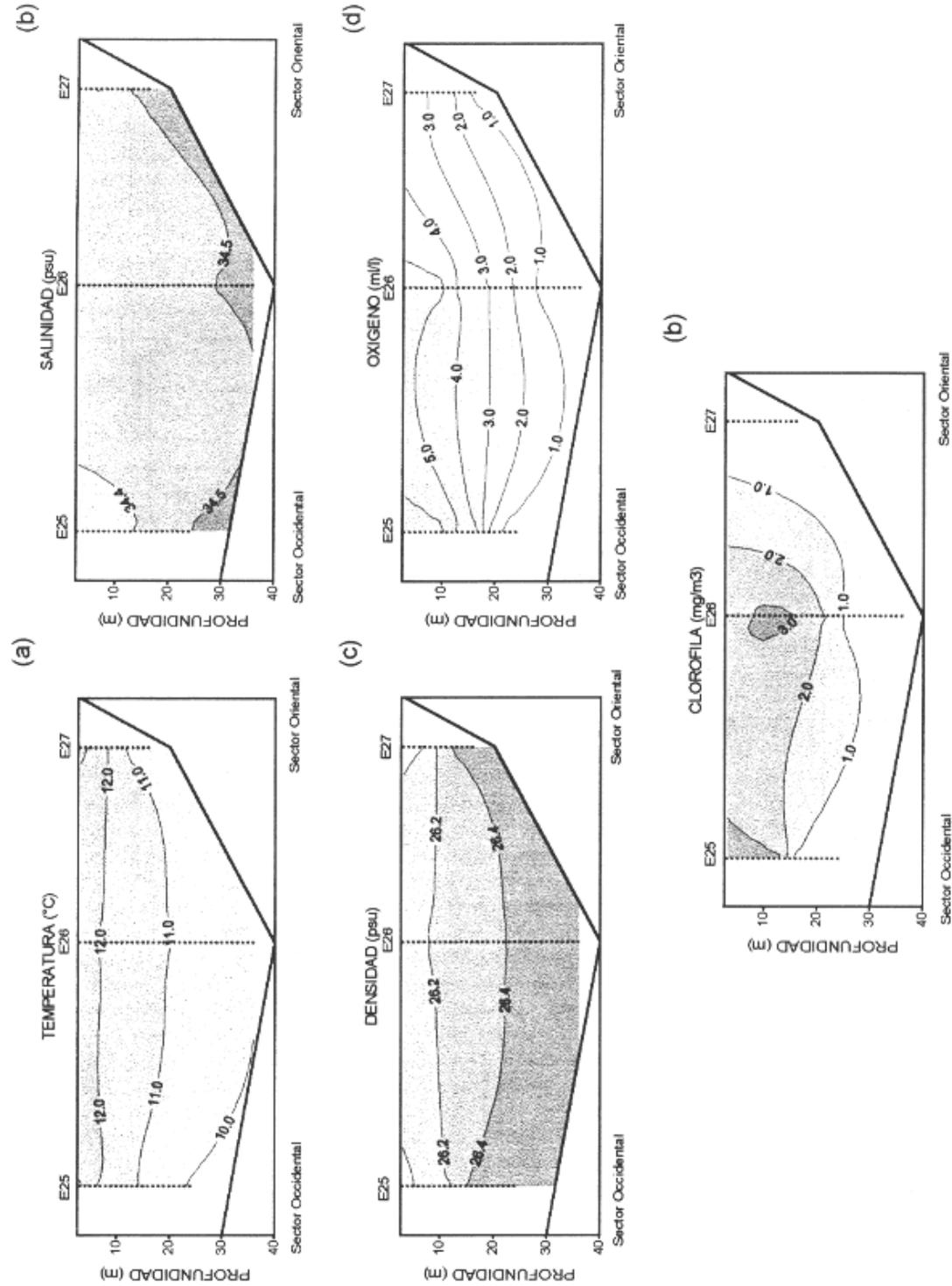


Figura 29. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m³) para la transecta situada en el fondo de saco del Golfo de Arauco.

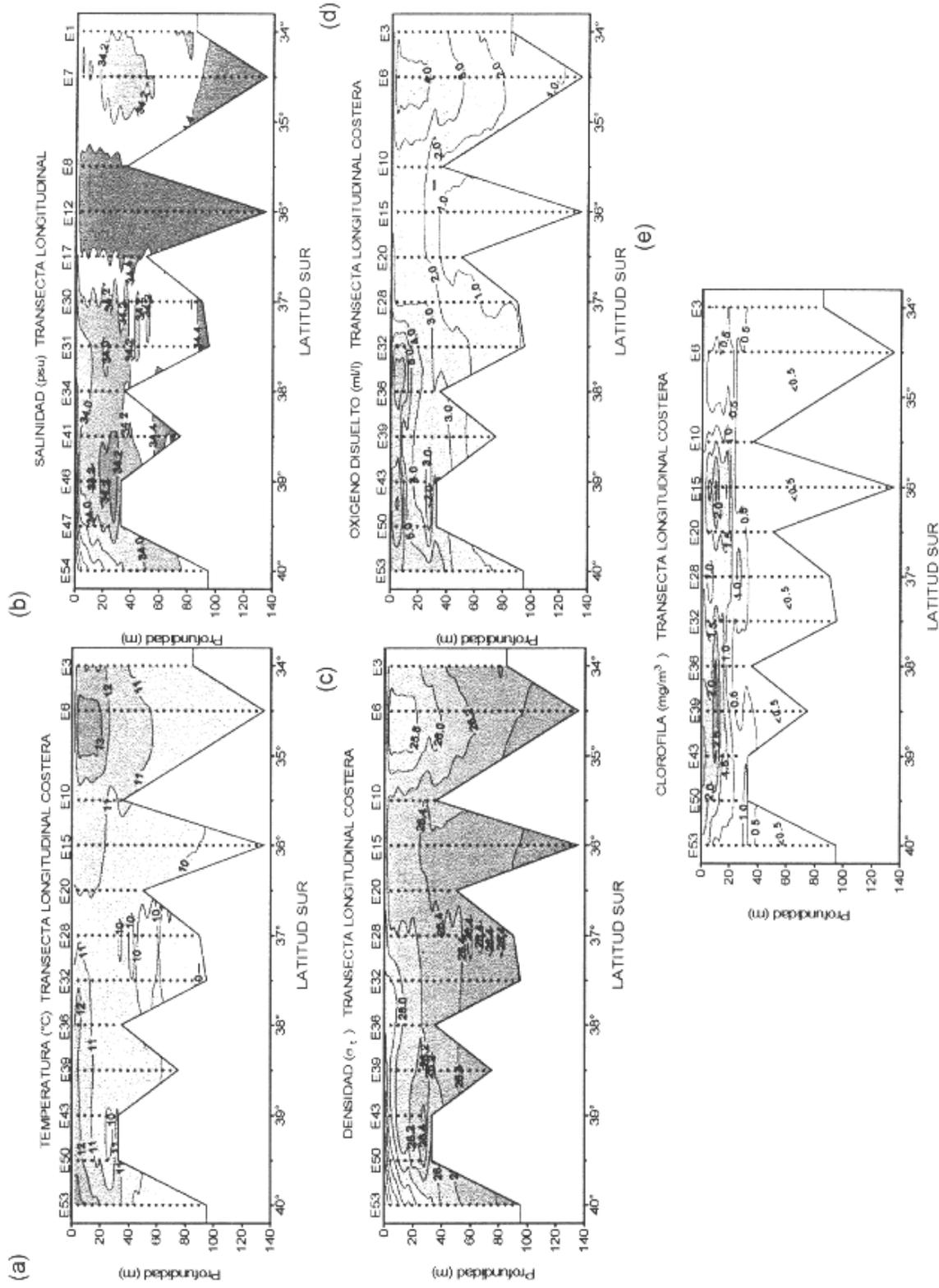


Figura 30. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m³) a través de la sección longitudinal costera.

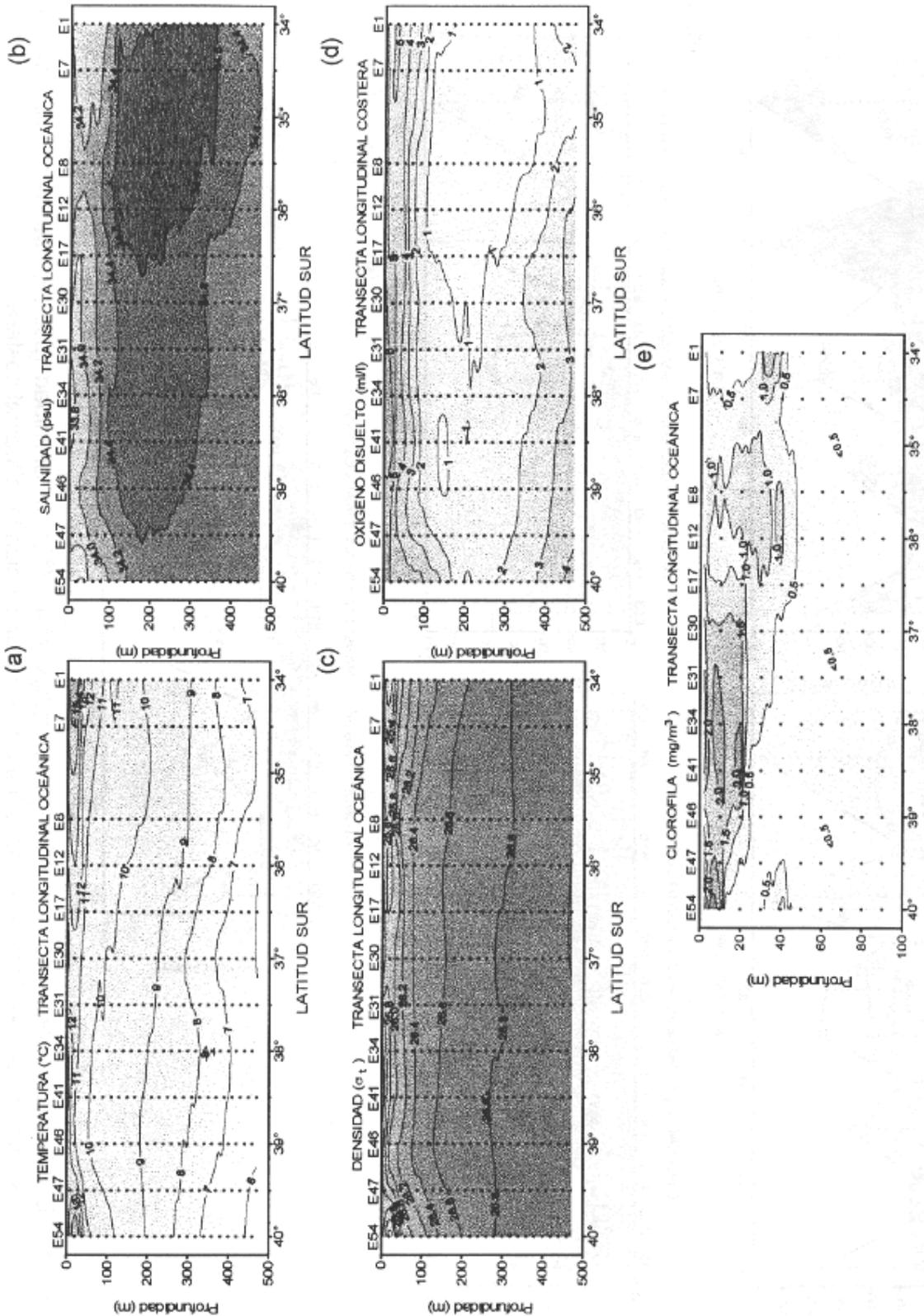


Figura 31. Distribución vertical de las variables: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml/l) y e) clorofila-a (mg/m³) a través de la sección longitudinal oceánica.

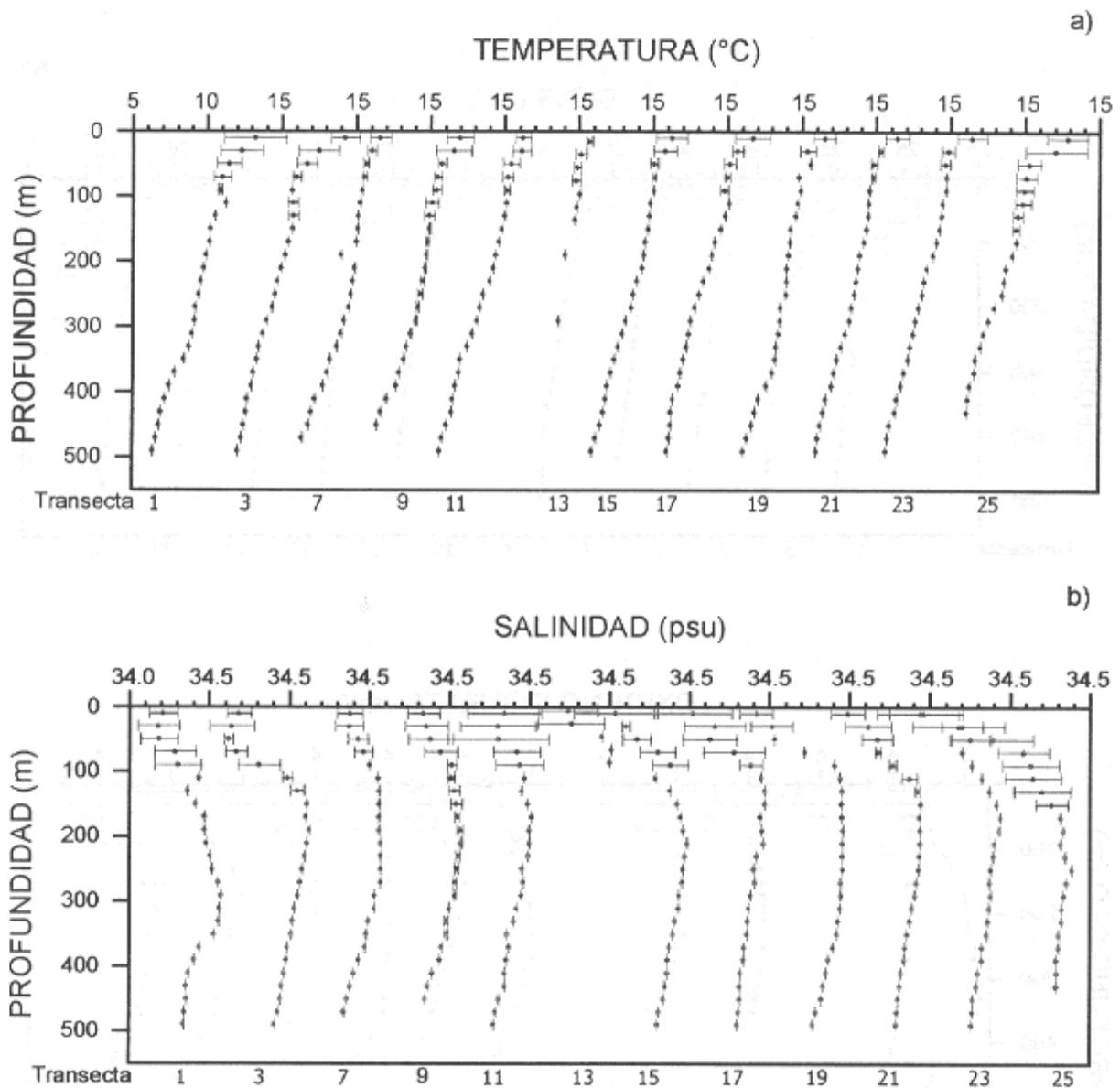


Figura 32. Perfiles verticales promedio (y desviación estándar) de las variables a) temperatura (°C) y b) salinidad (psu) para cada una de las transectas realizadas.

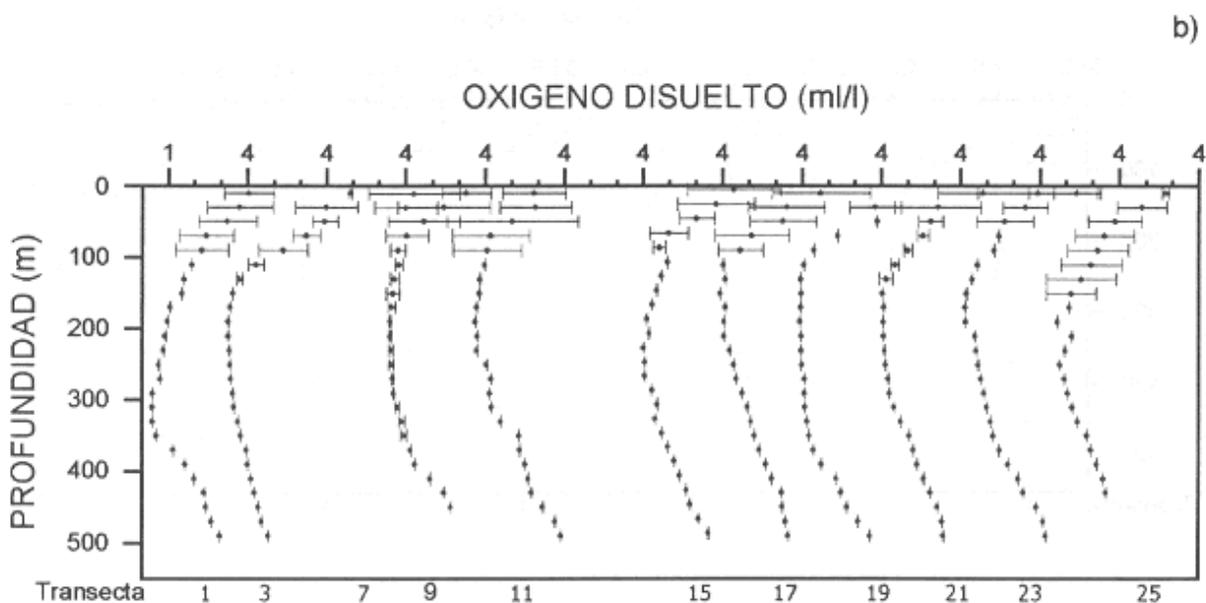
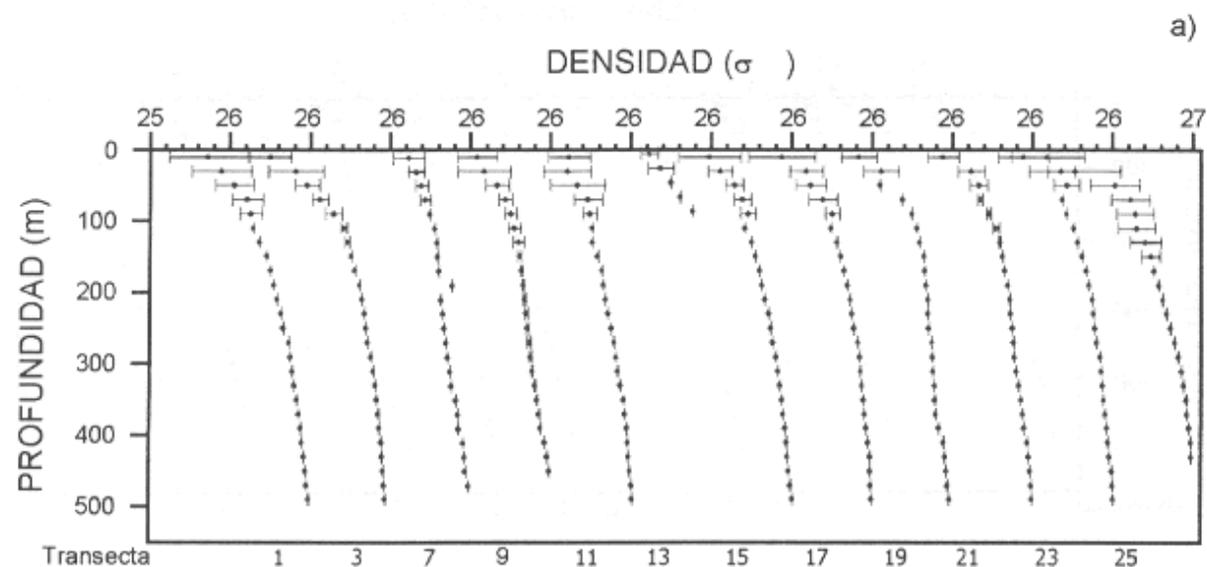


Figura 33. Perfiles verticales promedio (y su desviación estándar) de las variables a) densidad (σ_t), b) oxígeno disuelto (ml/l) y c) clorofila-a (mg/m^3) para cada una de las transectas realizadas.

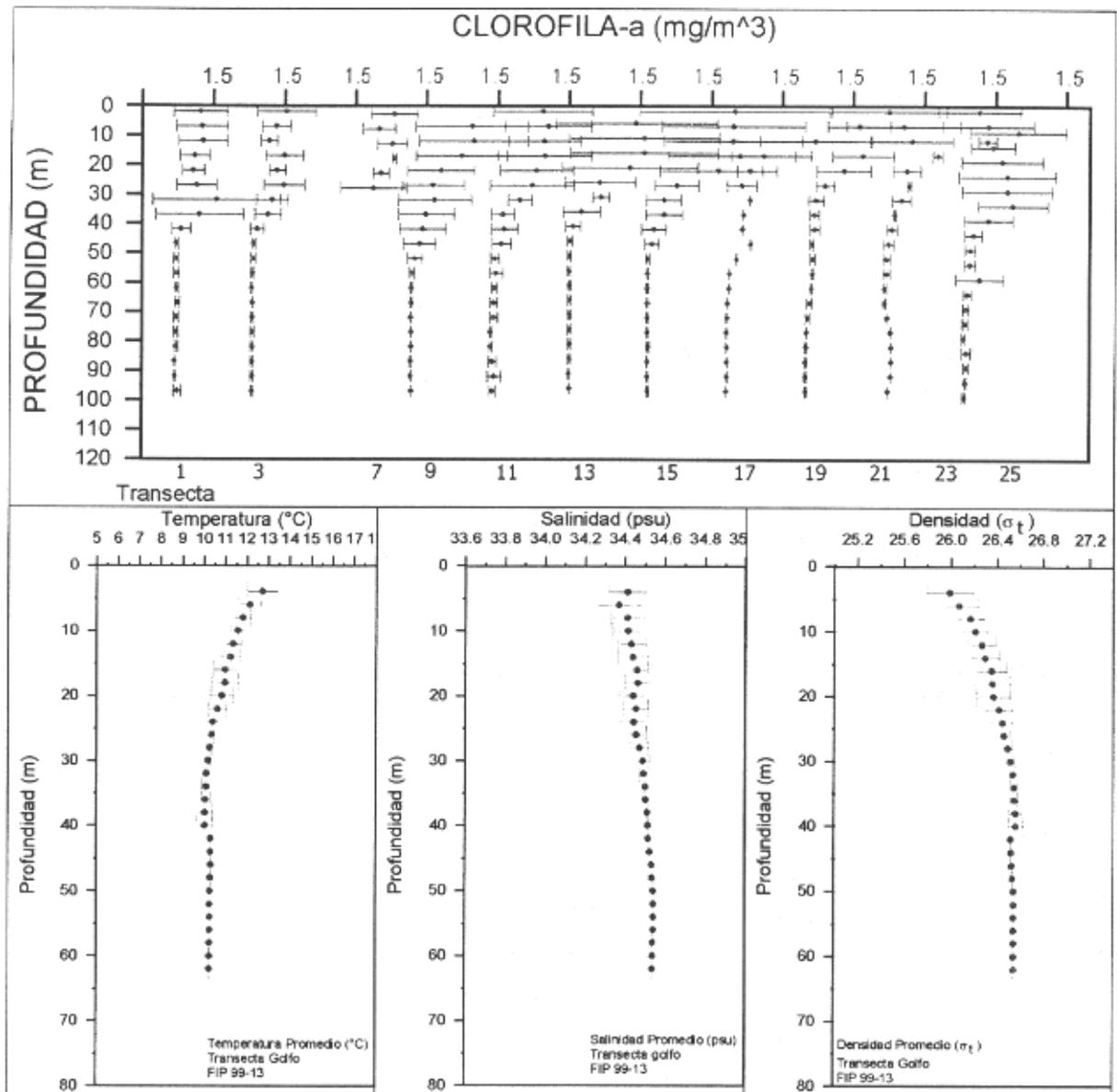
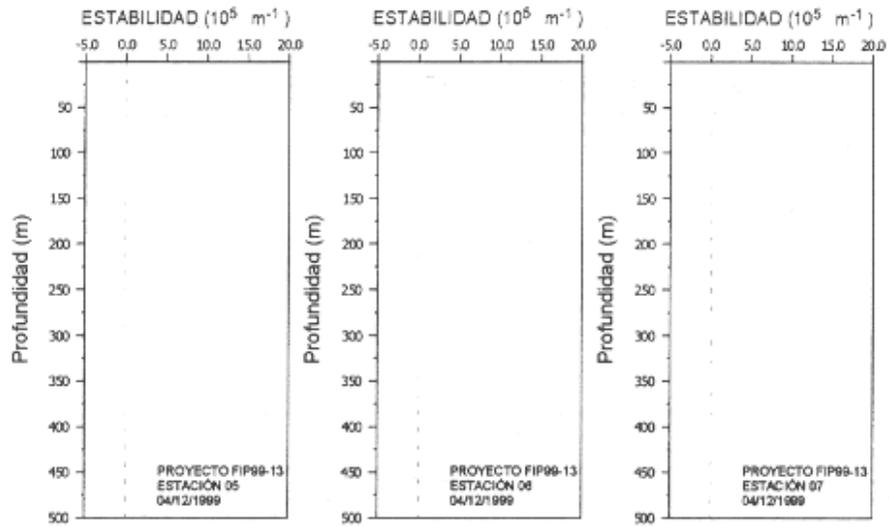


Figura 34. Perfiles verticales promedio (y su desviación estándar) de las variables temperatura (°C), salinidad (psu) y densidad (σ_t) correspondientes a las estaciones 22, 23, 24, 25, 26 y 27 realizadas en el Golfo de Arauco

(a)



(b)

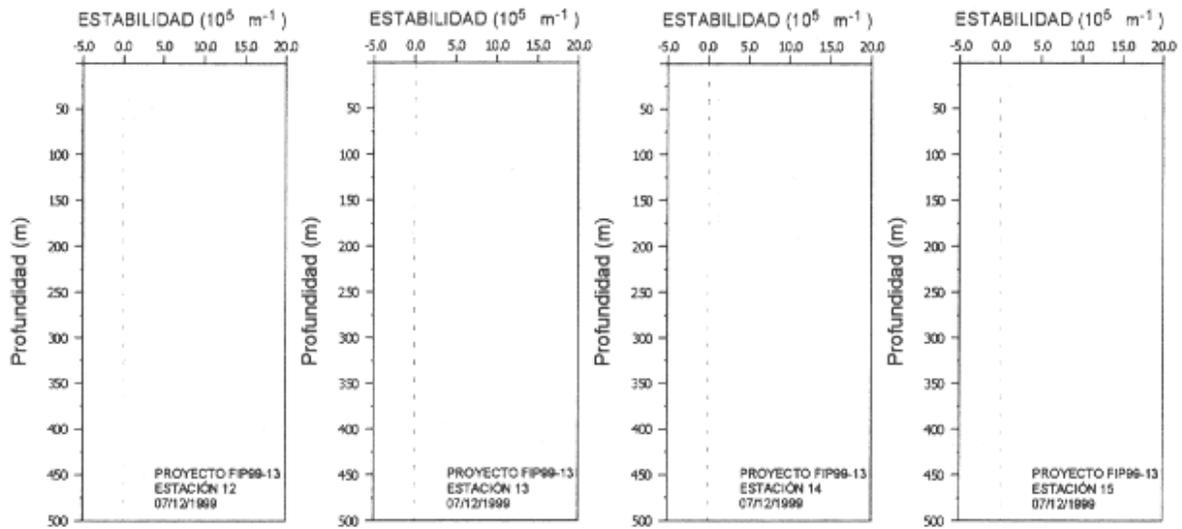


Figura 35. Perfiles vertical de estabilidad en la columna de agua: a) transecta 3, y b) transecta 9.

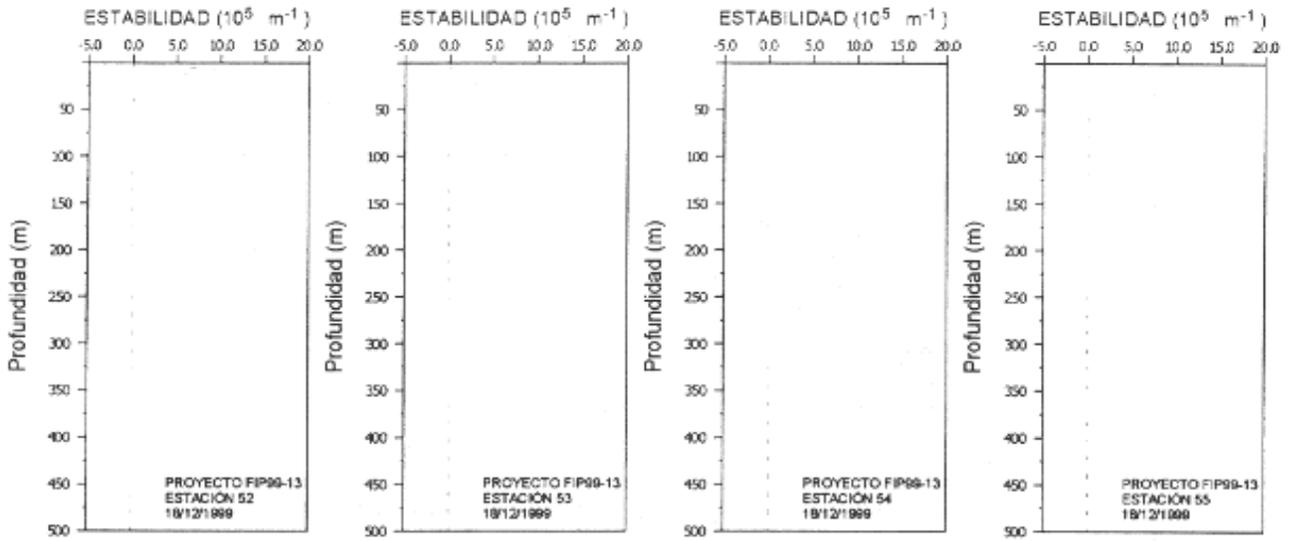


Figura 36. Perfiles verticales de estabilidad en la columna de agua en la transecta 12.

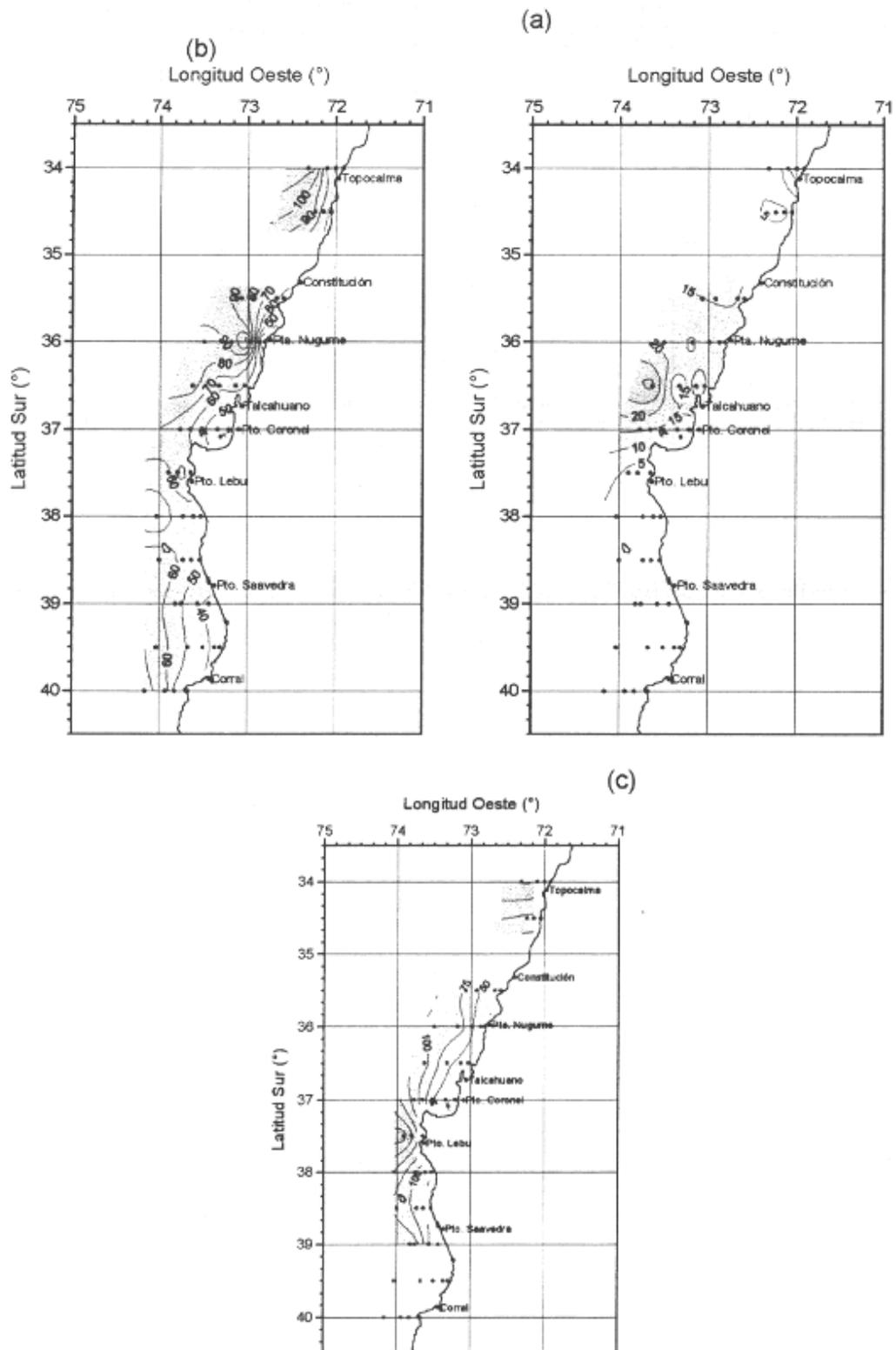


Figura 37. Distribución horizontal de la a) Profundidad Base Termoclina (m), b) Profundidad Capa Mezcla (m) y c) Profundidad de la mínima de Oxígeno Disuelto (m).

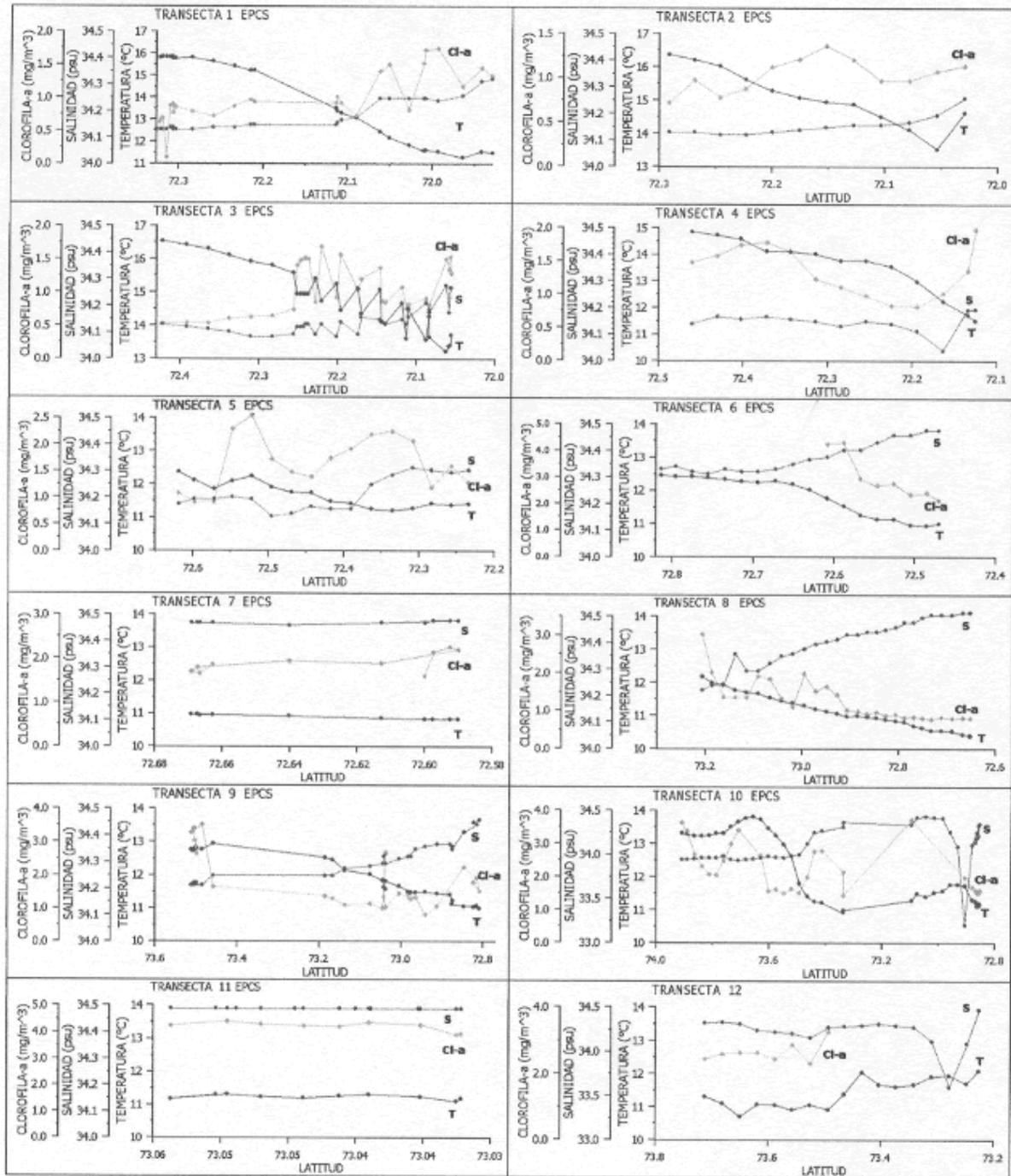


Figura 38. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para las transectas 1 a la 12, registrados con EPCS.

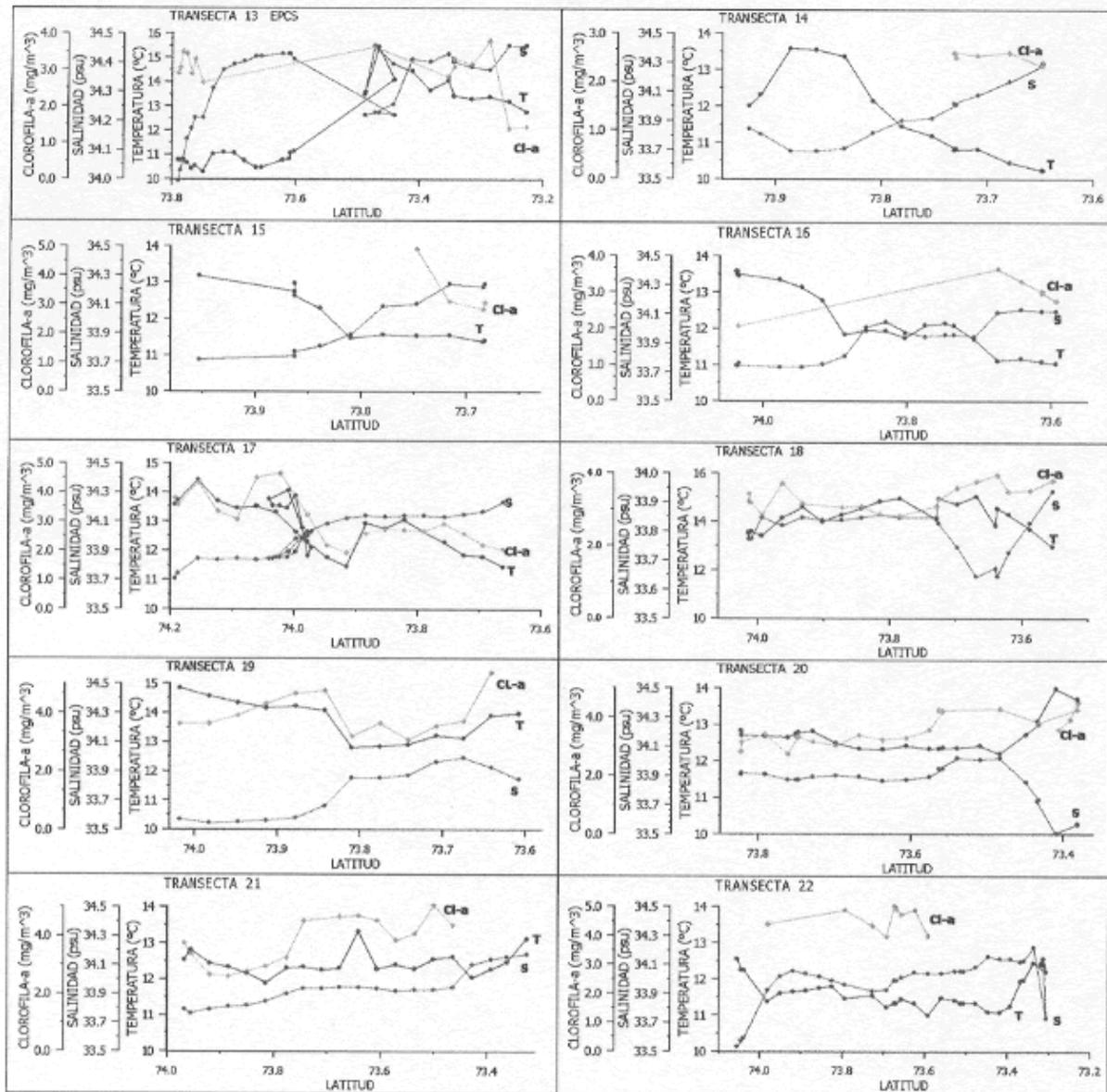


Figura 39. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para las transectas 13 a la 22, registrados con EPCS.

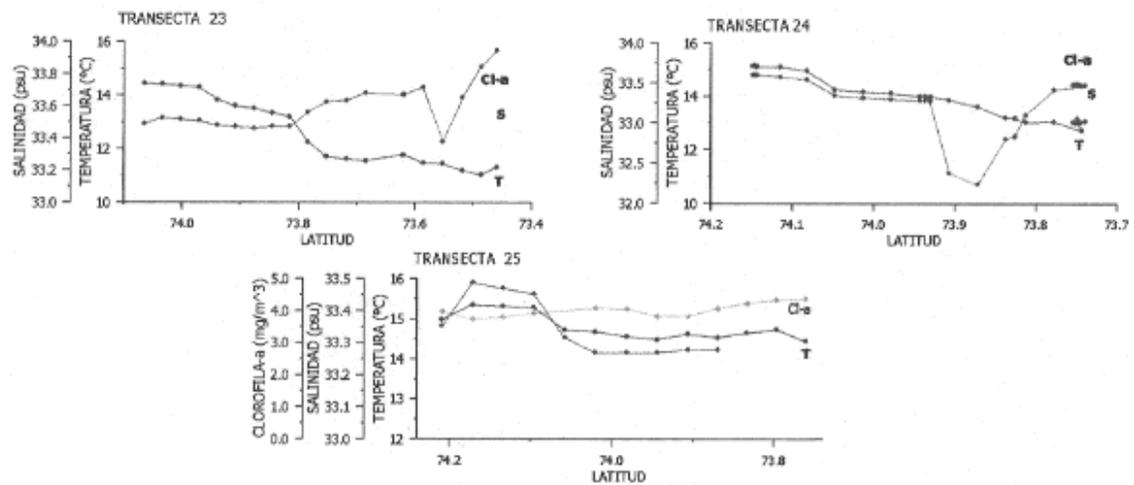


Figura 40. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m⁻³) para las transectas 23 a la 25, registrados con EPCS.

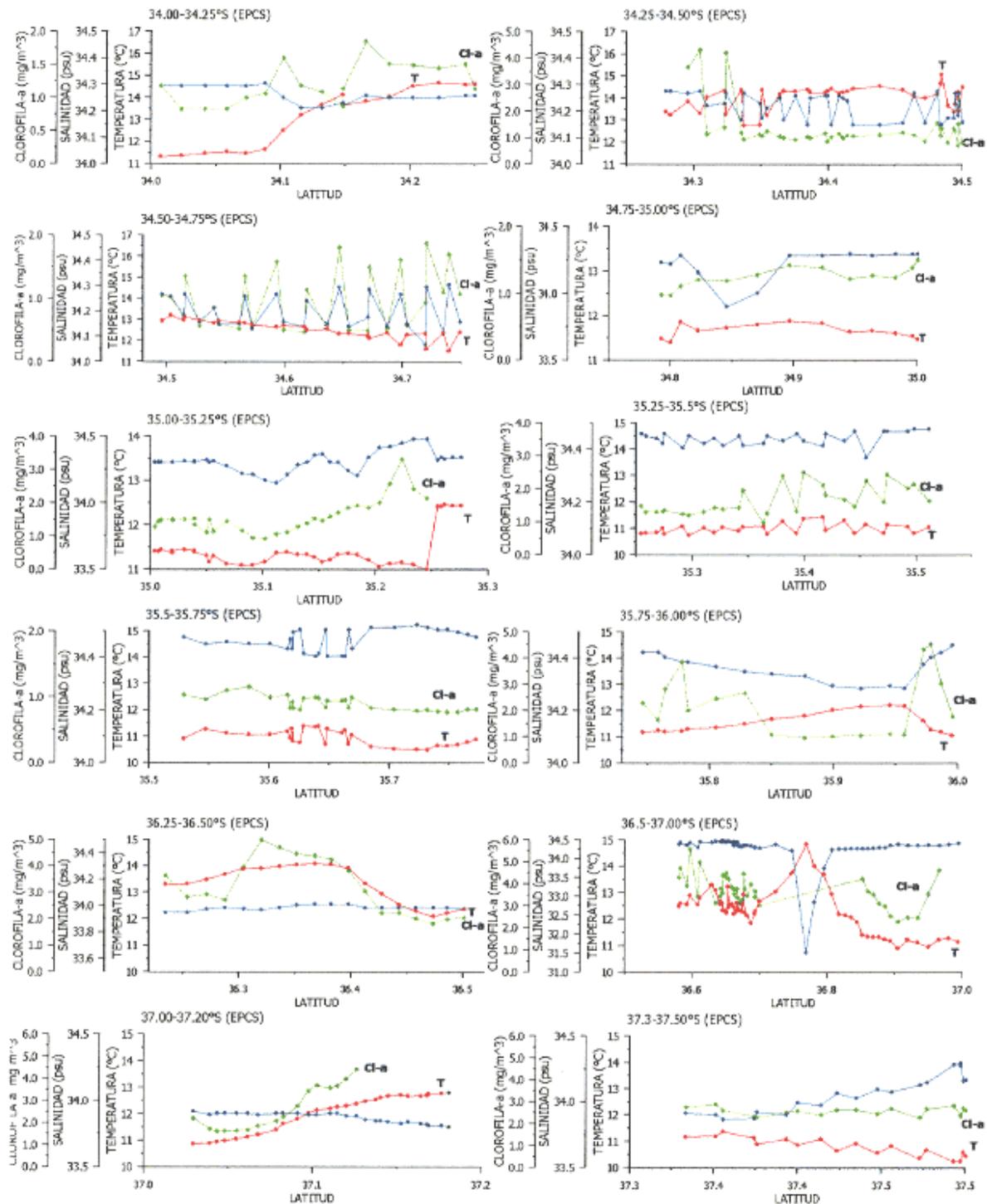


Figura 41. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para los sectores intertransectas siuados entre los 34°00'S y los 37°30'S, registrados con EPCS.

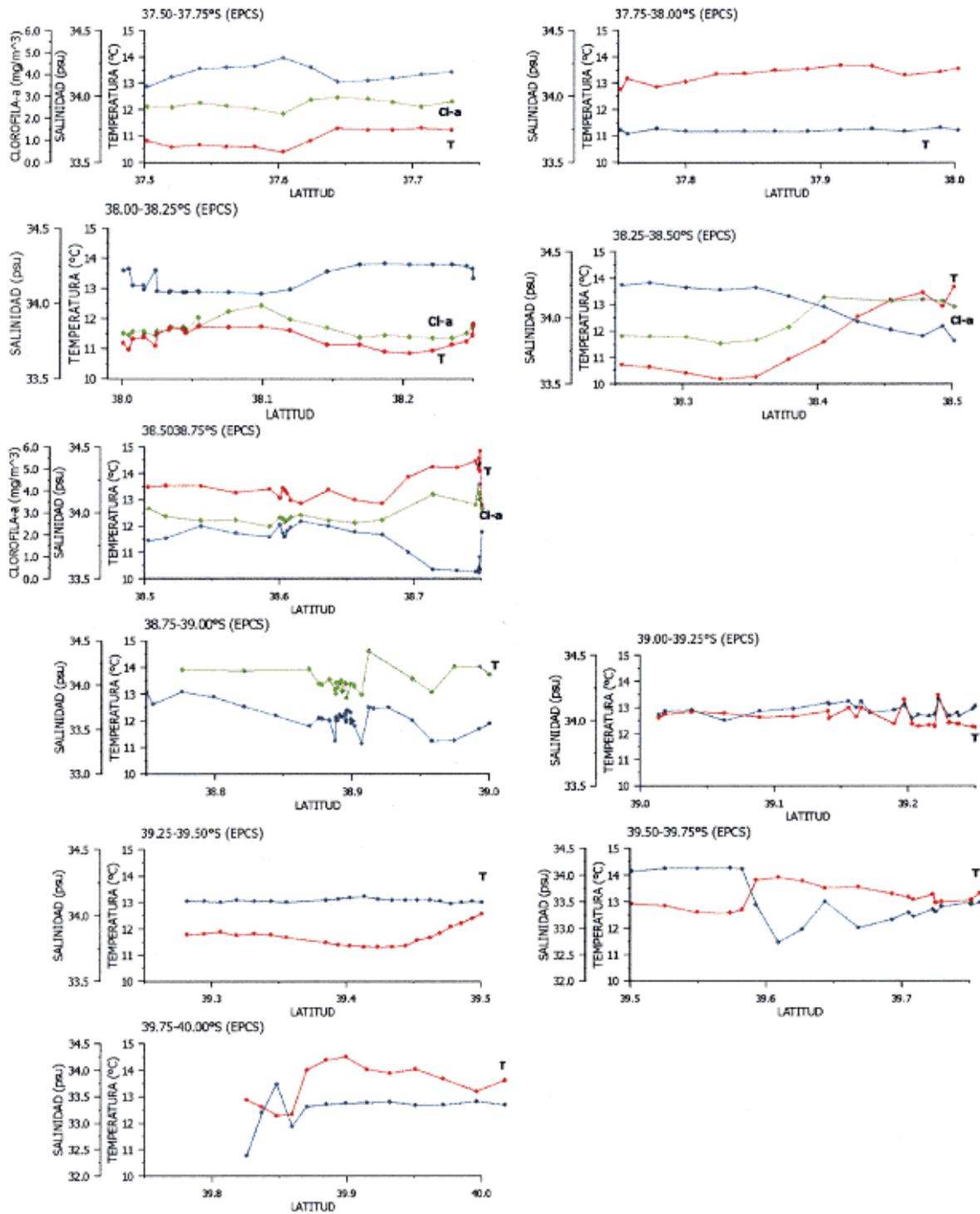


Figura 42. Distribución horizontal superficial de la a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) clorofila-a (mg m^{-3}) para los sectores intertransectas situados entre los 37°30'S y los 40°00', registrados con EPCS.

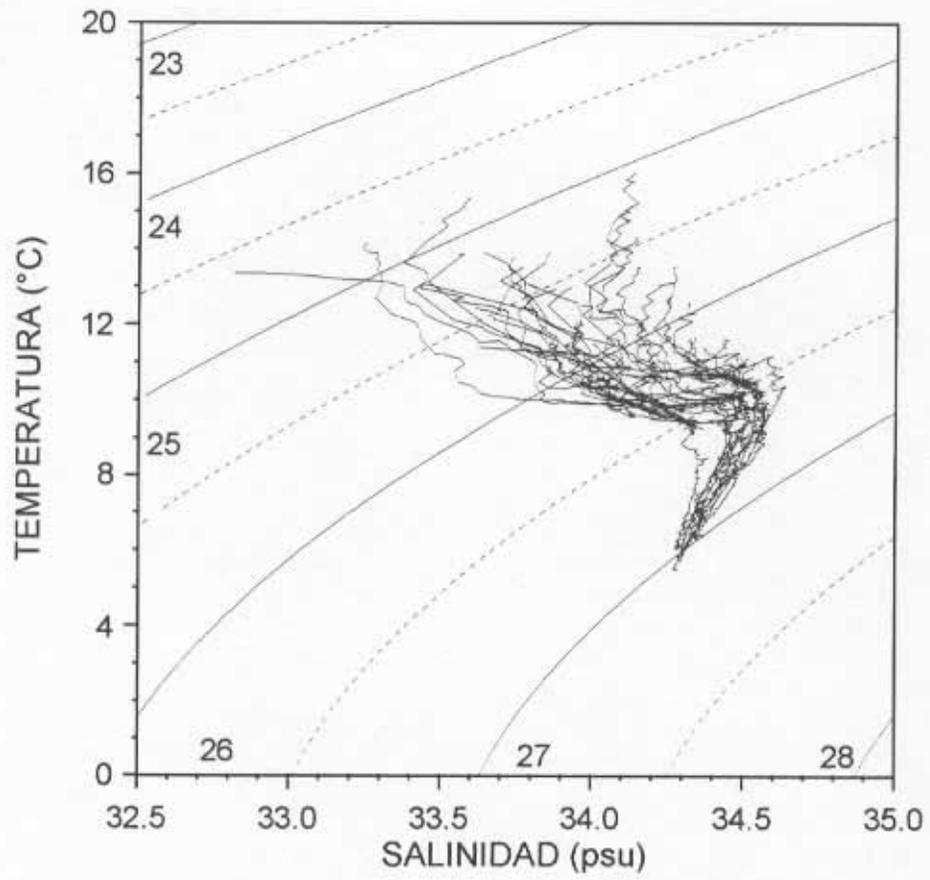


Figura 43. Diagrama T-S incluyendo todas las estaciones de muestreo.

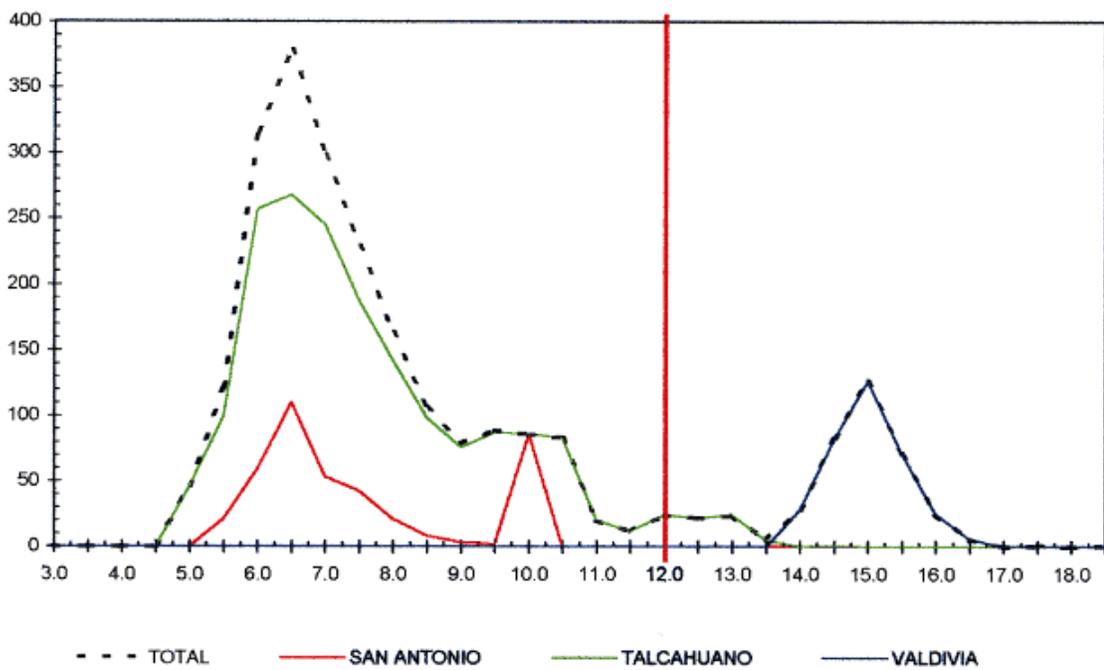


Figura 44. Distribución de frecuencias de longitud de anchoveta capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAS1299 (fracción recluta ≤ 12 cm).

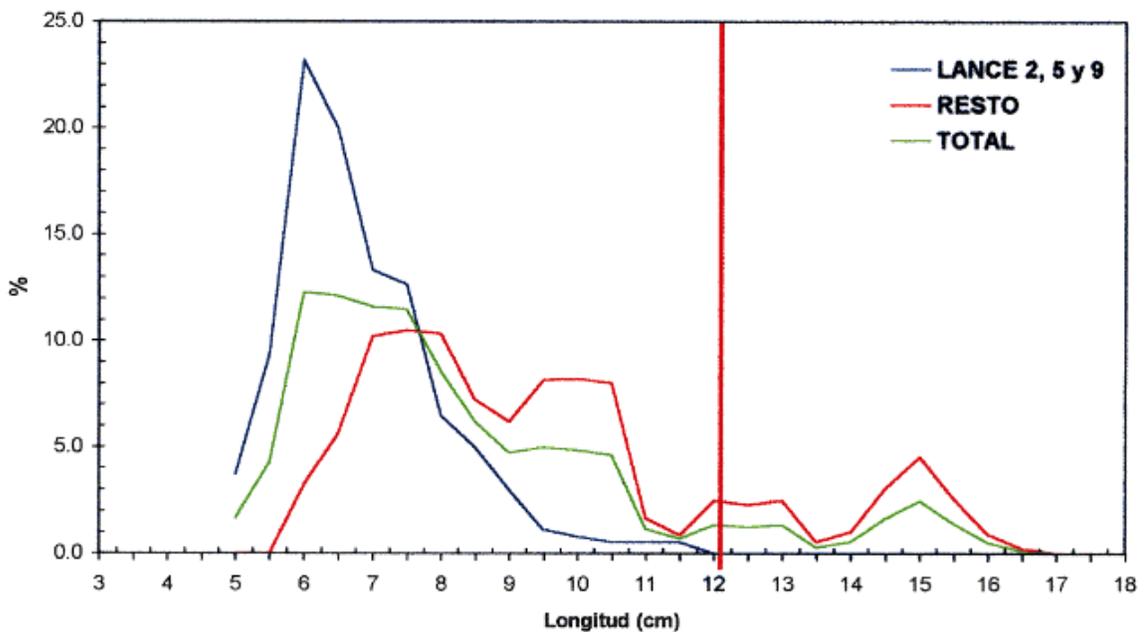


Figura 45. Distribución de frecuencia de longitud ponderada por la captura de anchoveta según focos de abundancia detectado en el crucero RECLAS1299 (fracción recluta $\leq 12,0$ cm).

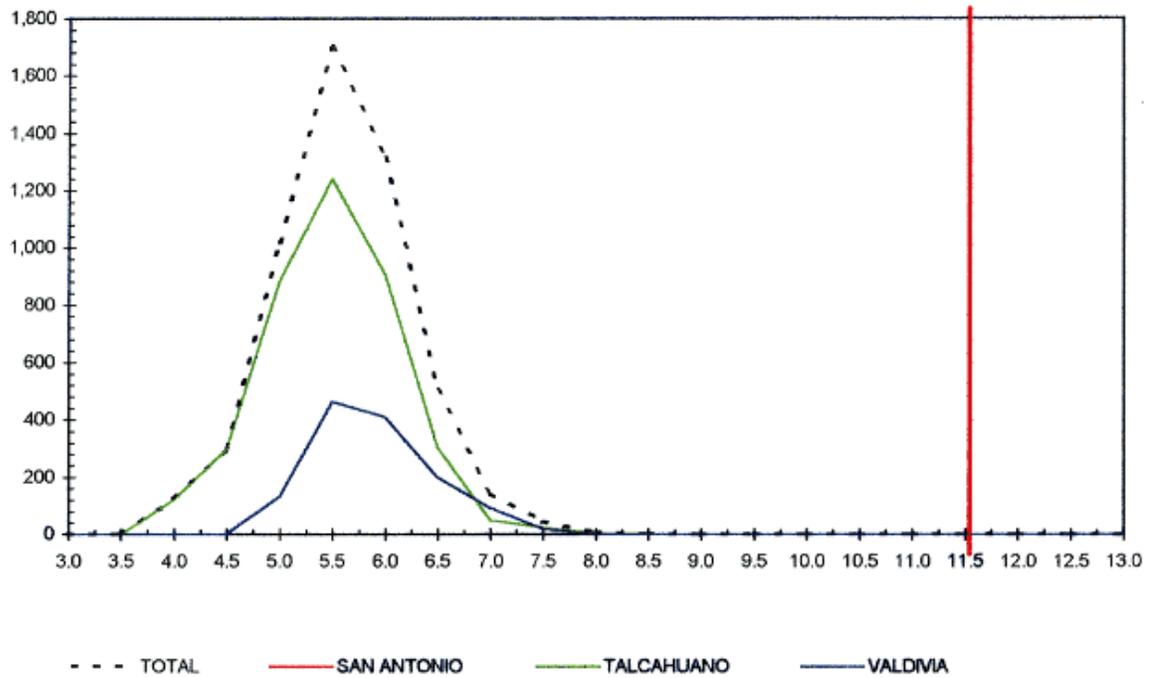


Figura 46. Distribución de frecuencias de longitud de sardina común capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAN1299 (fracción recluta $\leq 11,5$ cm).

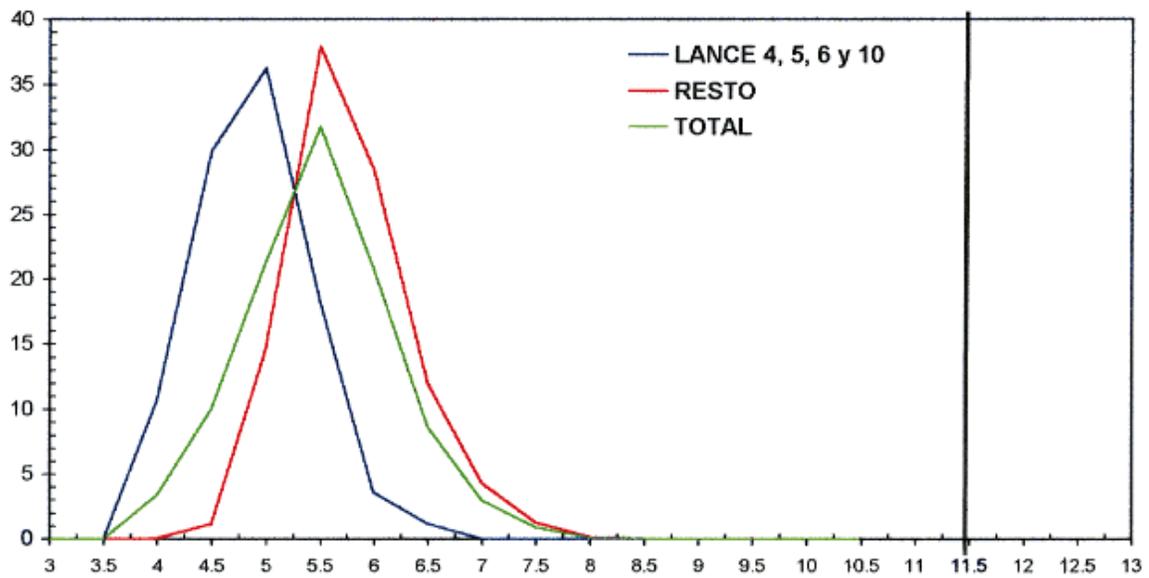


Figura 47. Distribución de frecuencia de longitud ponderada por la captura de sardina común, según focos de abundancia detectado en el crucero RECLAS1299 (fracción recluta $\leq 11,5$ cm).

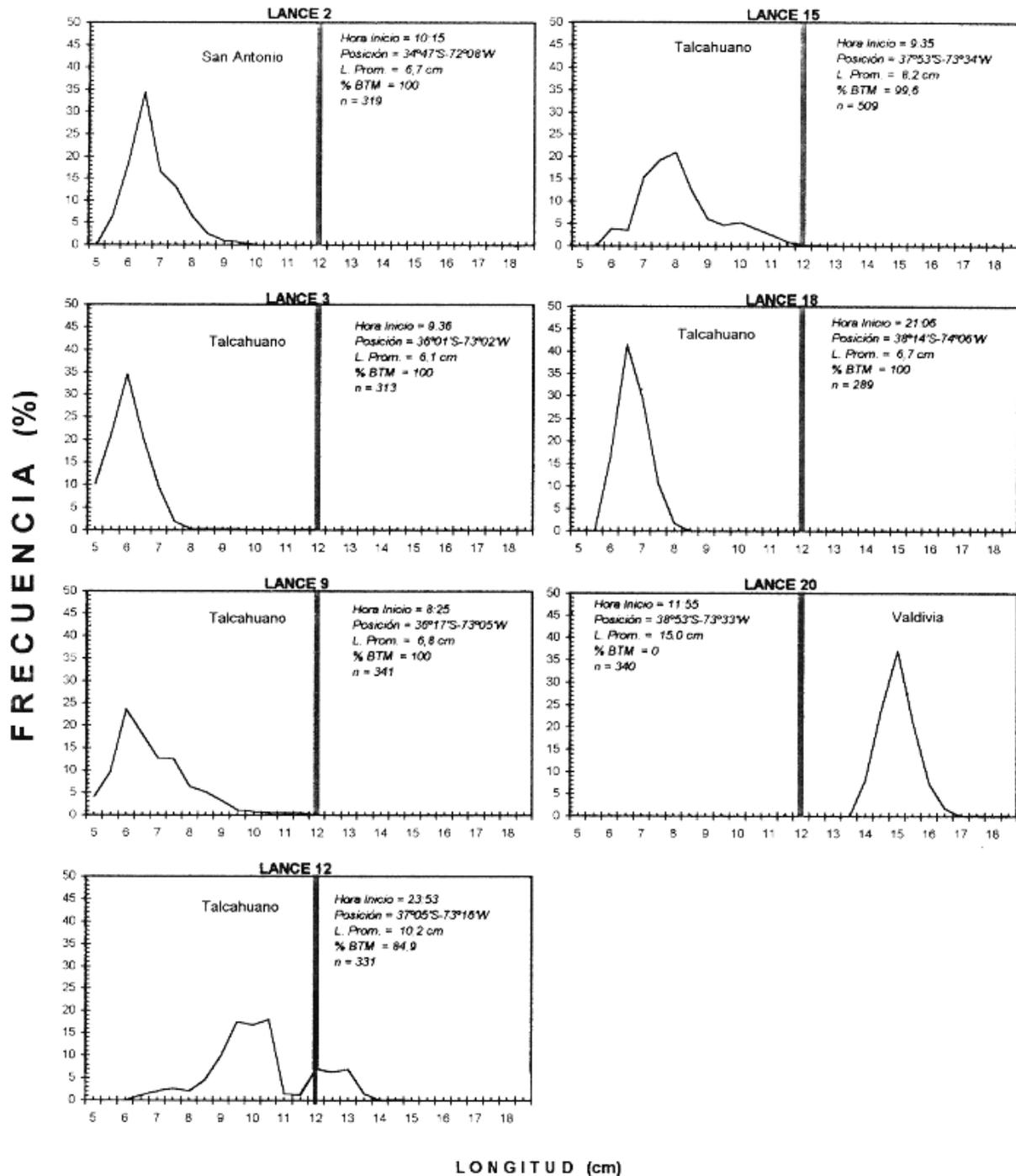


Figura 48. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAS1299 (fracción recluta ≤ 12 cm).

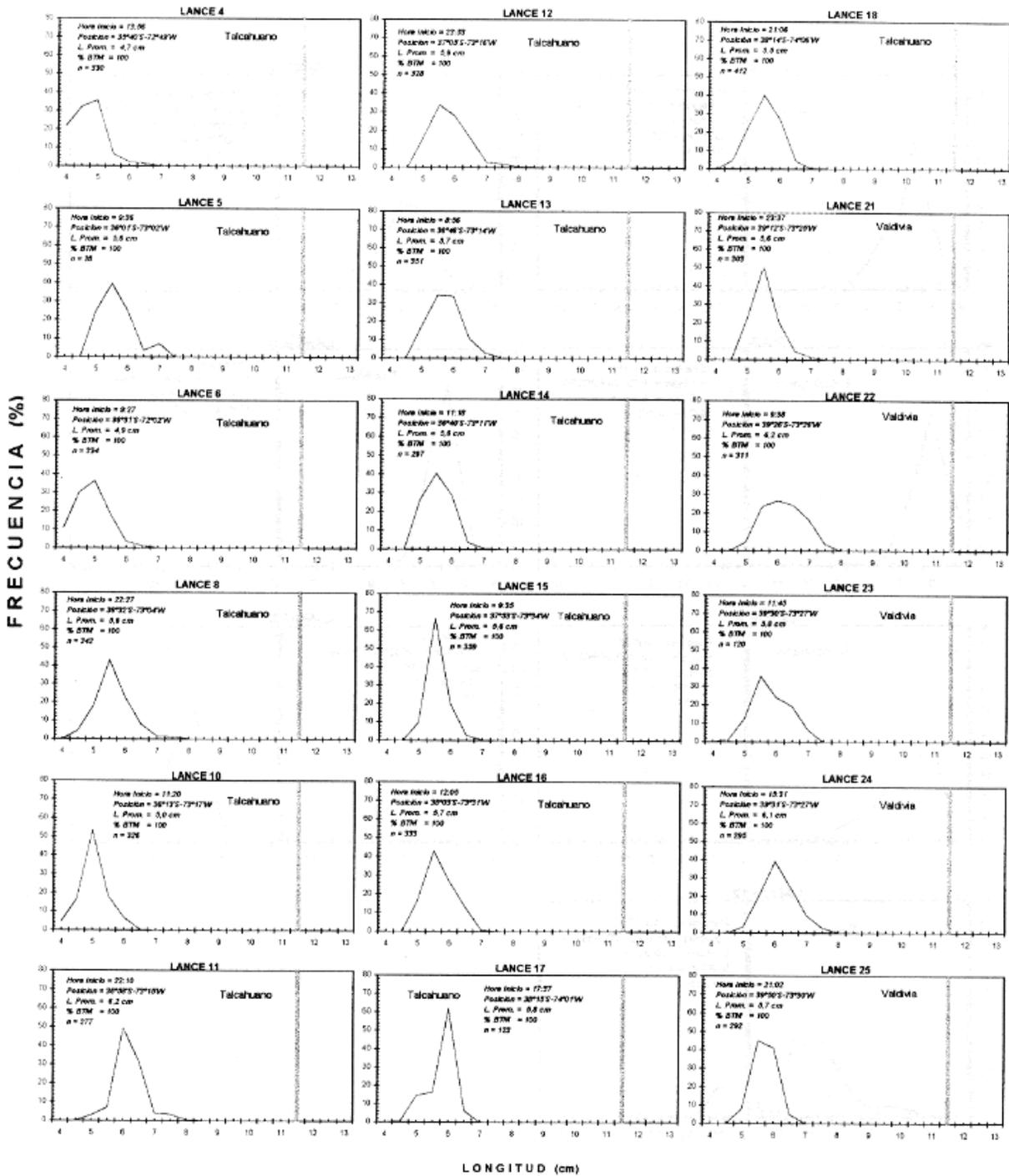


Figura 49. Distribución de frecuencia de longitud de sardina común capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN1299 (fracción recluta $\leq 11,5$ cm).

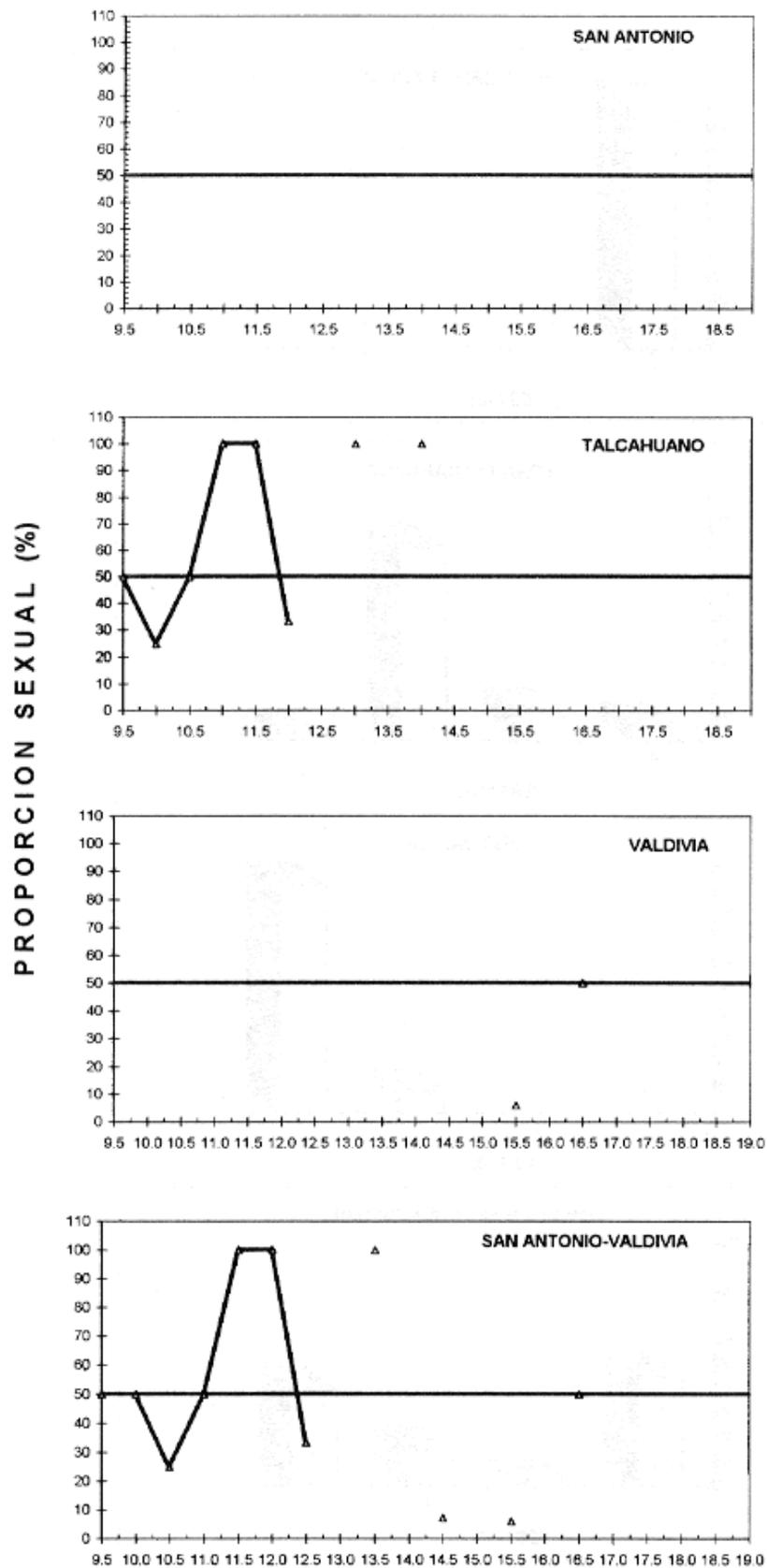


Figura 50. Proporción sexual de la anchoveta capturada con red de media-gua por zonas de pesca en el Crucero RECLAS 1299.

PORCENTAJE (%)

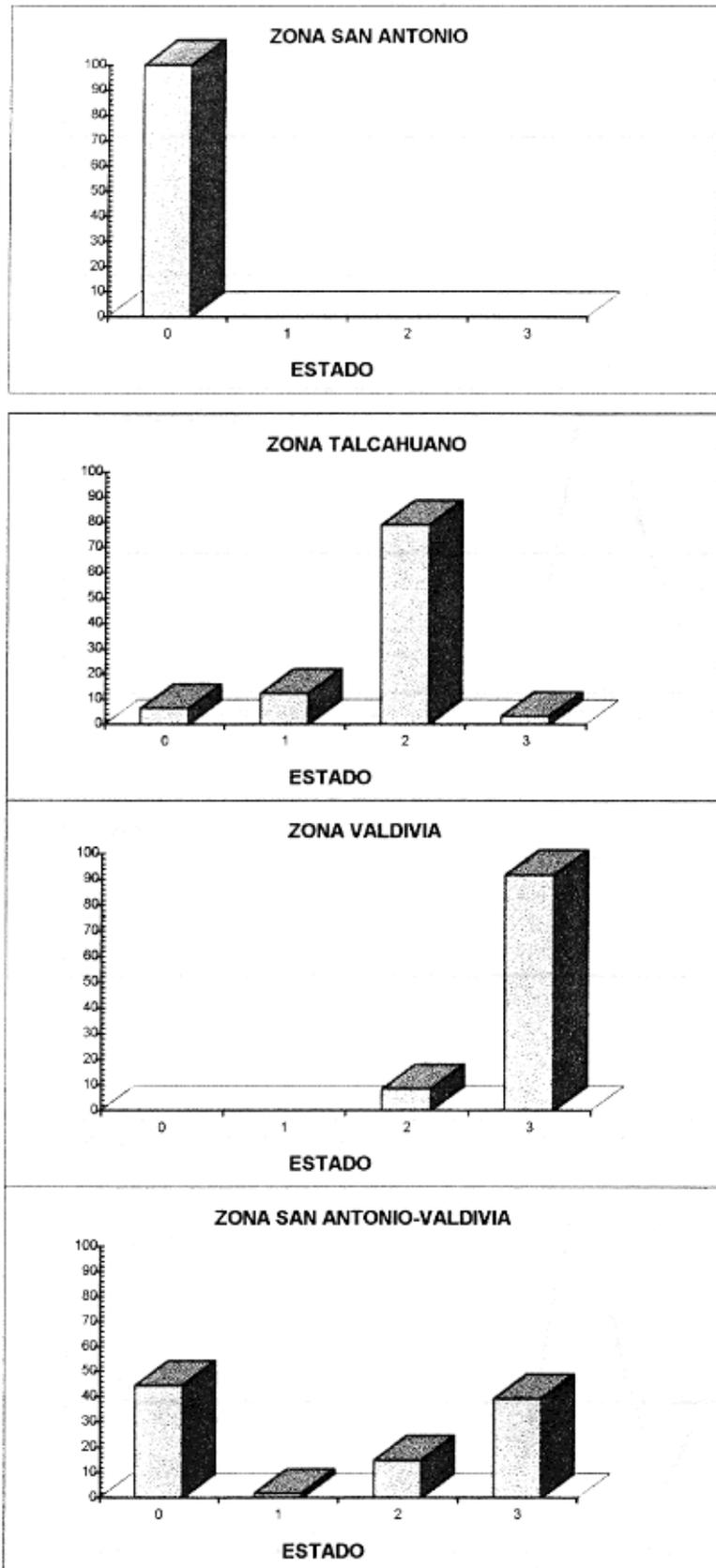


Figura 51A. Estados de madurez de la anchoveta capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAS1299.

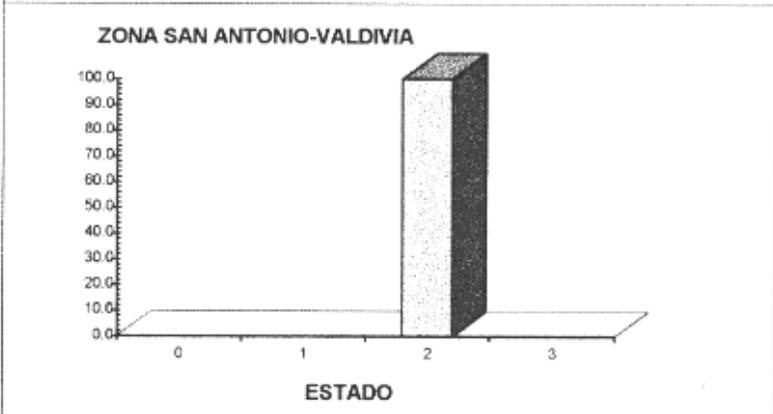
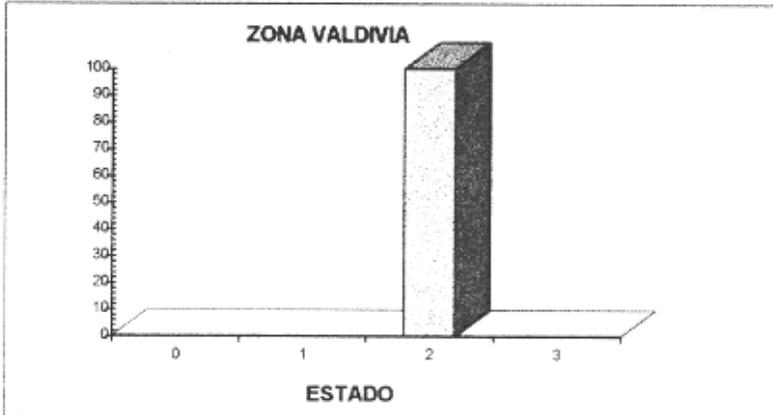
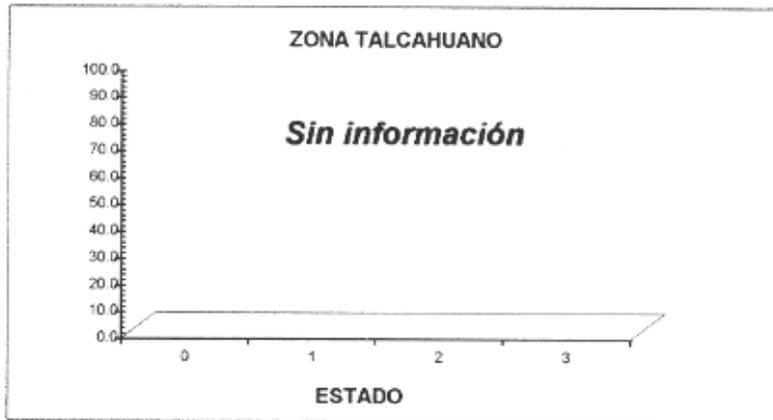
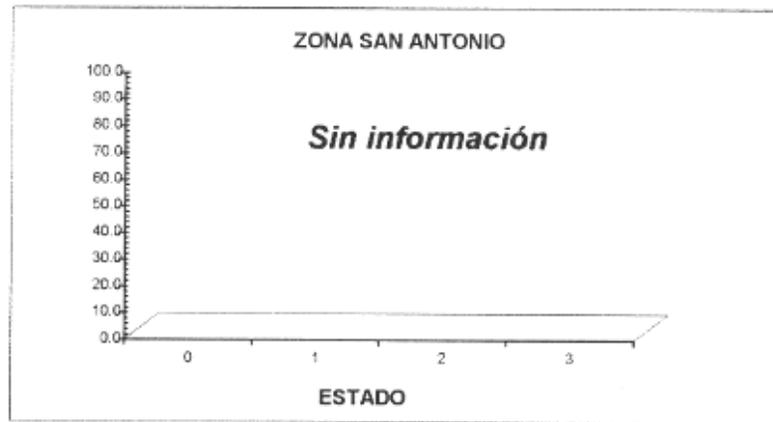


Figura 51B. Estados de madurez de la sardina común capturada con red de media agua por zonas de pesca en el crucero RECLAS 9912.

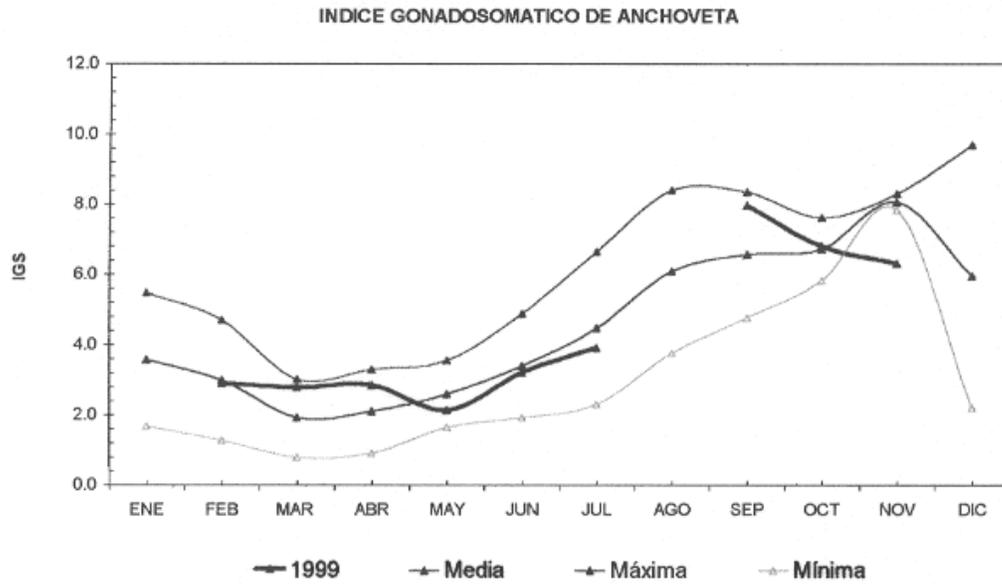


Figura 52A. Patrón del índice gonadosomático de las hembras de anchoveta de la zona Centro-Sur, período 1980-99.

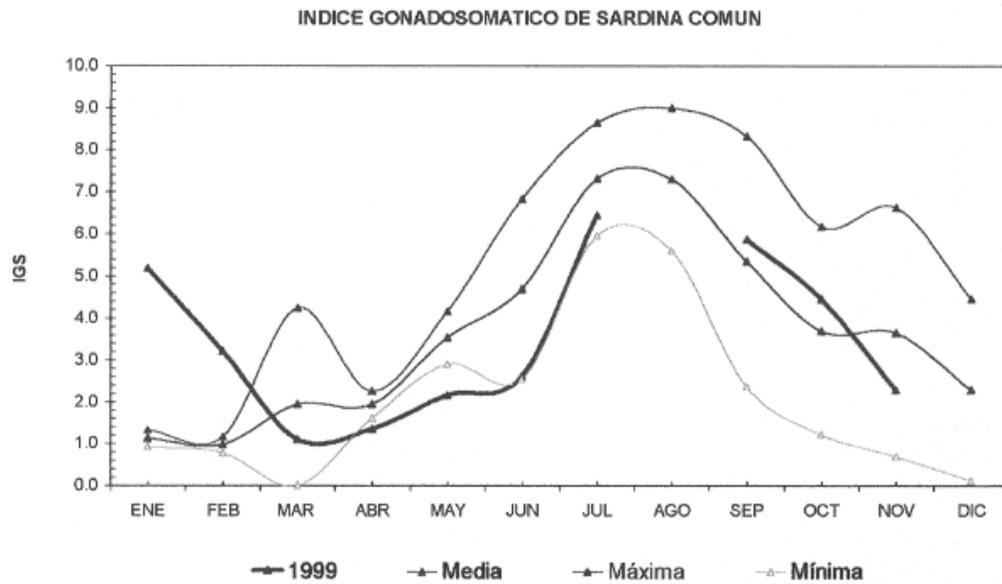


Figura 52B. Patrón del índice gonadosomático de las hembras de sardina común de la zona Centro-Sur, período 1980-99.

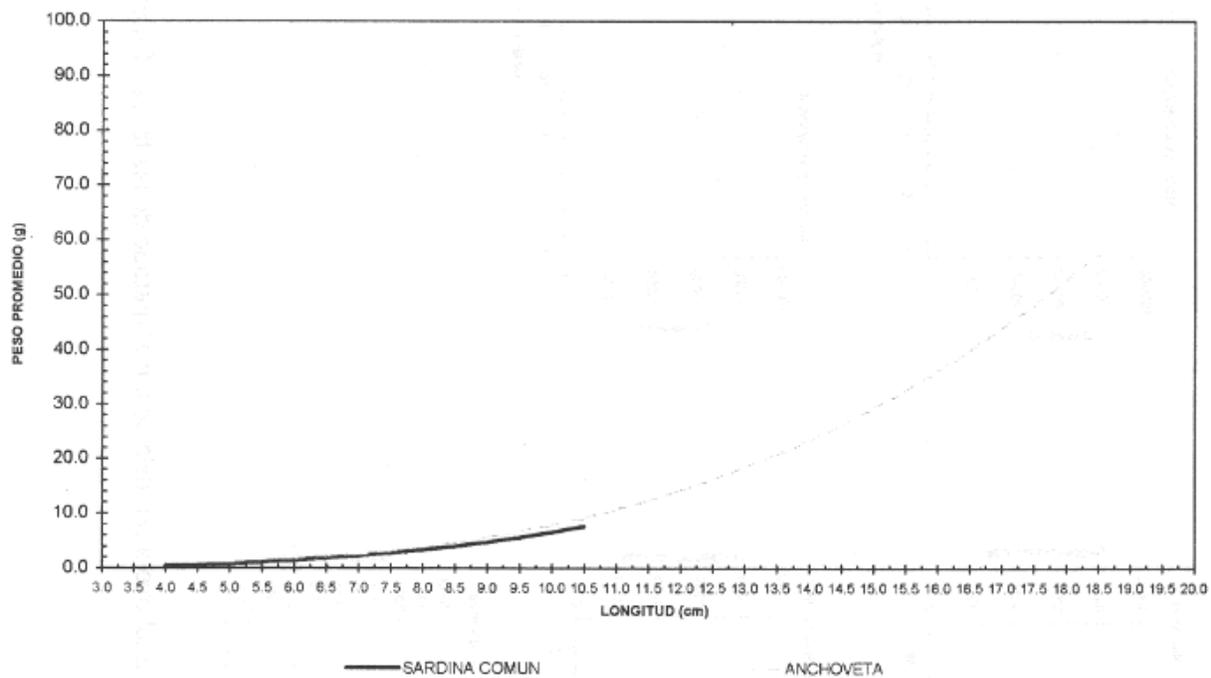


Figura 53. Pesos promedio teórico a la talla de sardina común y anchoveta obtenidos de la pesquería cerquera industrial, noviembre 1999.

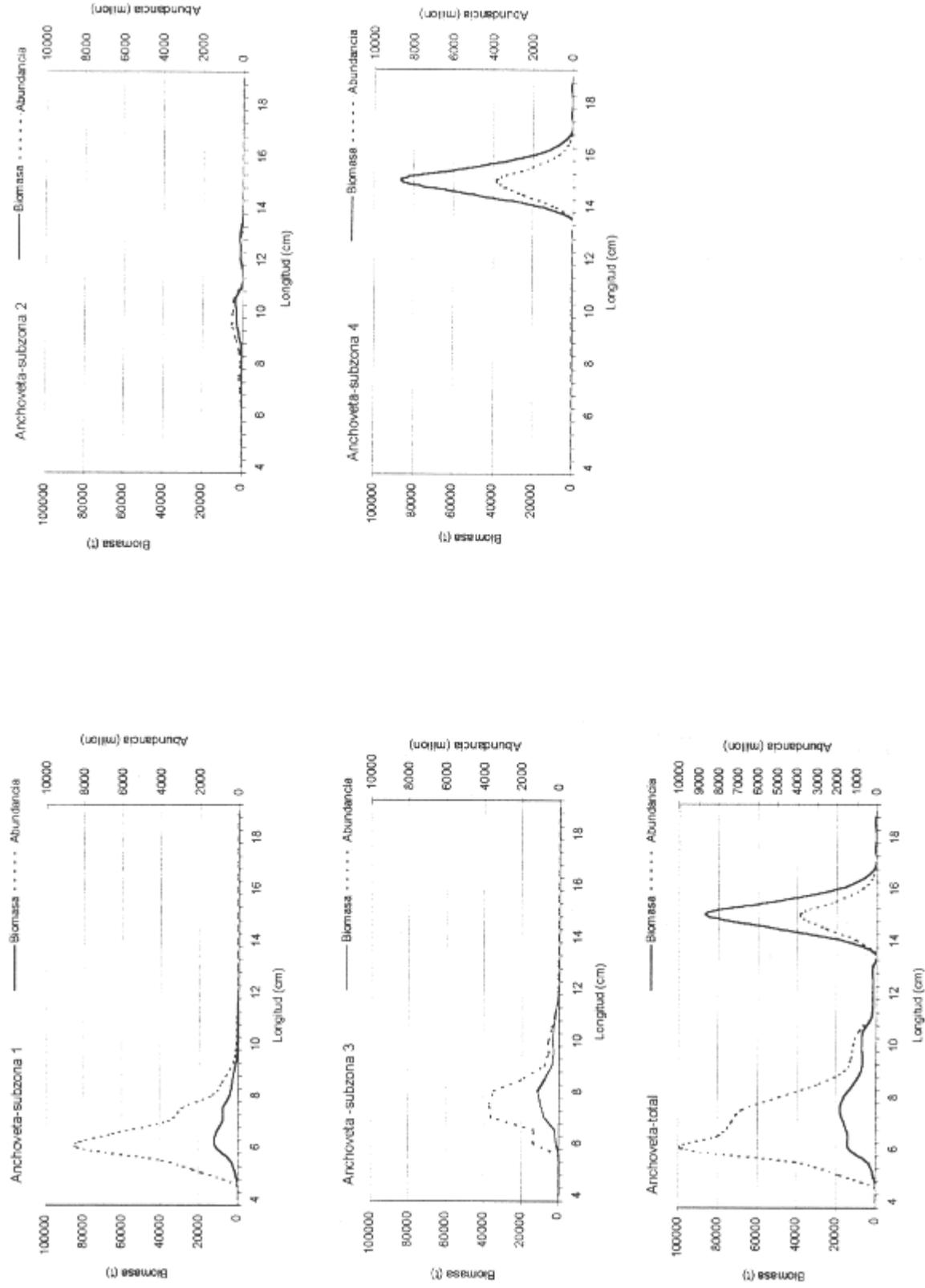
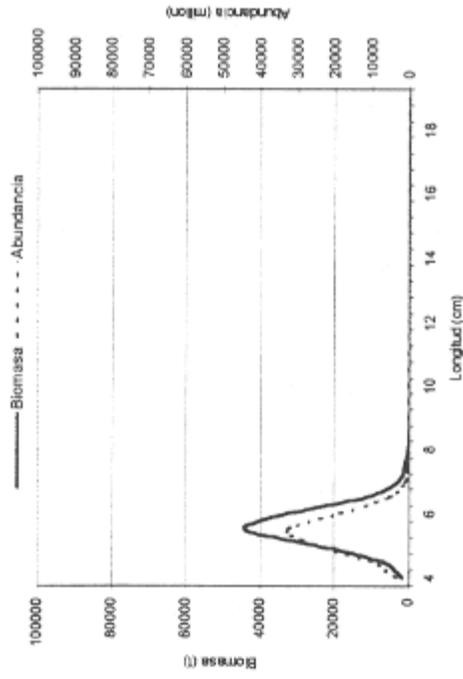
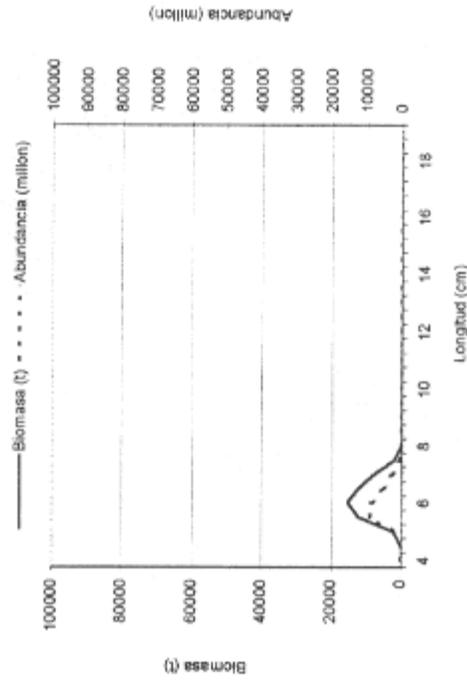


Figura 54. Biomasa y abundancia de anchoveta por talla según el método de las tallas. Crucero RECLAS 9912.

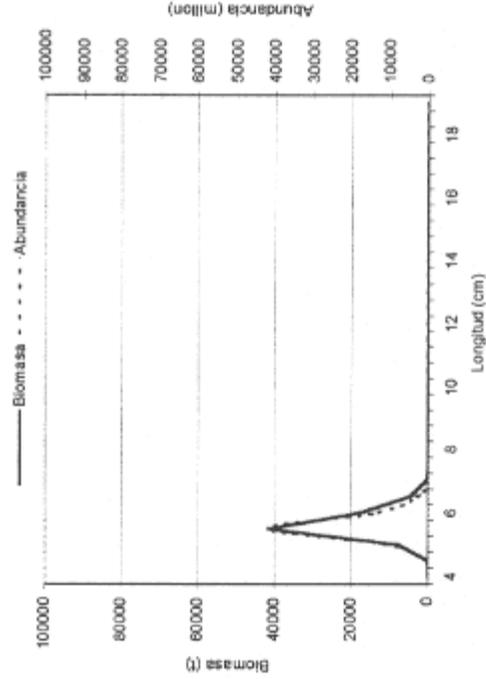
Sardina - subzona 1



Sardina - subzona 2



Sardina - subzona 3



Total

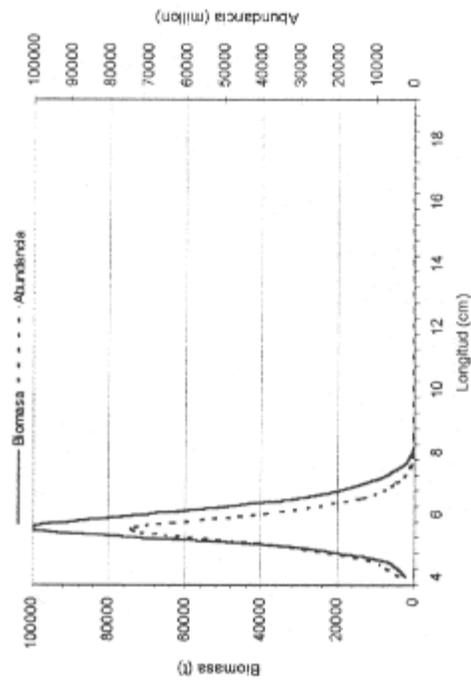


Figura 55 Biomasa y abundancia de sardina común por tallas según el método de las tallas. Crucero RECLAS 9912.

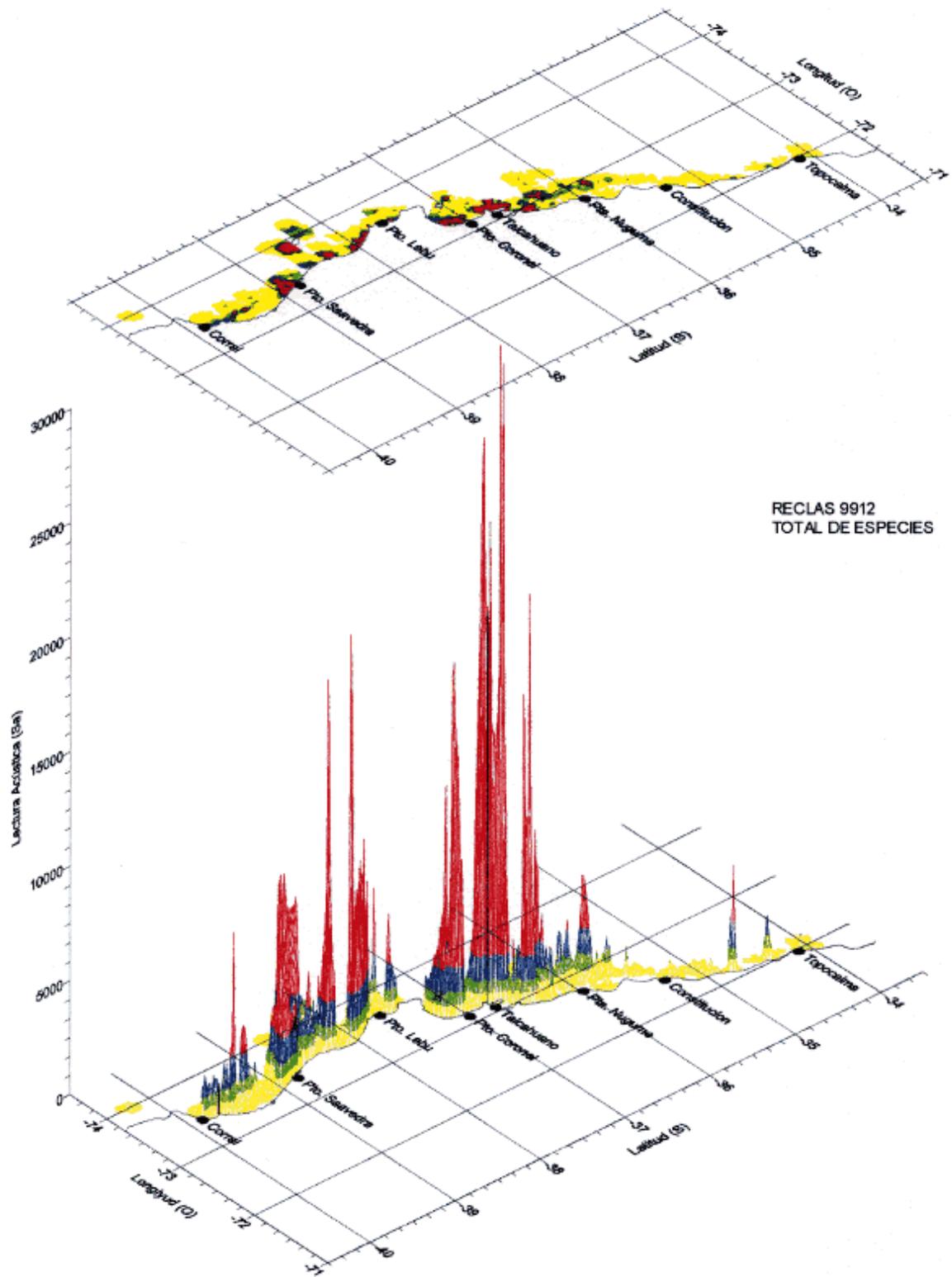


Figura 56. Distribución espacial del total de especies. Crucero RECLAS 9912.

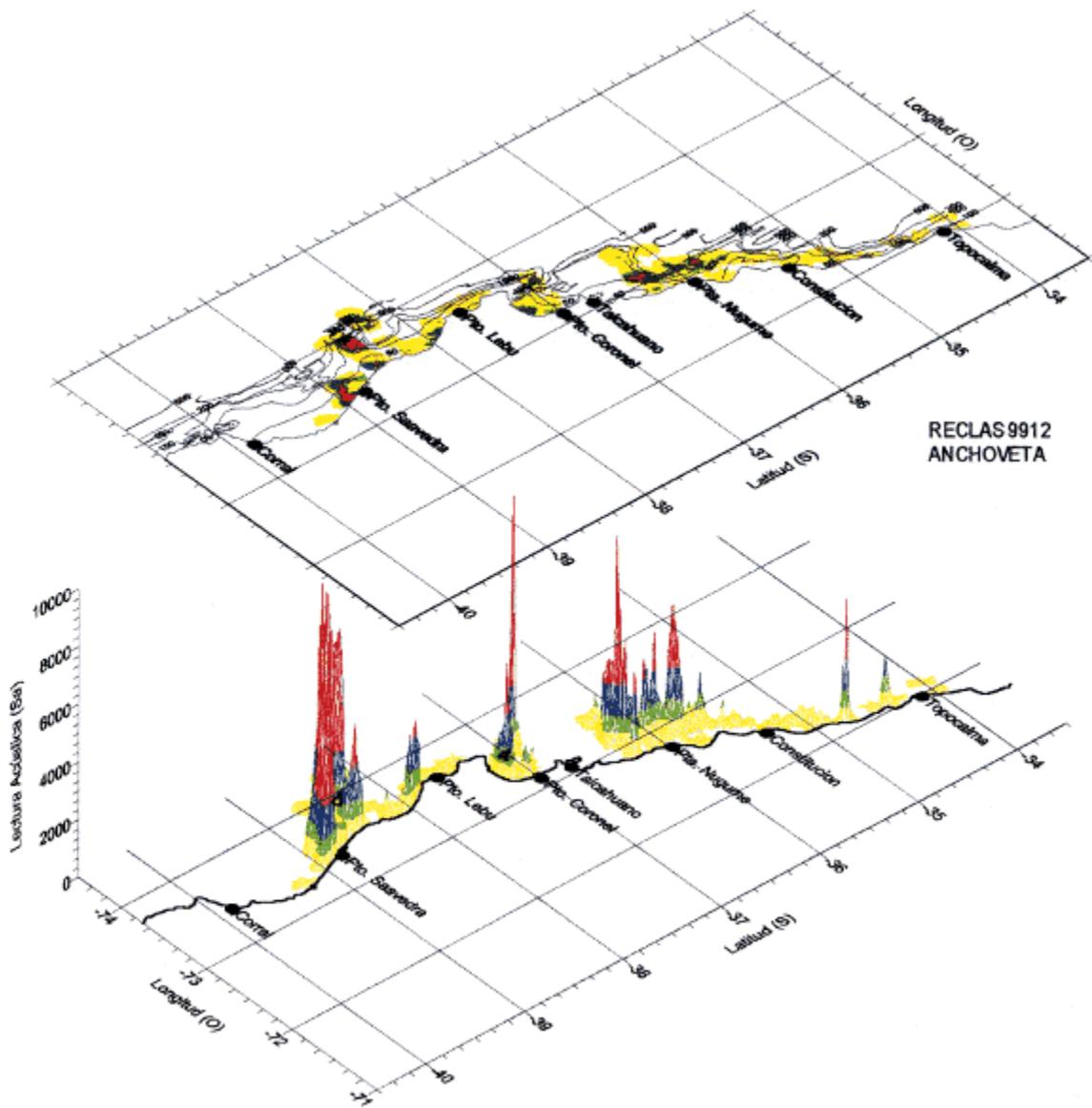


Figura 57. Distribución espacial de anchoveta. Crucero RECLAS 9912.

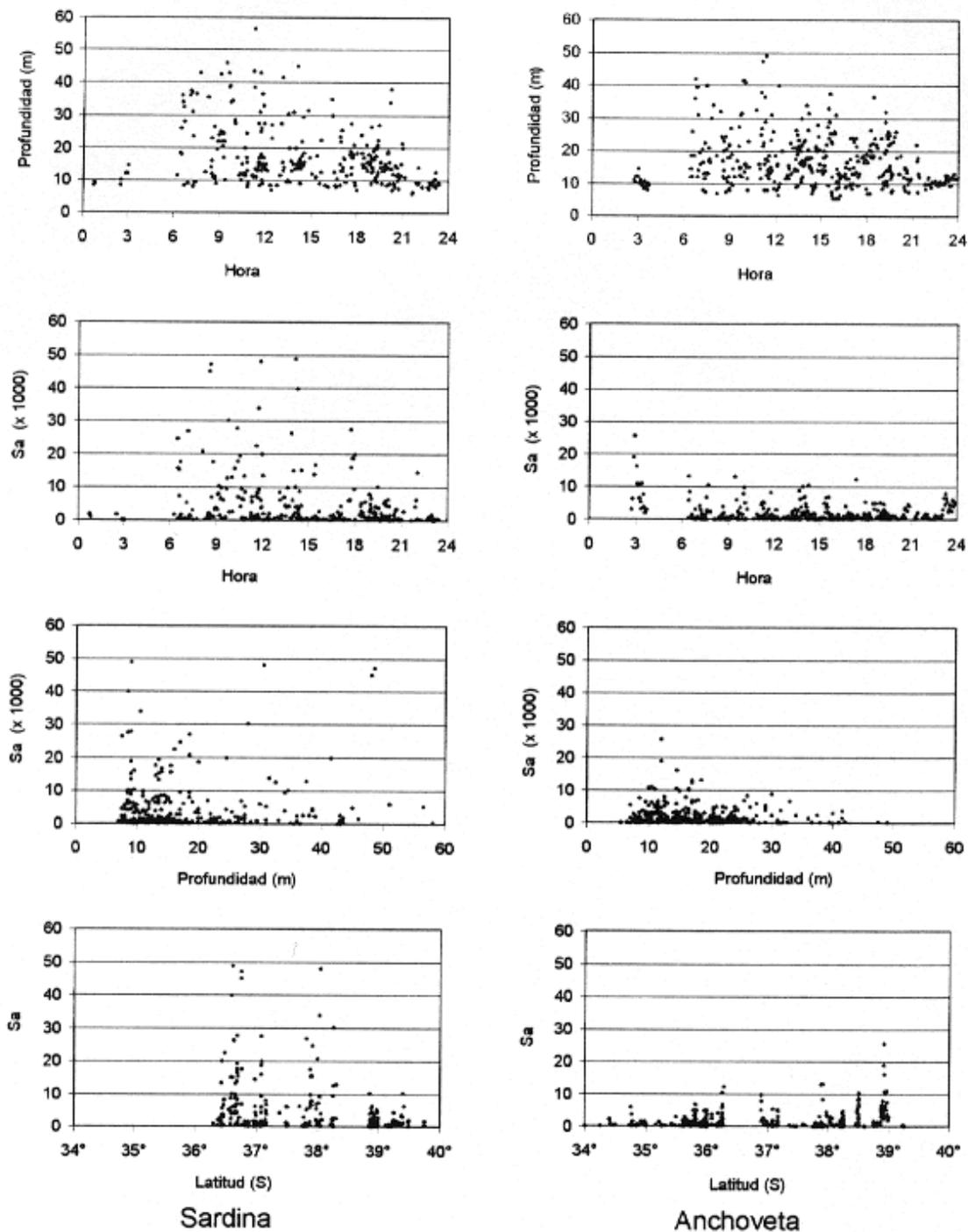


Figura 58 Distribución batimétrica, latitudinal y según la hora de las lecturas acústicas de sardina común y anchoveta. Crucero RECLAS 9912, diciembre 1999..

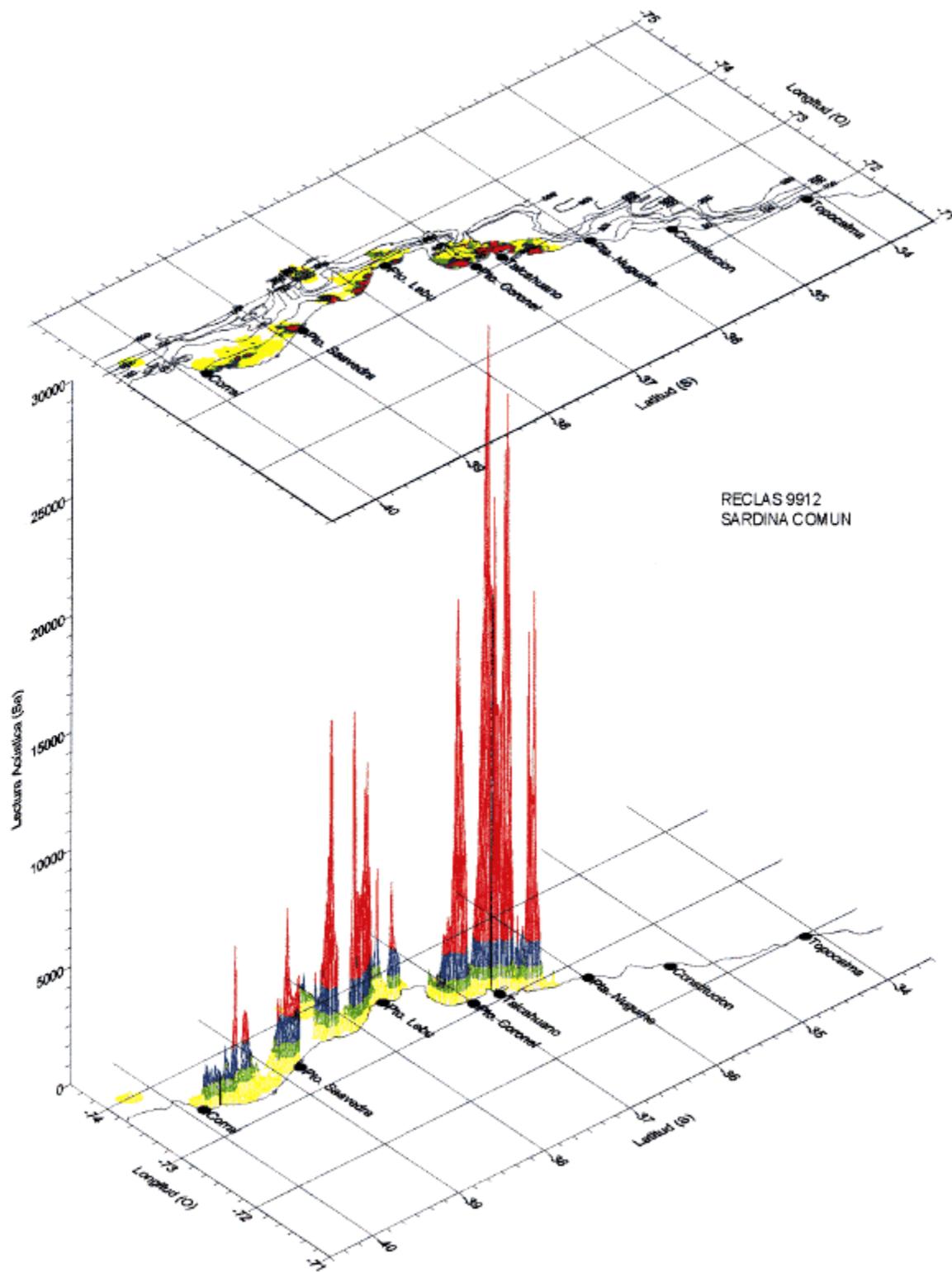


Figura 59 Distribución espacial de sardina común. Crucero RECLAS 9912.

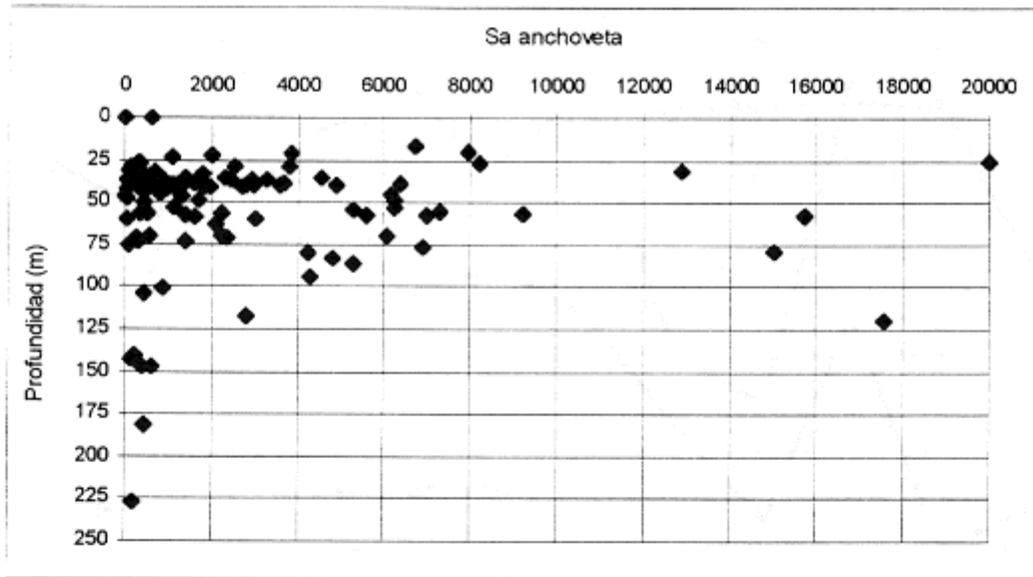


Fig. 60. Sa de anchoveta respecto de la profundidad del fondo marino.

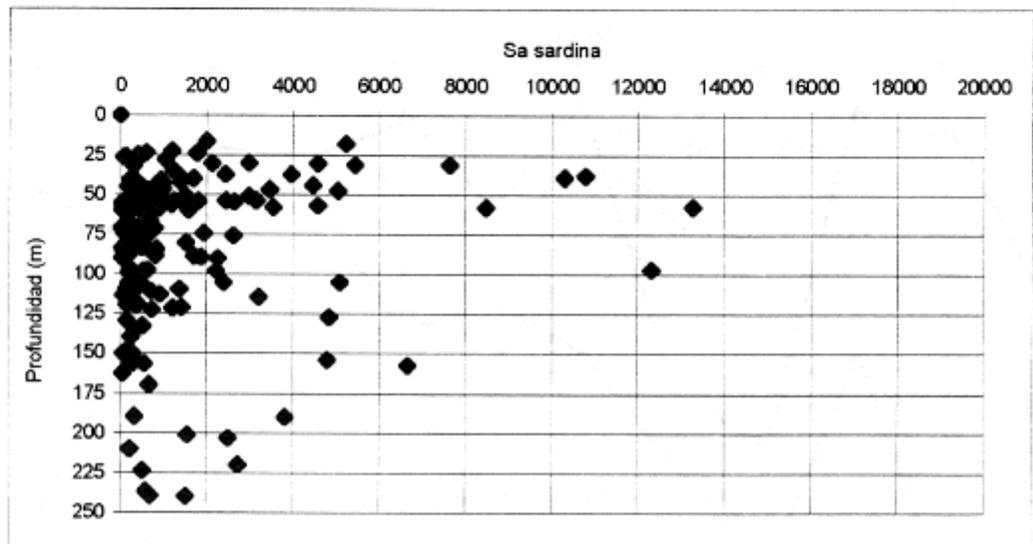


Fig. 61. Sa de sardina respecto de la profundidad del fondo marino.

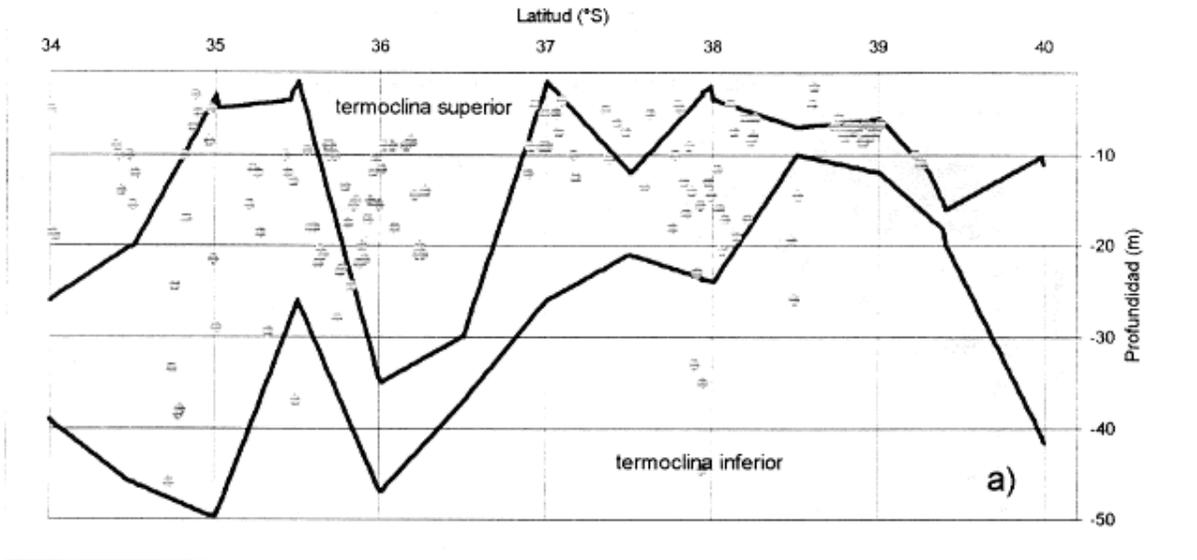


Fig. 62. Distribución batimétrica de la anchoveta respecto de la termoclina.

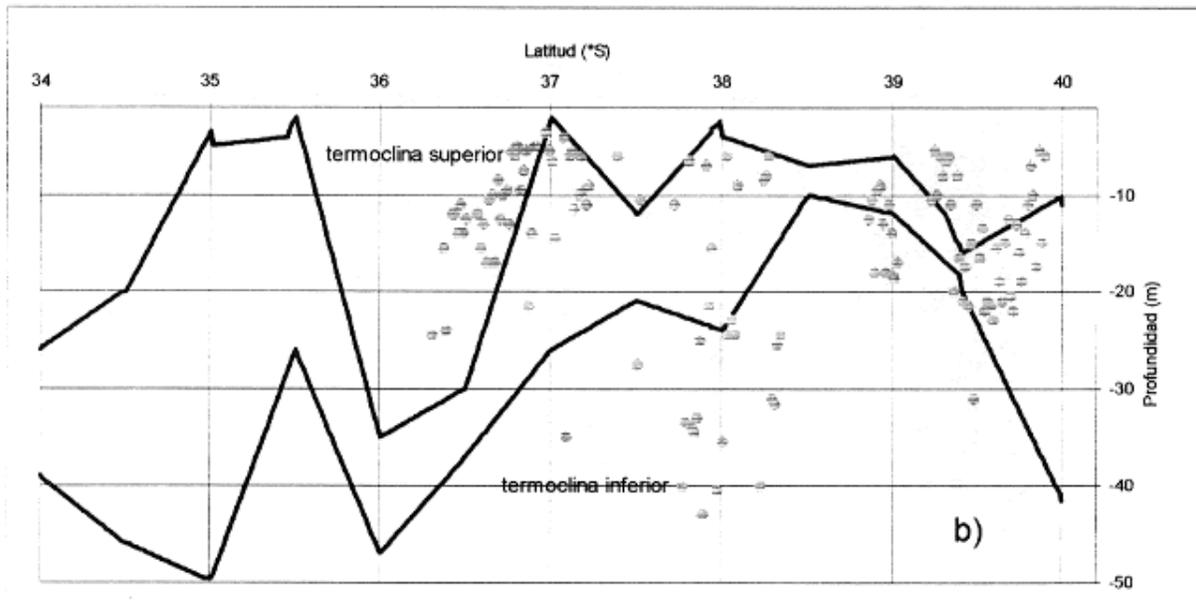


Fig. 63. Distribución batimétrica de la sardina respecto de la termoclina.

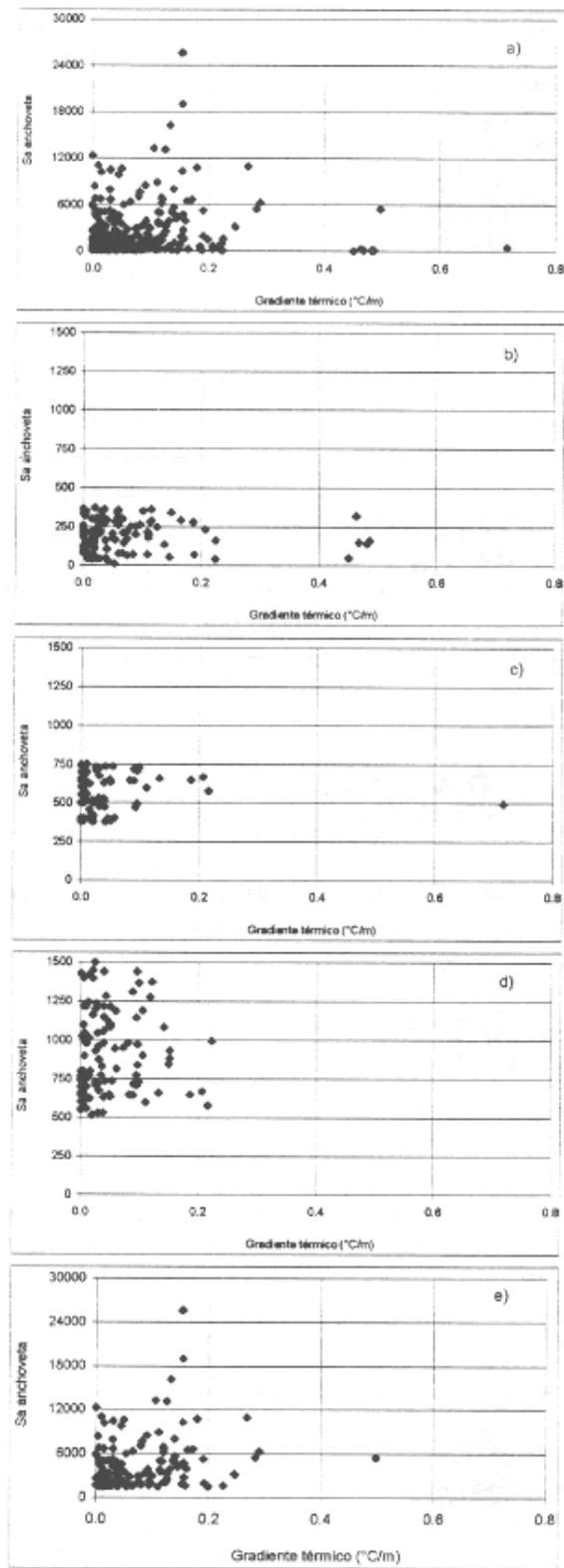


Fig. 64. Relación entre el gradiente térmico vertical y a) Sa total, b) Sa baja densidad, c) Sa media densidad, d) Sa buena densidad y e) Sa alta densidad. Anchoqueta

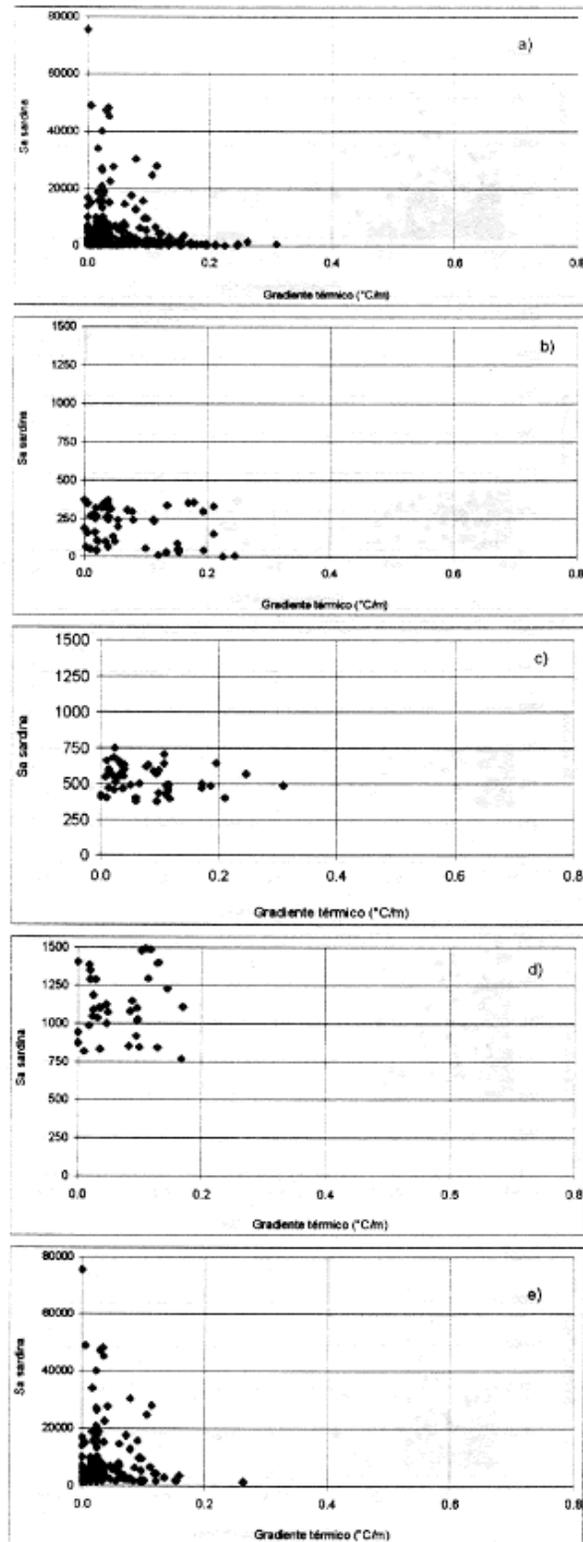


Fig. 65. Relación entre el gradiente térmico vertical y a) Sa total, b) Sa baja densidad, c) Sa media densidad, d) Sa buena densidad y e) Sa alta densidad. Sardina

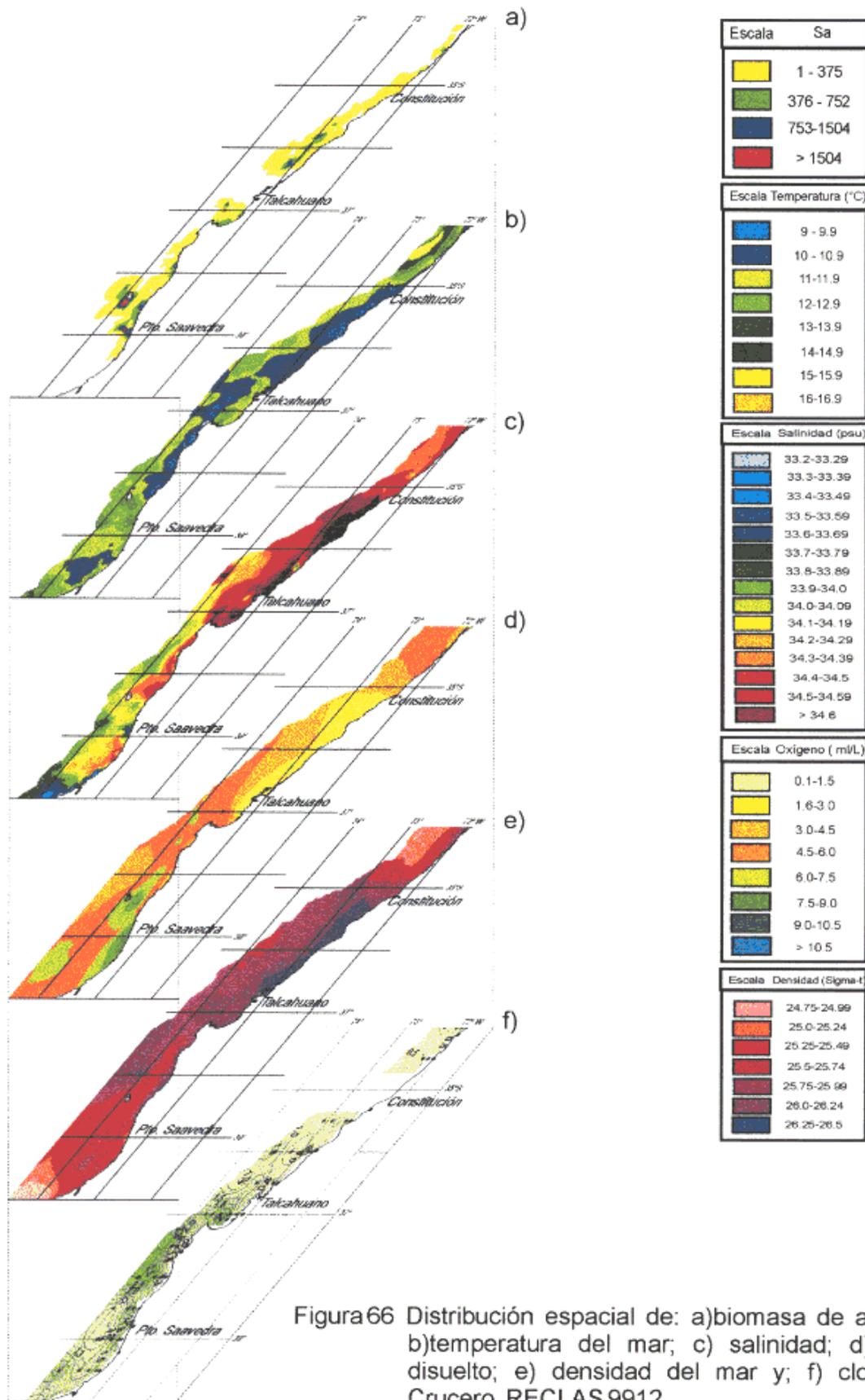


Figura66 Distribución espacial de: a)biomasa de anchoveta; b)temperatura del mar; c) salinidad; d) oxígeno disuelto; e) densidad del mar y; f) clorofila "a". Crucero RECLAS9912.

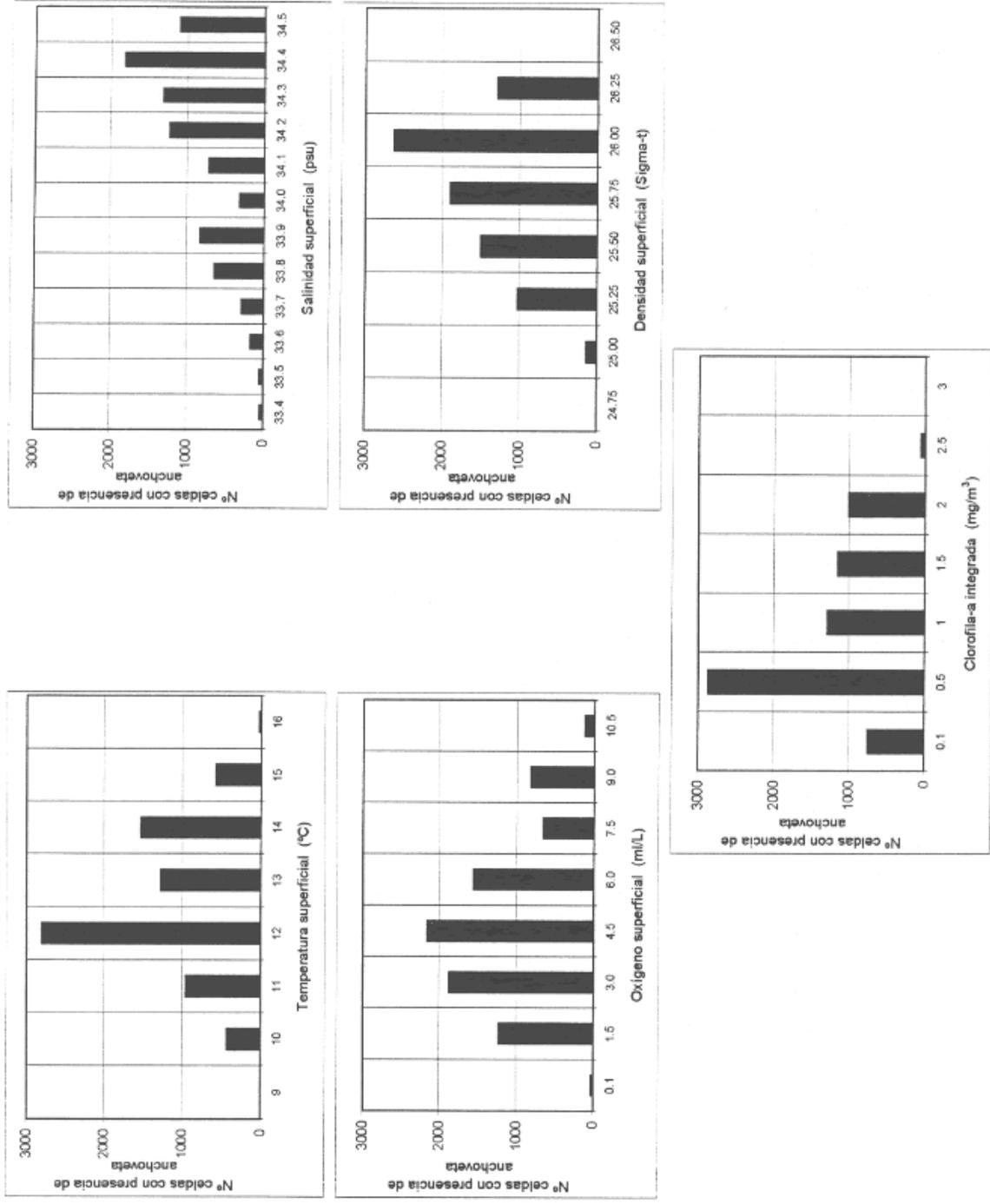


Fig. 67. Número de celdas de anchoveta respecto a las variables ambientales (capa superficial).

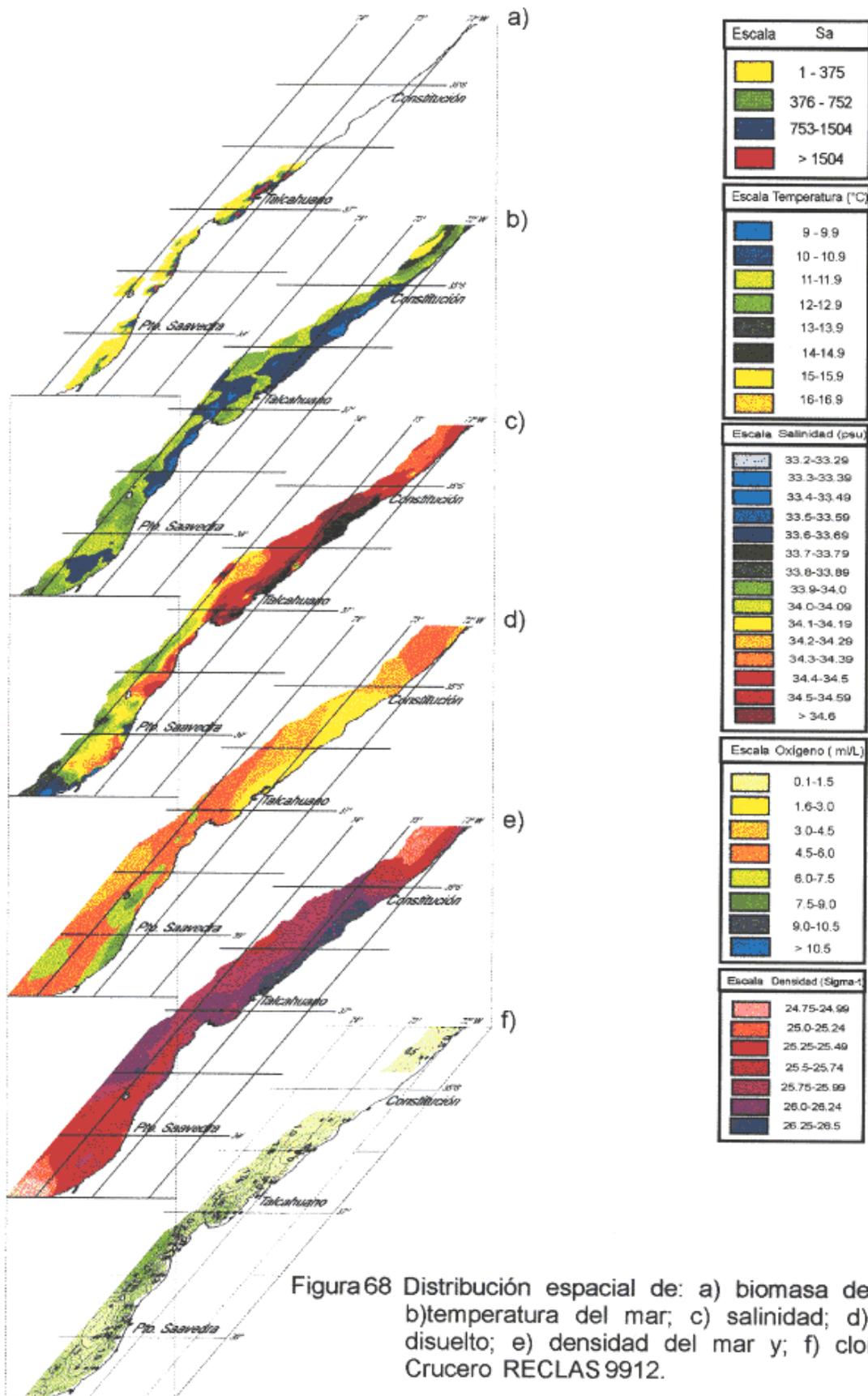


Figura 68 Distribución espacial de: a) biomasa de sardina; b) temperatura del mar; c) salinidad; d) oxígeno disuelto; e) densidad del mar y; f) clorofila "a". Crucero RECLAS 9912.

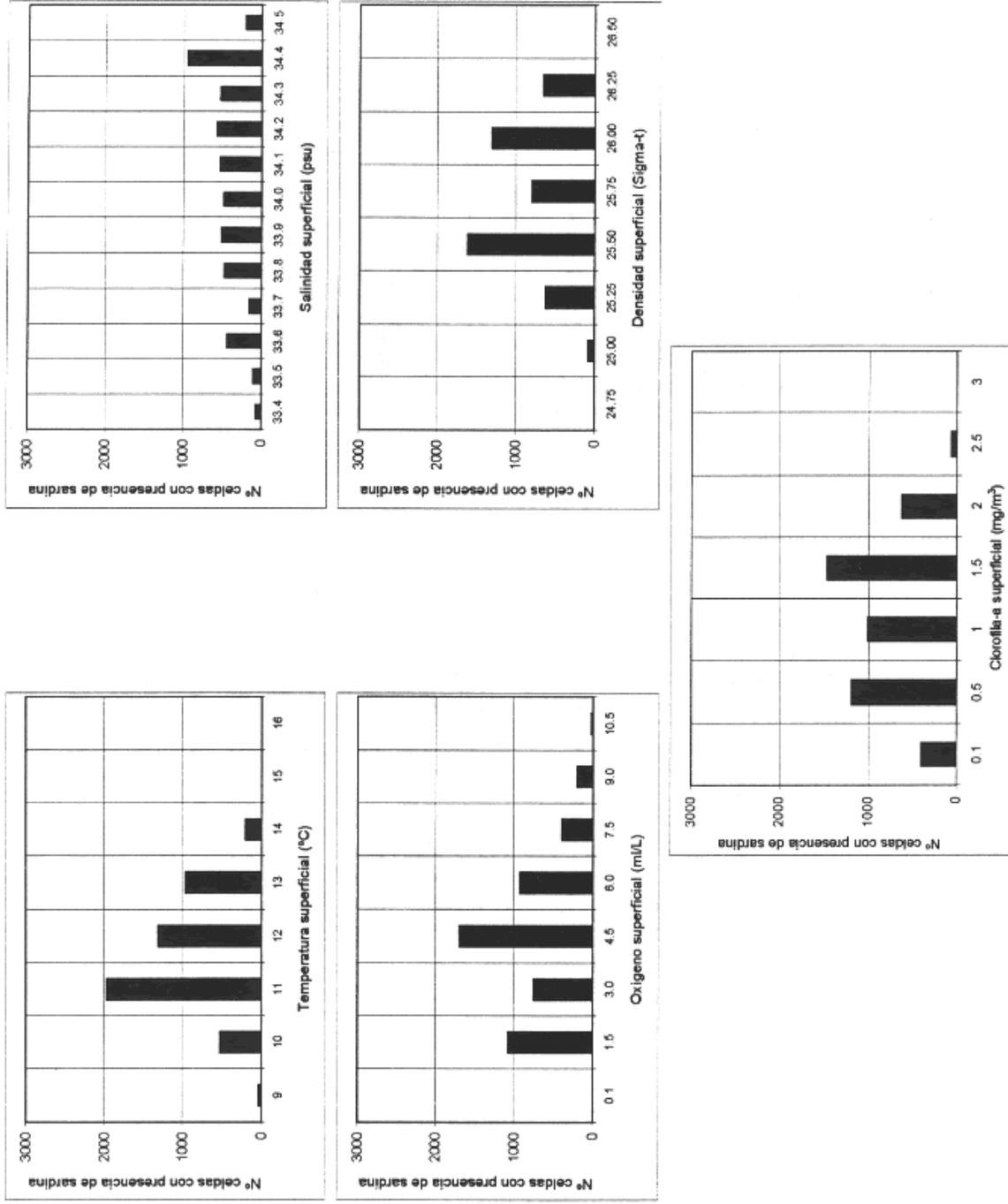


Fig. 69. Número de celdas de sardina común respecto a las variables ambientales (capa superficial).

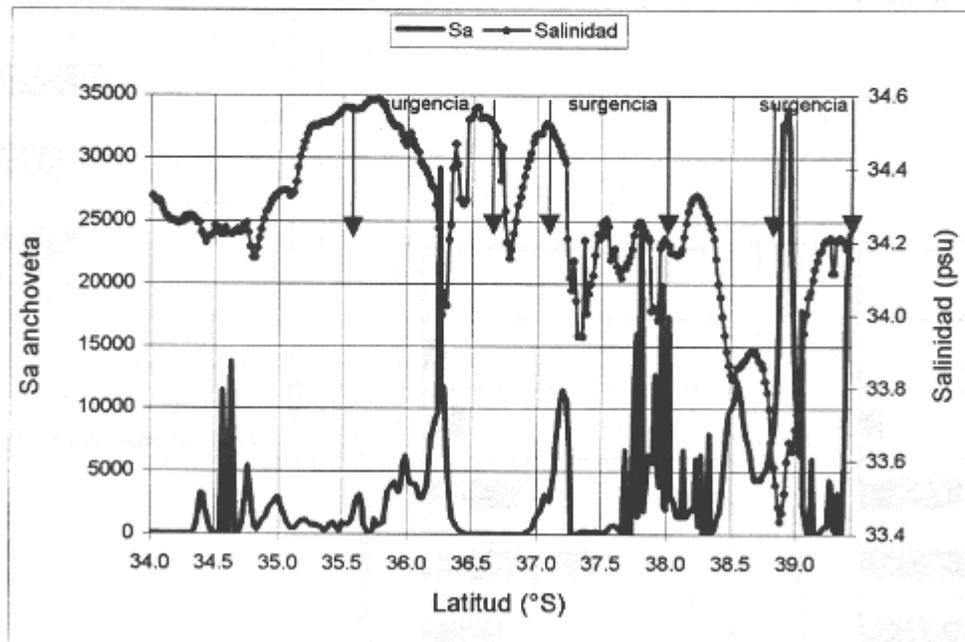
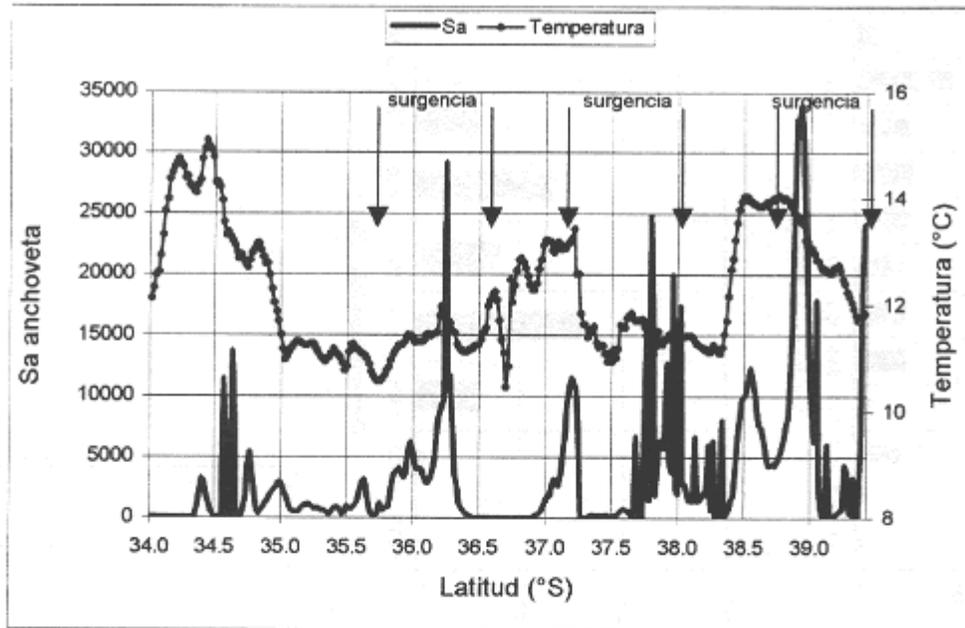


Fig. 70. Relaciones entre los Sa de anchoveta y a) temperatura y b) salinidad.

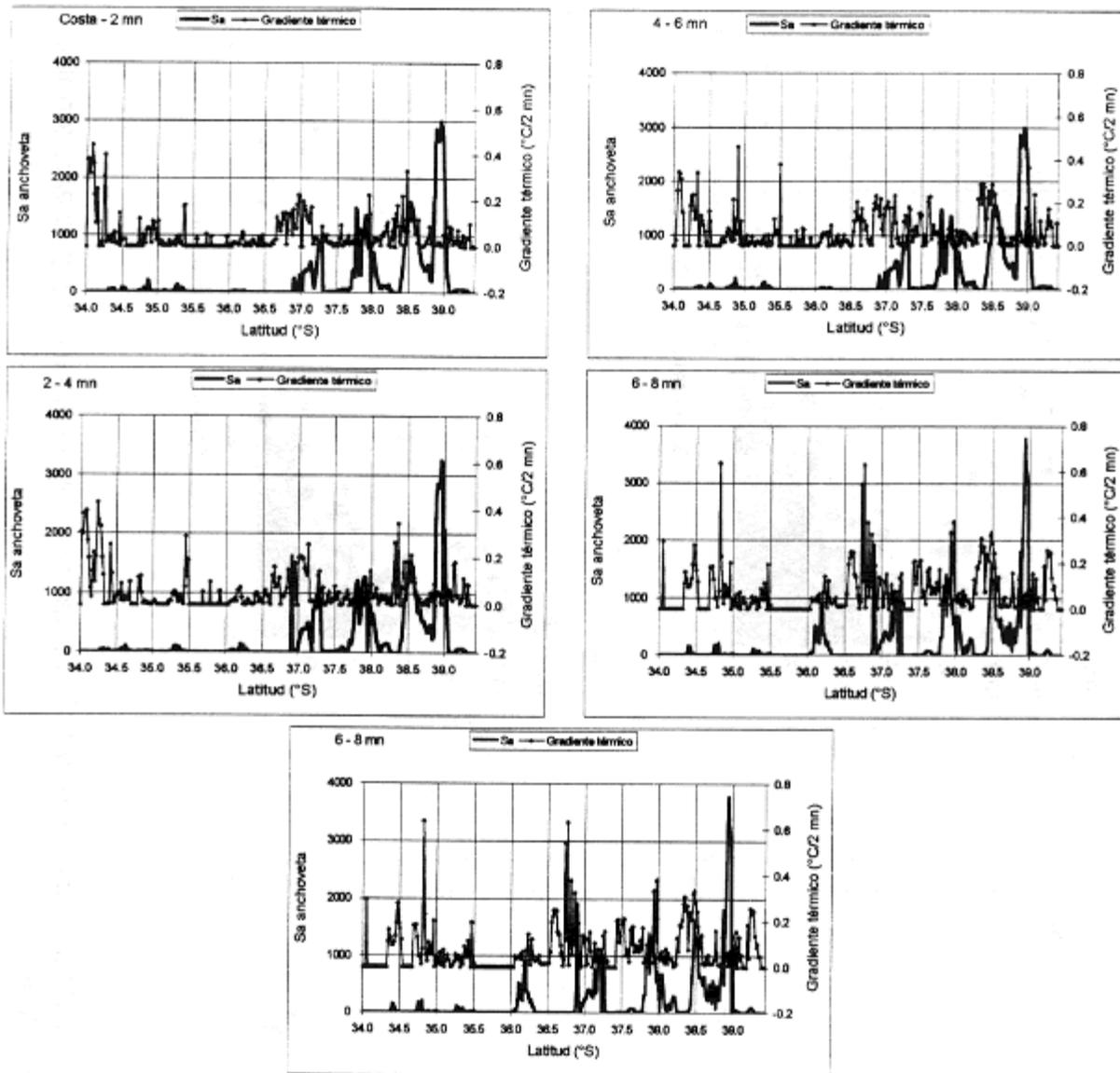


Fig. 71. Relaciones entre la Sa de anchoveta y el gradiente térmico de acuerdo a la distancia a la costa.

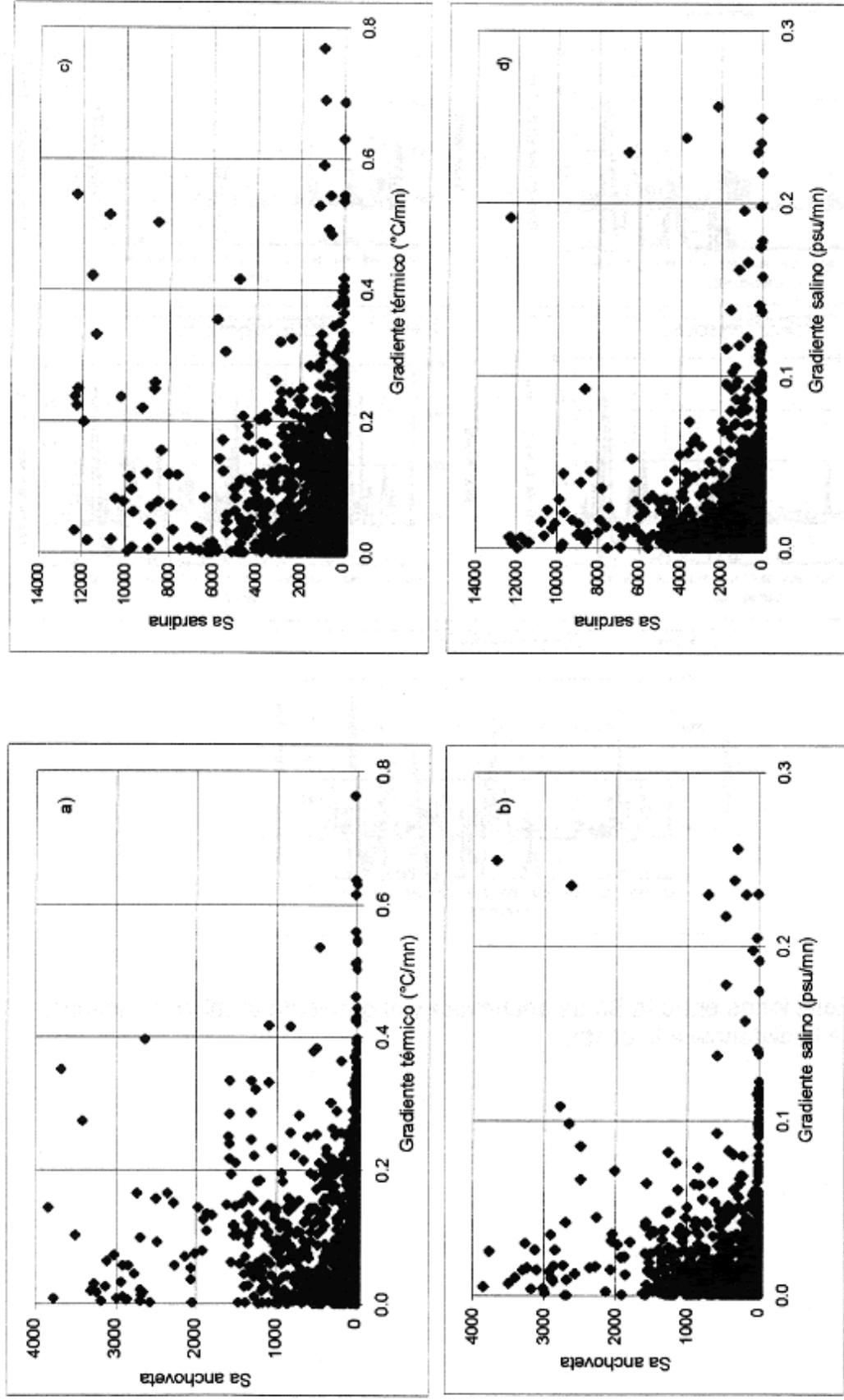


Fig. 72. Relación entre a) gradiente térmico y Sa anchoveta, b) gradiente salino y Sa anchoveta, c) gradiente térmico y Sa sardina y d) gradiente salino y Sa sardina.

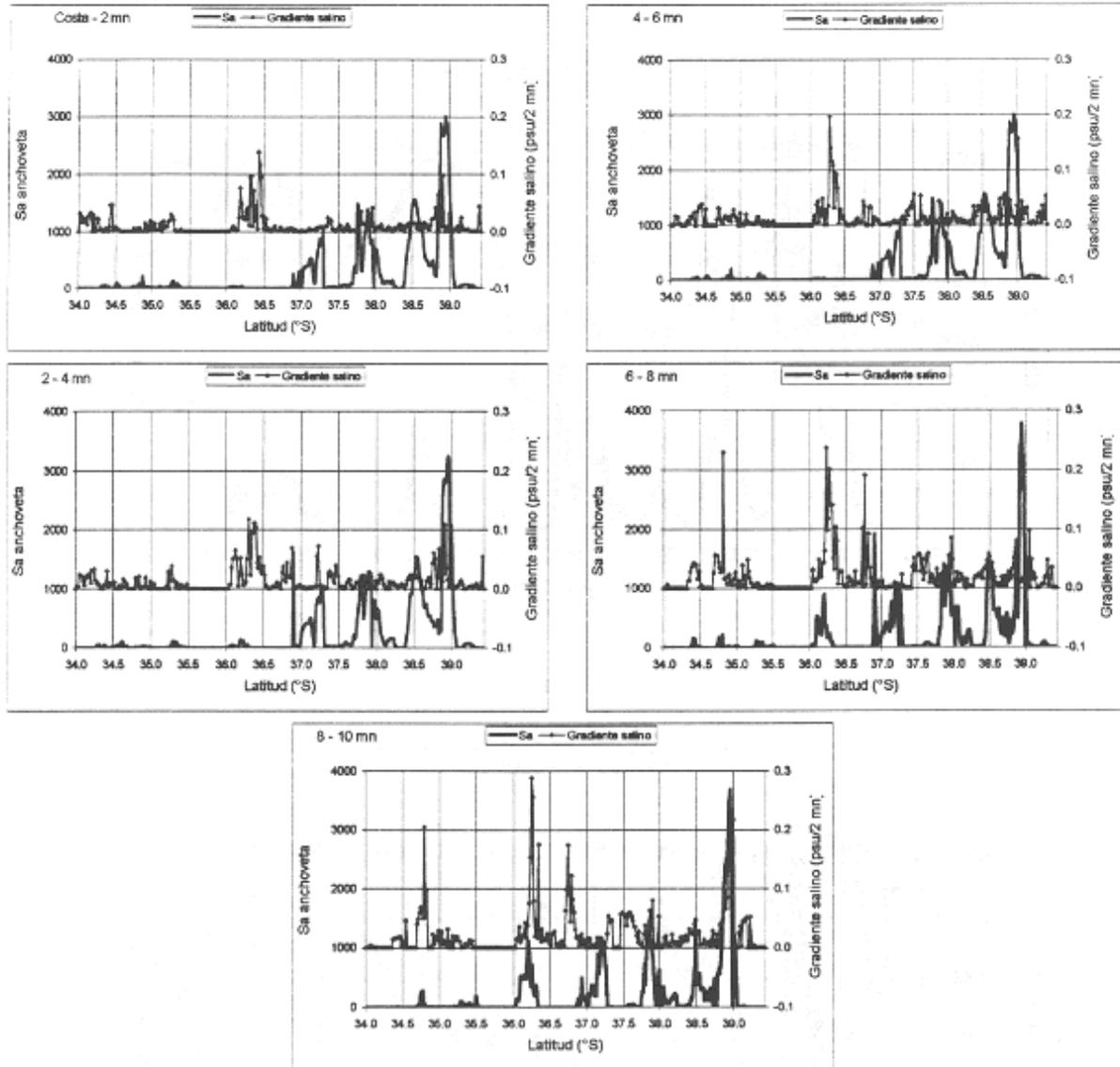


Fig. 73. Relaciones entre la Sa de anchoveta y el gradiente salino de acuerdo a la distancia a la costa.

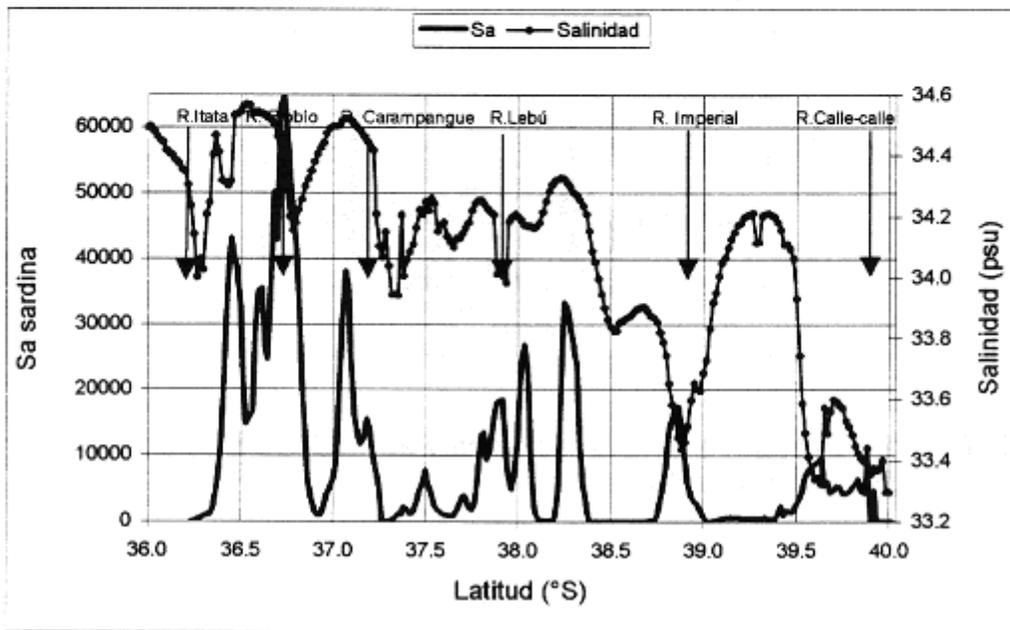
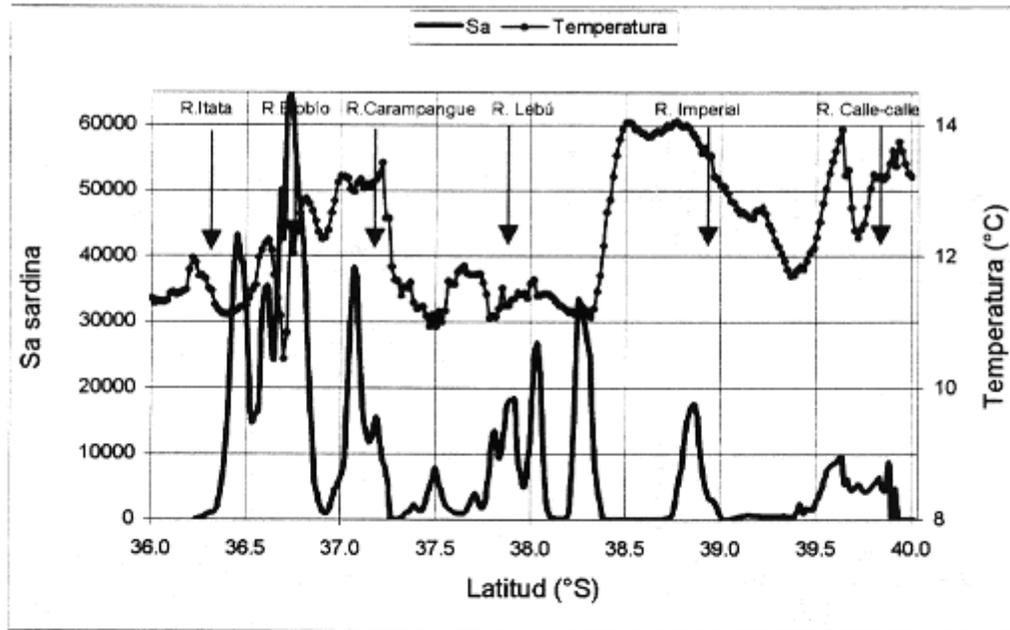


Fig. 74. Relaciones entre los Sa de sardina y a) temperatura y b) salinidad.

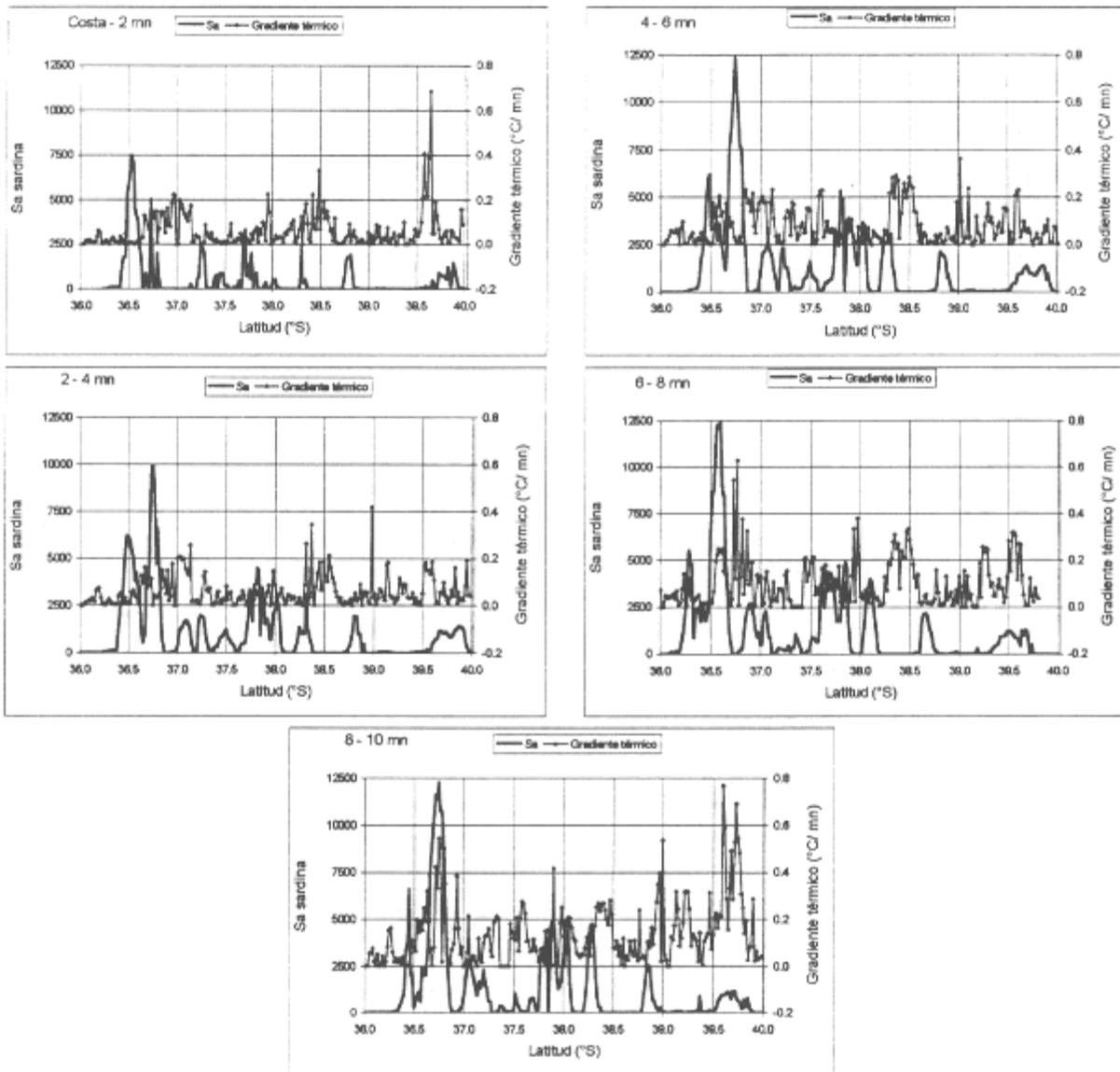


Fig. 75. Relaciones entre la Sa de sardina y el gradiente térmico de acuerdo a la distancia a la costa.

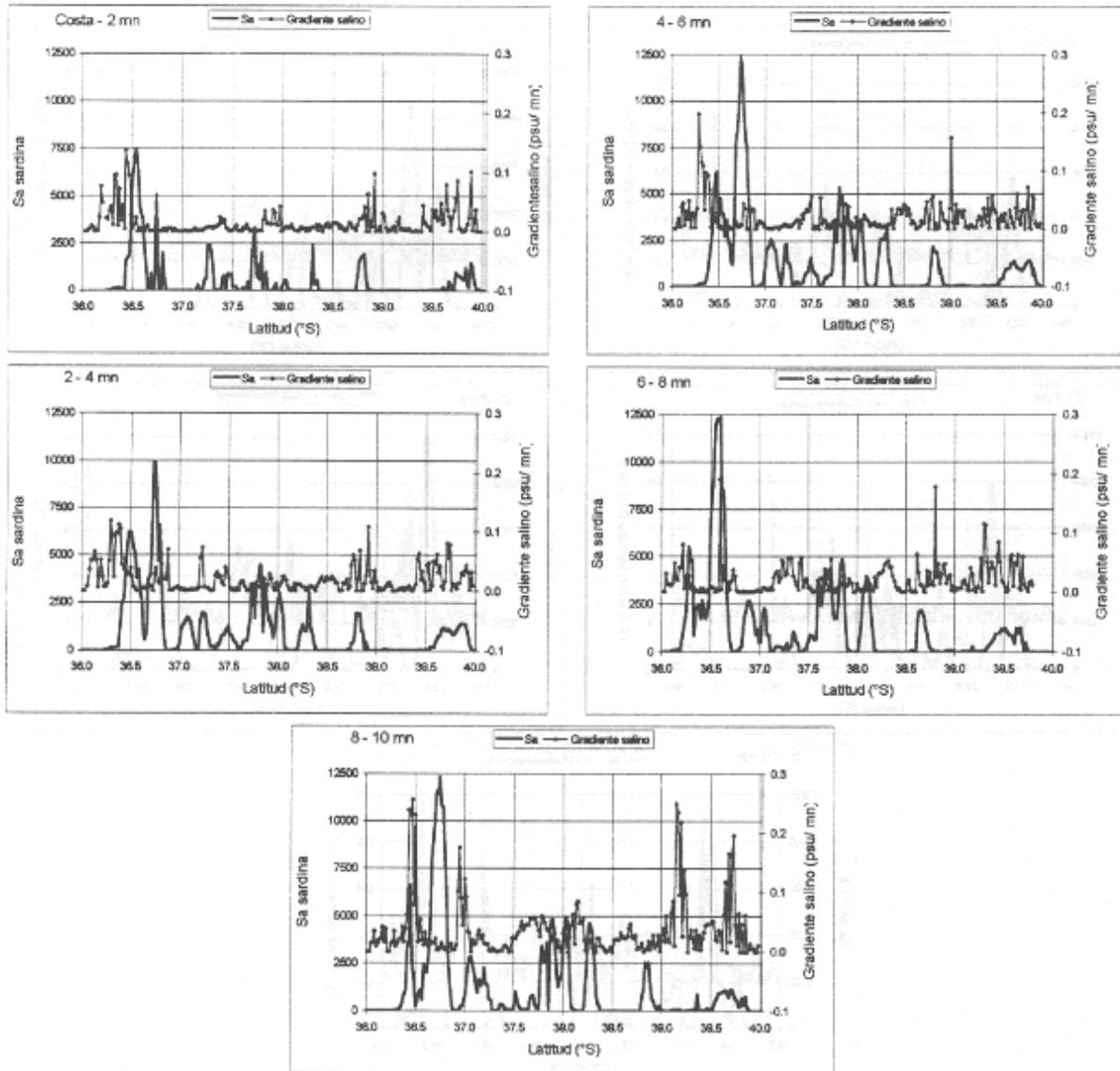


Fig. 76. Relaciones entre la Sa de sardina y el gradiente salino de acuerdo a la distancia a la costa.



INSTITUTO E FOMENTO PESQUERO

T A B L A S

Tabla 1. Categorías por densidad

Categoría	Intervalo (t/mn ²)	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	Dir. Ola (°)	Alt. Ola (m)	Dir Viento (°)	Rap. Viento (m/s)	Presión Atmosf. (mb)	Temp. Aire (°C)
3/12/99	20,75± 0,50	4,00	20,25±0,96	11,09±1,21	1014,90±0,20	14,13±0,25
4/12/99	21,00	3,33±0,58	20,00	9,35±1,47	1017,33±0,29	13,00±0,00
6/12/99	20,25±0,50	4,50±1,01	104,75±94,44	10,97±4,36	1018,70±0,64	10,50±1,00
7/12/99	20,20±0,45	3,60±0,55	54,20±75,92	10,40±1,64	1018,52±0,36	11,00±0,00
8/12/99	20,60±0,55	2,80±1,30	19,80±1,30	9,18±2,91	1017,96±0,09	9,80±1,10
10/12/99	28,20±12,46	1,00	38,00±35,86	5,02±3,30	1016,07±0,58	18,00±1,00
11/12/99	30,67±16,74	5,00±3,46	47,00±45,90	12,92±5,03	1012,67±2,47	13,33±3,21
12/12/99	20,00±0,82	3,00±2,00	19,75±1,26	9,31±4,49	1015,13±2,95	12,88±0,63
13/12/99	20,00	2,00	19,00	5,10	1018,83±0,29	12,00±0,00
14/12/99	23,00±2,01	4,00	28,00±1,73	2,55±2,08	1019,00±0,00	15,00±0,00
15/12/99	24,20±0,84	4,60±1,34	20,60±18,82	5,10±2,07	1016,00±0,00	13,30±0,45
16/12/99	32,60±5,37	6,00	18,20±17,28	14,08±1,28	1007,80±0,27	13,60±0,82
18/12/99	24,00	3,75±1,50	18,00±1,00	3,57±2,39	1017,00±0,88	12,00±0,71

Tabla 3. Resumen de operación por lance de pesca en el crucero RECLAS 9912.

LANCE	FECHA	POSICION						PROFUNDIDAD DE LA RELINGA SUPERIOR	VELOCIDAD DE ARRASTRE	CAPTURA (Kg.)		
		HORA	CALADO			VIRADO				ANCHOVETA	SARDINA COMUN	TOTAL
		CALADO	VIRADO	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud					
1	3.12.1999	22:10	22:40	34°23'41	72°04'01	34°21'31	72°03'10	15	4.4			
2	4.12.1999	10:11	10:48	34°46'50	72°08'26	37°45'02	72°06'78	15	3.5	34		44
3	5.12.1999	10:17	10:59	35°02'36	72°15'54	35°00'01	72°15'30	5	3.6			
4	6.12.1999	13:57	14:39	35°39'74	72°48'78	35°37'23	72°48'57	10	3.7		1	14
5	7.12.1999	9:36	10:18	36°00'77	72°08'26	37°45'02	72°06'78	7	3.5	0.73	0	52
6	8.12.1999	9:25	10:15	36°30'64	72°08'26	37°45'02	72°06'78	10	3.1		1,500	1,625
7	8.12.1999	20:48	21:20	36°34'48	73°06'18	36°32'54	73°06'12	12	3.8			
8	8.12.1999	22:27	22:57	36°31'57	73°03'71	36°30'77	73°02'55	5	3.2		1,186	1,876
9	9.12.1999	8:26	9:24	36°16'88	73°05'19	36°13'59	73°04'65	25	3.7	298		640
10	9.12.1999	11:22	11:45	36°12'97	73°17'38	36°11'56	73°17'20	10	3.4		2	33
11	10.12.1999	22:19	22:49	36°58'23	73°14'52	35°58'72	73°14'52	3	3.6		181	209
12	10.12.1999	23:53	24:29	37°05'44	73°15'53	37°03'36	73°15'56	5	3.6	460	448	2,100
13	11.12.1999	8:56	9:35	36°45'68	73°14'27	36°43'65	73°13'36	5	3.4		2,006	6,290
14	11.12.1999	11:18	11:50	36°40'08	73°10'57	36°38'77	73°11'54	10	3.6		90	1,391
15	13.12.1999	9:35	10:48	37°53'02	73°34'26	37°55'97	73°32'52	10	2.9	302	542	1,766
16	13.12.1999	12:05	12:51	38°02'88	73°30'76	38°00'38	73°31'07	21	3.2		56	174
17	13.12.1999	17:37	18:21	38°14'97	74°01'47	38°14'47	73°58'57	15	3.6		0	9
18	13.12.1999	21:06	21:35	38°13'81	74°05'61	38°15'10	74°04'68	5	3.9	30	4	68
19	14.12.1999	20:55	21:10	38°44'48	73°37'06	38°46'30	73°35'42	6	3.3			
20	14.12.1999	11:55	12:35	38°52'69	73°32'56	38°53'87	73°31'03	10	3.4	493		693
21	15.12.1999	23:37	24:17	39°12'47	73°24'93	39°14'93	73°25'42	5	3.8		1	4
22	17.12.1999	9:38	10:19	39°25'63	73°26'05	39°23'56					894	1,002
23	17.12.1999	11:45	12:18	39°30'49	73°26'74	39°28'71	73°25'98				3	74
24	17.12.1999	15:31	16:04	39°30'53	73°26'60	39°28'66	73°25'76				77	99
25	17.12.1999	21:02	21:40	39°49'83	73°29'61	39°49'46	73°27'07				16	40
Total								3 - 25	2,9 - 4,4	1,617	7,007	18,202

Tabla 4 Estimación del peso promedio teórico (g) a partir de los parámetros de la relación longitud-peso para sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile. Diferencia absoluta (g) y relativa (%) de los pesos promedios. La zona achurada indica el rango de longitudes de ambas especies encontradas en el crucero RECLAS1299

Longitud total (cm)	Sardina común				Anchoveta			
	Modelo In- lineal	Modelo no lineal	Diferencia abs. (cm)	Diferencia rel. (%)	Modelo In- lineal	Modelo no lineal	Diferencia abs. (cm)	Diferencia rel. (%)
	0.007270 3.066223	0.009046 2.986170			0.006005 3.039451	0.007021 2.984421		
1.0	0.0	0.0	0.0	-24.4	0.0	0.0	0.0	-16.9
1.5	0.0	0.0	0.0	-20.5	0.0	0.0	0.0	-14.3
2.0	0.1	0.1	0.0	-17.7	0.0	0.1	0.0	-12.5
2.5	0.1	0.1	0.0	-15.6	0.1	0.1	0.0	-11.2
3.0	0.2	0.2	0.0	-14.0	0.2	0.2	0.0	-10.1
3.5	0.3	0.4	0.0	-12.6	0.3	0.3	0.0	-9.1
4.0	0.5	0.6	-0.1	-11.4	0.4	0.4	0.0	-8.3
4.5	0.7	0.8	-0.1	-10.3	0.6	0.6	0.0	-7.6
5.0	1.0	1.1	-0.1	-9.4	0.8	0.9	-0.1	-7.0
5.5	1.4	1.5	-0.1	-8.6	1.1	1.1	-0.1	-6.4
6.0	1.8	1.9	-0.1	-7.8	1.4	1.5	-0.1	-5.9
6.5	2.3	2.4	-0.2	-7.1	1.8	1.9	-0.1	-5.5
7.0	2.8	3.0	-0.2	-6.5	2.2	2.3	-0.1	-5.0
7.5	3.5	3.7	-0.2	-5.9	2.7	2.9	-0.1	-4.6
8.0	4.3	4.5	-0.2	-5.3	3.3	3.5	-0.1	-4.3
8.5	5.1	5.4	-0.2	-4.8	4.0	4.2	-0.2	-3.9
9.0	6.1	6.4	-0.3	-4.4	4.8	4.9	-0.2	-3.6
9.5	7.2	7.5	-0.3	-3.9	5.6	5.8	-0.2	-3.3
10.0	8.5	8.8	-0.3	-3.5	6.6	6.8	-0.2	-3.0
10.5	9.8	10.1	-0.3	-3.1	7.6	7.8	-0.2	-2.7
11.0	11.3	11.6	-0.3	-2.7	8.8	9.0	-0.2	-2.5
11.5	13.0	13.3	-0.3	-2.3	10.1	10.3	-0.2	-2.2
12.0	14.8	15.1	-0.3	-2.0	11.4	11.7	-0.2	-2.0
12.5	16.8	17.1	-0.3	-1.6	13.0	13.2	-0.2	-1.7
13.0	18.9	19.2	-0.3	-1.3	14.6	14.8	-0.2	-1.5
13.5	21.3	21.5	-0.2	-1.0	16.4	16.6	-0.2	-1.3
14.0	23.8	23.9	-0.2	-0.7	18.3	18.5	-0.2	-1.1
14.5	26.5	26.6	-0.1	-0.4	20.3	20.5	-0.2	-0.9
15.0	29.4	29.4	-0.1	-0.2	22.6	22.7	-0.2	-0.7
15.5	32.5	32.4	0.0	0.1	24.9	25.1	-0.1	-0.5
16.0	35.8	35.7	0.1	0.3	27.4	27.5	-0.1	-0.4
16.5	39.3	39.1	0.2	0.6	30.1	30.2	-0.1	-0.2
17.0	43.1	42.7	0.4	0.8	33.0	33.0	0.0	0.0
17.5	47.1	46.6	0.5	1.1	36.0	36.0	0.0	0.1
18.0	51.3	50.7	0.7	1.3	39.2	39.1	0.1	0.3
18.5	55.8	55.0	0.8	1.5	42.7	42.5	0.2	0.4
19.0	60.6	59.6	1.0	1.7	46.3	46.0	0.3	0.6
19.5	65.6	64.4	1.3	1.9	50.1	49.7	0.4	0.7
20.0	70.9	69.4	1.5	2.1	54.1	53.6	0.5	0.9

Tabla 5. Estimación de parámetros de la relación longitud-peso de sardina común y anchoveta en la zona de estudio. Crucero RECLAS1299

Parámetros	Sardina común		Anchoveta	
	Modelo In-lineal	Modelo no lineal	Modelo In-lineal	Modelo no lineal
a=	0.007270	0.009046	0.006005	0.007021
b=	3.066223	2.986170	3.039451	2.984421
N=	247	247	327	327
g.l.=	245	245	325	325
R2=	0.813	0.927	0.919	0.968
r=	0.902	0.963	0.958	0.984

Tabla 6. Resultados de las calibraciones hidroacústicas del sistema Simrad EK-500 del B/I "Abate Molina", para la frecuencia de 38 Khz, por longitudes de pulso. Crucero RECLAS 9912

Pulso *	Corto	Medio	Largo
TS- transducer gain	26.34	27.52	
Sv – transducer gain	27.02	27.32	

Tabla 7. 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

Tabla 8. Estimados de biomasa total, reclutas y los índices de precisión (Varianza de la biomasa (V(B)); Error (%) y Coeficiente de variación (CV)), de anchoveta según distintos métodos. Crucero RECLAS 9912.

METODO	CONGLOMERADOS	ESTRATOS	BOOTSTRAP	GEOESTADISTICO
V(C_b) (10⁻¹⁰)	8,7839	8,7839	8,7839	8,7839
TOTAL				
B ₀ (t)	370.054	370.054	343.200	344.659
Area (mn ²)	5.287	5.287	5.287	5.943
ρ (t/mn ²)	69,9	69,9	64,9	57,9
V (B) (10 ⁻⁹)	16,813329	13,814645	13,714915	12.2363719
Error (%)	79,3	71,1	71,1	67,1
CV	0,48	0,43	0,43	0,40
RECLUTAS				
B ₀ Reclutas (t)	162.824	162.824	162.824	151.650
V (B) (10 ⁻⁹)	3,316817	2,748254	2.729507	2.176877
Error (%)	58.1	52.9	56.9	50.6
CV	0.35	0.32	0.34	0.30

Tabla 9. Estimados de Abundancia total, reclutas y los índices de precisión (Varianza de la Abundancia (V(A)); Error (%) y Coeficiente de variación (CV)), de anchoveta según distintos métodos. Crucero RECLAS 9912.

METODO	CONGLOMERADOS	ESTRATOS	BOOTSTRAP	GEOESTADISTICO
TOTAL				
Abundancia (millones)	59.686,13	59.686,13	59.686,13	55.590,16
Area (mn ²)	5.287	5.287	5.287	5.943
ρ (n/mn ²)	11,3	11,3	11,3	9,4
V (A) (10 ⁻²⁰)	4.373984	3.59382	3.567876	2.856753
Error (%)	57.6	52.2	56.1	50.0
CV	0.35	0.31	0.34	0.30
RECLUTAS				
Abundancia Reclutas (millones)	50.136,35	50.136,35	50.136,35	46.695,74
V (A) (10 ⁻²⁰)	3.690526	3.724278	3.730264	2.728282
Error (%)	63.0	63.3	68.3	58.1
CV	0.38	0.38	0.41	0.35

Tabla 10. Estimados de biomasa total , reclutas y los índices de precisión (Varianza de la biomasa (V(B)); Error (%) y Coeficiente de variación (CV)) de sardina común, según distintos métodos. Crucero RECLAS 9912.

METODO	CONGLOMERADOS	ESTRATOS	BOOTSTRAP	GEOESTADISTICO
V(C_b) (10⁻¹²)	5.93994	5.93994	5.93994	5.93994
TOTAL				
B _o (t)	264.231	264.231	267.212	227.397
Area (mn ²)	3.277	3.277	3.277	3.351
ρ (t/mn ²)	80,6	80,6	81,5	67,9
V (B) (10 ⁹)	10.32727	6.433937	6,282396	1.6865024
Error (%)	63,2	49,9	48,8	29,7
CV	0,38	0,30	0,29	0.18
RECLUTAS				
B _o Reclutas (t)	264.231	264.231	267.212	227.397
V (B) (10 ⁹)	10.32727	6.433937	6,282396	1.6865024
Error (%)	63,2	49,9	48,8	29,7
CV	0,38	0,30	0,29	0.18

Tabla 11. Estimados de abundancia total, reclutas y los índices de precisión (Varianza de la Abundancia (V(B)); Error (%) y Coeficiente de variación (CV)) de sardina común, según distintos métodos. Crucero RECLAS 9912.

METODO	CONGLOMERADOS	ESTRATOS	BOOTSTRAP	GEOESTADISTICO
TOTAL				
Abundancia (millones)	177.336,2	177.336,2	179336,9	152615,4
Area (mn ²)	3.277	3.277	3.277	3.351
ρ (n/mn ²)	54,11	54,11	54,7	45,5
V (A) (10 ²⁰)	46,51714	28,98040	30,56977	7,596516
Error (%)	63,2	49,9	50,7	29,7
CV	0,38	0,30	0,31	0,18
RECLUTAS				
Abundancia Reclutas (millones)	177.336,2	177.336,2	179336,9	152615,4
V (A) (10 ²⁰)	46,51714	28,98040	30,56977	7,596516
Error (%)	63,2	49,9	50,7	29,7
CV	0,38	0,30	0,31	0,18

Tabla 12. Estimados de biomasa y abundancia de anchoveta por talla y subzona, según el método de las tallas. Crucero RECLAS 9912.

Tallas	SUBZONA 1		SUBZONA 2		SUBZONA 3		SUBZONA 4		Total	
	ABUNDANCIA (MILLON)	Biomasa (t)								
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0	1879.57013	1503.28801	0	0	0	0	0	0	1879.57013	1503.28801
5.5	4110.49008	4392.26267	0	0	0	0	0	0	4110.49008	4392.26267
6.0	8445.45548	11756.3974	0	0	1367.07061	1903.01464	0	0	9812.5261	13659.412
6.5	6512.80193	11563.1663	82.2805532	146.085161	1336.9439	2373.67954	0	0	7932.02639	14082.931
7.0	3598.14803	8002.2423	124.239234	276.306714	3625.71558	8063.55224	0	0	7348.10284	16342.1013
7.5	2898.998	7951.55995	138.967276	381.168468	3708.57931	10172.1321	0	0	6746.54459	18504.8606
8.0	1295.75106	4324.32103	95.1206638	317.447001	3487.41561	11638.5818	0	0	4878.28734	16280.3498
8.5	851.544148	3416.87463	180.230695	723.187037	1841.00036	7387.13013	0	0	2872.7752	11527.1918
9.0	448.60529	2141.59002	353.998234	1689.94682	795.336778	3796.84623	0	0	1597.9403	7628.38307
9.5	154.432026	868.918322	558.189878	3140.67893	552.682587	3109.69193	0	0	1265.30449	7119.28919
10.0	93.5802926	615.366705	486.478405	3198.99206	561.311805	3691.08267	0	0	1141.3705	7505.44144
10.5	56.8877159	433.882296	472.781804	3605.90422	377.22	2877.05486	0	0	906.88952	6916.84138
11.0	51.0108857	448.150103	35.8723628	315.152401	223.152827	1960.48277	0	0	310.036075	2723.78527
11.5	47.4243529	476.91296	26.2862259	264.341863	78.4495844	788.911628	0	0	152.160163	1530.16645
12.0	0	0	138.708219	1587.5204	14.471243	165.62388	0	0	153.179462	1753.14428
12.5	0	0	116.769201	1512.97289	13.3366975	172.802945	0	0	130.105899	1685.77583
13.0	0	0	118.189252	1725.25312	12.3305266	179.993351	0	0	130.519779	1905.24647
13.5	0	0	23.8164933	389.915521	0	0	0	0	23.8164933	389.915521
14.0	0	0	0	0	0	0	982.986696	17974.0625	982.986696	17974.0625
14.5	0	0	4.11221591	83.6557215	0	0	2681.7865	54556.1783	2685.89871	54639.834
15.0	0	0	0	0	0	0	3850.88895	86842.3071	3850.88895	86842.3071
15.5	0	0	0	0	0	0	2034.29246	50683.5312	2034.29246	50683.5312
16.0	0	0	0	0	0	0	671.811705	18433.5872	671.811705	18433.5872
16.5	0	0	0	0	0	0	151.930915	4577.49155	151.930915	4577.49155
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.5	0	0	0	0	0	0	21.3258131	768.347081	21.3258131	768.347081
18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.5	0	0	0	0	0	0	19.0826304	814.035275	19.0826304	814.035275
TOTAL	30444,7	57894,9	2956,0	19.358,5	17.995,0	58280,6	10414,1	234649,5	61809,9	370.183,6
%	49,3	15,6	4,7	5,3	29,1	15,7	16,8	63,4		

Tabla 13. Estimados de biomasa y abundancia de sardina común por talla y subzona, según el método de las tallas. Crucero RECLAS 9912.

Tallas	SUBZONA 1		SUBZONA 2		SUBZONA 3		TOTAL	
	ABUNDANCIA (MILLON)	Biomasa (t)						
4.0	3519.3226	1795.0036	0	0	147.406399	75.1835076	3666.728998	1870.187109
4.5	9837.1907	7199.83218	331.261297	168.957293	159.37888	116.649278	10327.83087	7485.438748
5.0	24964.1587	25238.9268	10823.1919	7921.4857	2316.29617	2341.7905	38103.64674	35502.20299
5.5	32477.3839	43979.8951	41444.5485	41900.7081	9080.07467	12295.9636	83002.00706	98176.56685
6.0	18564.2762	32826.1027	13024.9249	17637.9609	8691.80001	15369.1917	40281.00107	65833.2553
6.5	5132.85504	11600.8195	2640.14259	4668.40671	5422.12825	12254.6089	13195.12588	28523.83508
7.0	1021.18863	2896.81696	257.677106	582.378729	2825.8945	8016.24585	4104.760237	11495.44153
7.5	355.27009	1245.22449	5.84686238	16.5858585	574.86736	2014.91466	935.9843117	3276.725004
8.0	61.0953481	260.999373	0	0	7.75822672	33.1431504	68.85357483	294.1425239
8.5	13.657405	70.2635202	0	0	0	0	13.65740497	70.26352019
9.0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.5	4.80256121	34.7494185	0	0	0	0	4.802561206	34.74941849
10.0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	3.93134829	38.6626538	0	0	0	0	3.931348288	38.6626538
11.0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.5	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	95.955,1	127.187,3	68.527,6	72.896,5	29.225,6	52.517,7	193708.3301	252601.4707
%	49.5	50.4	35.4	28.9	15.1	20.8	100.0	100.0



Unidad Técnica Promoción y Ediciones

**IFOP
Valparaíso
Chile**