



**INFORME FINAL
CORREGIDO**

**FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 99-11**

**Evaluación del reclutamiento
de anchoveta en la
I y II Regiones,
1999**



Octubre

2 0 0 0

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

• Octubre, 2000 •



JEFE DE PROYECTO

JORGE CASTILLO P.

AUTORES

Evaluación y distribución espacial del reclutamiento de anchoveta

JORGE CASTILLO P.
JOSÉ CÓRDOVA M.
MARCOS ESPEJO V.

Análisis georeferenciado de las variables que afectan el reclutamiento de anchoveta

MARÍA ANGELA BARBIERI B.
VÍCTOR CATASTI B.

Hidrología, fluorescencia, clorofila a y el reclutamiento de anchoveta

JORGE OSSES R.
HERNÁN REYES R.

Biología Pesquera

PATRICIO BARRÍA M.

PERSONAL PARTICIPANTE

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

EVALUACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN

Jorge Castillo
José Córdova
Marcos Espejo
M. Angela Barbieri
Víctor Catasti
Manuel Rojas

OCEANOGRAFÍA

José Luis Blanco
Jorge Osses
Hernán Reyes

BIOLOGÍA PESQUERA

Patricio Barría
Miguel Cortés
Alberto Campos



I. RESUMEN EJECUTIVO

Se presentan los resultados de la evaluación de la biomasa y distribución espacial de la anchoveta y la fracción reclutas mediante técnicas acústicas y las condiciones oceanográficas asociadas a este proceso, durante el verano del 2000.

Los datos básicos para la evaluación directa de la biomasa de anchoveta y de la fracción reclutas, se obtuvieron en un crucero de prospección acústica y oceanográfica entre Arica y Antofagasta (Regiones I y II) a bordo del B/I "Abate Molina", entre el 13 de enero y el 2 de febrero del 2000, correspondiente a la época del pico principal de reclutamiento de anchoveta en la zona norte.

Se incluye un anexo en que se entregan los descriptores de los datos almacenados en medios magnéticos.

En el crucero, el muestreo acústico se efectuó mediante transectas perpendiculares a la costa y paralelas entre sí de una longitud de 10 mn, sistemáticamente distribuidas con una separación entre transectas de 5 mn, cubriéndose el área con 66 transectas. El muestreo oceanográfico, se realizó cada tres transectas acústicas, en estaciones ubicadas sobre el track de navegación a 1, 5 y 10 mn de la costa, completándose 66 estaciones.

Se realizaron experiencias para determinar la relación TS-L de anchoveta *in situ*, durante los lances de pesca y en condiciones experimentales.

Las condiciones oceanográficas registradas durante enero del 2000 se caracterizaron por Vientos de intensidad moderada a baja, menores a 5 m/s presente en forma de dos pulsos de 8 días y máximos de 9 m/s (18 nudos) con surgencia costera débil y



bajos índices de surgencia y de turbulencia. La temperatura y salinidad superficial fueron levemente menores a lo normal con -2°C y -0.1 psu, respectivamente. La profundidad de la isoterma de 15° estuvo 10 m más superficial que los promedios de largo plazo con un valor típico de 10 m .en la primera milla y de 20 metros hacia el océano. Las Aguas de la AST se encontraron en la superficie de las estaciones más oceánicas (10 mn) originando focos cálidos y salinos que cortaron la capa superficial en general más fría y menos salina con respecto a los promedios históricos.

Se realizaron un total de 43 lances de pesca con red de mediagua, obteniéndose en 20 de ellos capturas de anchoveta (46,5%). Los tamaños de los ejemplares fluctuaron entre los 8,5 y 18,5 cm de longitud total. Del total de ejemplares muestreados (3.081), el porcentaje de reclutas (individuos menores o iguales a 12 cm) fue de 1,9% en número y 0,8%, en peso. Al respecto, el peso promedio del total de las anchovetas fue de 27,9 g y el de los reclutas de 11,9 g.

La distribución de frecuencias de longitud ponderada por las capturas fue bimodal, con un grupo principal de reclutas situado entre los 8,5-12,0 cm y un grupo principal de adultos con moda en los 15,0 cm. Se presentaron diferencias significativas en las distribuciones de frecuencia de longitud por zona de pesca.

En la zona de Arica se observó la mayor presencia de reclutas en las capturas (35,0% en número y 16,9% en peso). La distribución de frecuencia bimodal fue con modas en los 11,5 y 16,0 cm, el peso promedio total de las anchovetas fue de 24,8 g y la de los reclutas fue de sólo 12,0 g.

En la zona de Iquique hubo una menor presencia de reclutas. El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 1,3 y 0,5%, respectivamente. El peso promedio del total de ejemplares de anchoveta fue de 28,0 g y de los reclutas de 10,7 g.



En la zona de Antofagasta la distribución de longitudes también fue bimodal y no se registraron reclutas. El peso promedio para el total de ejemplares fue de 28,0 y la longitud promedio de 15,3 cm. En esta zona se detectaron los pesos promedios más bajos del área estudiada.

En el período de estudio y al igual que en cruceros anteriores, 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. De igual que en años anteriores, la segregación espacial del reclutamiento de anchoveta se registró una mayor proporción de reclutas en la zona de Arica.

Los pesos promedio de los ejemplares presentaron diferencias significativas por zonas de pesca, lo cual implicaría la existencia de cambios en la producción biológica del ecosistema pelágico. Adicionalmente, los pesos medios por tamaño en el crucero fueron mayores que en cruceros anteriores, lo cual supone un aumento de la oferta trófica causada por mayor producción biológica.

El stock desovante presentó predominio de hembras en el área de estudio (51,7%) sobre machos, lo que fue significativo a tallas mayores a los 16,0 cm. En los rangos de longitudes inferiores existe una mayor proporción de machos. Además, se registró un alto porcentaje de ejemplares indeterminados de un 9,7%.

En relación a los estados de madurez el 59,4% de los ejemplares se encontraron en estado 5 (desovado) y un bajo porcentaje (15,7%) en estado 2. Latitudinalmente, se observó un desfase en el proceso reproductivo, presentándose de norte a sur un aumento progresivo de los estados 5 (desove) y un descenso gradual de los estados 2 y 3.

Se ajustó la ecuación $TS = 22,04 \text{ Log } (L) - 75,72$ ($r^2 = 0,859$; $n = 25$)

La ecuación estandarizada al modelo general fue $TS = 20 \text{ Log } (L) - 73,36$



La biomasa total de anchoveta estimada con el método de las variables regionalizadas, restringido al polígono de distribución del recurso fue de 296.584 t, con un CV de 0,18 y un error del 30%.

La biomasa de los reclutas estimada mediante el método geoestadístico alcanzó a 103.745 t con un CV de 0,21. La fracción de reclutas en número alcanzó a 6.257,7 millones de ejemplares con un CV de 0,17.

La biomasa de anchoveta obtenida en el presente crucero con el método tradicional fue similar al obtenido en el RECLAN 9811 (310.108 t) y registró una reducción cercana al 52,7 % y 35,1% respecto al verano de 1998 (RECLAN 9801) (647.760 t) y a la primavera de 1996 (RECLAN 9611) (472.822 t), respectivamente. En relación al verano de 1996 (RECLAN 9601), en que se registraron 102.010 t, el presente estimado representa un incremento superior al 200,6 %.

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

En la zona de estudio la anchoveta se distribuyó entre Arica y Pta. Argolla (18° 50' S) y Sur de Pisagua a Bahía Mejillones. Las mayores concentraciones del recurso se ubicaron preferentemente en el sector costero dentro de las primeras 3 millas de la costa. entre Arica a Pta. Argolla.

En el sentido latitudinal se aprecia una clara estratificación de los juveniles de anchoveta hacia el sector entre Arica y punta Argolla en que la composición por tallas correspondiente a los reclutas superó el 80% del total y con los niveles de agregación



mas altos del crucero, el otro sector de presencia de los reclutas estuvo ubicado entre caleta Patillos y el paralelo 21° S, sector que registró solo menos del 30% de los reclutas y con niveles de agregación menos que medio.

En el plano superficial la anchoveta se distribuyó en aguas con una temperatura de 16°C a 22°C y una moda en 18°C, con una salinidad de 34,4 a 34,7 psu con una moda de 34,6 psu en los adultos y 34,7 psu para los reclutas; con niveles de oxígeno de 4,5 a 13,5 ml/l con una moda para los adultos de 6,0 ml/l y para los reclutas entre 6,0 y 10,5 ml/l, una densidad de 24,0 a 26,0 sigma-t con una moda de 25,5 sigma-t, y la clorofila-a integrada entre 0,1 a ≥ 100 $\mu\text{g/l}$ con moda 50 $\mu\text{g/l}$.

Batimétricamente la anchoveta se localizó en los primeros 10 m de profundidad, asociado principalmente a las isotermas entre 14 y 16°C. Las isohalinas que limitaron la distribución vertical de la anchoveta variaron principalmente entre los 34,5 y 34,6 psu. Las oxiclinas en que se registró preferentemente la anchoveta variaron entre los 4 y 6 ml/l. Se encontró una fuerte asociación entre la distribución batimétrica de la anchoveta y la posición vertical de la termoclina. El 69% de los ecotrazos de anchoveta se presentaron entre los límites superiores e inferiores de los gradientes de la termoclina. Sólo el 3,3% de los ecotrazos se presentaron una posición externa los límites superiores e inferiores de los gradientes de la termoclina.

Los ajustes entre la distribución de la anchoveta y las variables bio-ambientales fueron moderados, para el modelo entre la densidad de la anchoveta adulta la temperatura superficial del mar, el gradiente de la temperatura superficial del mar y el gradiente de la clorofila se obtuvo $R^2=0,7839$; $F=14,753$, $p < 0,05$, mientras que el modelo entre la densidad de reclutas de anchoveta, la temperatura superficial del mar y el gradiente de la temperatura superficial del mar se ajustó con $R^2=0,358$; $F=2,352$, $p < 0,05$.



II. INDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO	1
II. INDICE GENERAL	6
III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	8
IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO	16
1. Objetivo general	16
2. Objetivos específicos	16
V. ANTECEDENTES	17
VI. METODOLOGIA	22
1. Zona de estudio y plan de muestreo	22
2. Metodología por objetivo	22
2.1 Objetivo 2.1	22
2.2 Objetivo 2.2	43
2.3 Objetivo 2.3	48
VII. RESULTADOS	57
1. Condiciones meteorológicas y oceanográficas durante el Crucero RECLAN 0001 (Objetivo específico 2.2)	57
1.1 Vientos	57
1.2 Temperatura	58
1.3 Salinidad	60
1.4 Densidad	61
1.5 Oxígeno	62
1.6 Masas de agua	64
1.7 Biomasa fitoplanctónica durante el crucero RECLAN 0001	66



2. Biología Pesquera (Objetivo específico 2.3)	73
2.1 Resultados de los lances de pesca	73
2.2 Determinación de la estructura de tamaños	74
2.3 Determinación de la proporción sexual	75
2.4 Determinación de los estados de madurez	76
2.5 Determinación de los pesos medios	77
3. Estimación del reclutamiento en peso y número (Objetivo específico 2.1)	78
3.1 Calibración del sistema acústico	78
3.2 Estimación de la biomasa	82
3.3 Distribución espacial de los recursos	
VIII. ANALISIS DE RESULTADOS	95
1. Condiciones oceanográficas	95
2. Biología Pesquera	97
2.1 Modelos no lineales en el ajuste de la relación longitud-peso de la anchoveta	102
3. Estimados de biomasa de anchoveta y de la fracción reclutas y su precisión	105
3.1 Estimados de biomasa de anchoveta y la fracción recluta	105
3.2 Precisión de los estimados de biomasa	107
3.3 Relación entre los estimados de biomasa y las capturas	109
IX. CONCLUSIONES	113
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	118

FIGURAS

TABLAS



III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

- Figura 1. a) Track de navegación acústico; b) ubicación de los lances de pesca de media agua y c) posición geográfica de las estaciones oceanográficas. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 2. Ubicación de los lances de pesca de arrastre de media-agua. Con captura y Totales.
- Figura 3. a) Intensidad del viento, b) Turbulencia y c) índice de surgencia. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 4. Distribución superficial de a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 5. a) Profundidad de la isoterma de 15°C (m), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C (m), c) densidad (sigma-t) y d) oxígeno disuelto (ml/l). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 6. Distribución paralela a la costa, a 1, 5 y 10 mn, de la temperatura (°C). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 7. Distribución paralela a la costa, a 1, 5 y 10 mn, de la salinidad (psu). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 8. Distribución paralela a la costa, a 1, 5 y 10 mn, de la densidad (sigma-t) (kg/ m³). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 9. Distribución paralela a la costa, a 1, 5 y 10 mn, de oxígeno disuelto (ml/l). Crucero RECLAN 0001.



- Figura 10. Diagramas t-s de las estaciones en las transectas paralelas a la costa a 1,5, y 10 mn. CRUCERO RECLAN 0001.
- Figura 11. Distribución batimétrica de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63, y 66. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 12. Distribución batimétrica de la salinidad (psu), en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63, y 66. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 13. Distribución batimétrica de la densidad ($\sigma\text{-t}$) (kg/m^3), en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63, y 66. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 14. Distribución batimétrica del oxígeno disuelto (ml/l), en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63, y 66. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 15. Distribución superficial de a) clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$), b) feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$) y c) clorofila integrada (mg/m^2). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 16. Distribución batimétrica de la clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$), en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63, y 66. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 17. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$), en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63, y 66. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 18. Distribución paralela a la costa, a 1, 5 y 10 mn, de la clorofila a ($\mu\text{g}/\text{L}$). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 19. Distribución paralela a la costa, a 1, 5 y 10 mn, de los feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 20. Diagramas del gradiente de temperatura ($^{\circ}\text{C}/\text{mn}$), clorofila a integrada y superficial. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 21. Distribución horizontal de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 6 a la 21. Crucero RECLAN 0001.



- Figura 22. Distribución horizontal de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 24 a la 39. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 23. Distribución horizontal de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 42 a la 57. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 24. Distribución horizontal de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 60 a la 66. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 25. Diagrama de las relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y el campo térmico. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 26. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN 0001 (fracción recluta ≤ 12 cm).
- Figura 27. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN 0001 (fracción recluta ≤ 12 cm).
- Figura 28. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta ponderada por la captura provenientes de ejemplares capturados con red de media-agua en el Crucero RECLAN 0001 (fracción recluta $\leq 12,0$ cm). (A) Frecuencia absoluta (toneladas) y (B) Frecuencia en porcentaje.
- Figura 28a. Presencia de los juveniles de anchoveta en las capturas mensuales por zona y año.
- Figura 29. Proporción sexual de la anchoveta capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAN0001.
- Figura 30. Estados de madurez de la anchoveta capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAN0001.
- Figura 31. Patrón del índice gonadosomático de las hembras de anchoveta de la Zona Norte de Chile, período 1987-99. Los valores representan el promedio más o menos una desviación estándar.



- Figura 32. Pesos promedio empíricos a la talla de anchoveta obtenidos con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAN0001.
- Figura 33. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 9, 10, 12 y 17). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 34. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 19, 21, 24 y 25). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 35. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 27, 28, 33 y 38). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 36. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 38, 40 y 41). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 37. Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales (frecuencia 38 khz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lance 43). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 38. Relación funcional de la intensidad de blanco (TS) y la intensidad de blanco por kilo con la talla (L) de anchoveta ajustadas en los cruceros RECLAN 9601, RECLAN 9611 (Castillo *et al*, 1998), RECLAN 9801 (Castillo y Espejo, 1998), RECLAN 9811 y en el presente crucero (RECLAN 0001).
- Figura 39. Lecturas acústica (Sa) acumuladas por transecta e intertransecta. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 40. Biomasa en peso (t) y abundancia en número (millones de ejemplares) de anchoveta, según el método de las tallas. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 41. Variograma en las direcciones este-oeste, norte-sur y modelo ajustado. Crucero RECLAN 0001.



- Figura 42. Distribución espacial de la biomasa de anchoveta y jurel. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 43. Estimados de la densidad de anchoveta por áreas seleccionadas a) reclutas, b) adultos, c) total.
- Figura 44. Frecuencia de tallas de anchoveta estratificadas en el sentido latitudinal. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 45. Frecuencia de tallas de anchoveta estratificadas en el sentido latitudinal cada 30 mn y longitudinal cada 3 mn. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 46. Frecuencia de tallas de anchoveta estratificadas en el sentido latitudinal cada 30 mn y longitudinal cada 3 mn. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 47. Distribución de la biomasa: a) reclutas b) no reclutas. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 48. Distribución batimétrica de anchoveta en profundidad, temperatura y salinidad. Crucero RECLAN 0001.
- Figura 49. Distribución de (a) temperatura superficial del mar, (b) 50 m (°C), (c) salinidad superficial (psu) y (d) salinidad a 50 m (psu). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 50. Estimados de las variables oceanográficas en la capa superficial: a) temperatura, b) salinidad c) oxígeno y d) densidad; y en la capa de 50 m: e) temperatura, f) salinidad, g) oxígeno y h) densidad; y i) clorofila-a integrada.
- Figura 51. Distribución de (a) oxígeno superficial (ml/l), (b) oxígeno disuelto a 50 m (ml/l), (c) densidad superficial (sigma-t) y (d) densidad a 50 m (sigma-t). Crucero RECLAN 0001.
- Figura 52. Distribución de clorofila-a integrada ($\mu\text{g/l}$). Crucero RECLAN 0001.



- Figura 53. Distribución de las agregaciones de anchoveta con respecto a los límites de la termoclina.
- Figura 54. Distribución de las agregaciones de anchoveta con respecto a los veriles de la termoclina.
- Figura 55. Biomasa en peso (t) y abundancia en número (millones de ejemplares) de anchoveta, según el método de las tallas, para los cruceros RECLAN 9601, 9611, 9801, 9811 y 0001..
- Figura 56. Relación entre los coeficientes de variación (CV) de las estimaciones acústicas de la biomasa de anchoveta a distintas distancias entre transectas. Cruceros RECLAN 9601, 9611, 9801, 9811 y 0001.
- Figura 57. Relación entre las estimaciones acústicas de la biomasa de anchoveta a distintas distancias entre transectas. Cruceros RECLAN 9601, 9611, 9801, 9811 y 0001.
- Figura 58. Relación funcional entre la biomasa de anchoveta de primavera-verano y la captura de la temporada de pesca siguiente. Los datos (*) corresponden a cruceros de verano realizados a principios del año en que se consideró la captura. Se descartaron de la relación funcional ajustada los datos 85/86, 86/87, 97/98 y 98/99
La ecuación ajustada fue:
- | | | |
|----------------|---|------------------------|
| C | = | 841,29LOG (BIO)-854,21 |
| r ² | = | 0,69 |
| n | = | 7 |



TABLAS

- Tabla 1. Categorías por densidad
- Tabla 2. Latitudes iniciales y finales y número de pixeles de las áreas seleccionadas.
- Tabla 3. Valores del gradiente de temperatura por transecta. La concentración de pigmentos corresponde a la estación de 1 mn.
- Tabla 4. Resumen de operación por lance de pesca en el crucero RECLAN0001
- Tabla 5. Pesos promedios (g) de anchoveta obtenidos por zona de pesca en el crucero RECLAN0001 y comparación con cruceros anteriores. Parámetros a y b estimados de la relación ln - lineal.
- Tabla 6. Estimación de parámetros de la relación longitud-peso por zona de pesca y total de la zona de estudio. Crucero RECLAN0001
- Tabla 7. Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I Abate Molina para la frecuencia de 38 KHz, por longitudes de pulso (ms). Crucero RECLAN 9811.
- Tabla 8. Resultados de las calibraciones electroacústicas históricas del sistema EK-500 del B/I Abate Molina para la frecuencia de 38 KHz, por longitudes de pulso (ms).
- Tabla 9. Biomasa (t), Abundancia (millones de ejemplares), Varianza $\hat{V}(\hat{B}_o)$ coeficientes de variación (CV) y error (%) del estimado de biomasa de anchoveta y de la fracción reclutas. Crucero RECLAN 0001.



- Tabla 10. Biomasa (t), Abundancia (millones de ejemplares), Varianza $\hat{V}(\hat{B}_o)$ coeficientes de variación (CV) y error (%) del estimado de biomasa de anchoveta y de la fracción reclutas. Método Geoestadístico. Crucero RECLAN 0001.
- Tabla 11. Biomasa (t) y Abundancia (millones de ejemplares) por talla, según el método de las tallas. Crucero RECLAN 0001.
- Tabla 12. Índice de ocupación de las variables ambientales respecto de la anchoveta, en porcentaje.
- Tabla 13. Posición de los ecotrazos respecto al gradiente superior e inferior de la termoclina.
- Tabla 14. Coeficientes Cramer's de las cartografías de anchoveta respecto de las variables ambientales, por áreas seleccionadas.
- Tabla 15. Matriz de correlación entre las variables: gradiente de temperatura superficial del mar (TSMGR), temperatura superficial del mar (TSMPR), gradiente de la salinidad superficial del mar (SSMGR), salinidad superficial del mar (SSMPR), gradiente del oxígeno superficial del mar (OSMGR), oxígeno superficial del mar (OSMPR), gradiente de la densidad superficial del mar (DSMGR), densidad superficial del mar (DSMGR), gradiente de clorofila a integrada (CLOAGR) y de clorofila a integrada (CLOAPR).
- Tabla 16. Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn²) de anchoveta en toda la zona de estudio y de la fracción recluta.
- Tabla 17. Análisis estadístico y de varianza de la regresión. $C = 841,29 \text{ LOG (BIO)} - 854,21$; $r^2 = 0,69$; $n=7$.



IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1. Objetivo general

Caracterizar y evaluar el proceso de reclutamiento del recurso anchoveta en la I y II Regiones, durante el período 1999-2000.

2. Objetivos específicos

- 2.1** Cuantificar, mediante métodos hidroacústicos, la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) del reclutamiento de anchoveta, durante el período de máxima intensidad del proceso 1999-2000, en la zona de estudio.
- 2.2** Determinar las áreas de reclutamiento principales y analizar espacio-temporalmente la distribución y abundancia de los mismos, caracterizando su asociación con las condiciones bio-oceanográficas predominantes.
- 2.3** Determinar la estructura de tallas y los pesos medios de las categorías de talla de la anchoveta en la zona de estudio, especialmente en los núcleos de abundancia del recurso, y estimar índices de densidad relativa juveniles/adultos.



V. ANTECEDENTES

A partir de 1986, la anchoveta en la zona norte ha aumentado su importancia relativa en la pesquería pelágica llegando a constituirse en 1995 en la principal especie con más del 85% de participación en los desembarques con capturas superiores a 1,5 millones de t. Sin embargo, los efectos de la alteración ambiental provocada por El Niño 1997-98. determinaron que durante 1998, las capturas de anchoveta se redujeran cerca del 86% respecto a los niveles registrados en 1995 y 1996.

Desde el punto de vista administrativo, esta unidad de pesquería, se encuentra declarada en estado de plena explotación de conformidad con lo establecido en el Decreto Supremo N° 430 de 1991 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, su administración se basa en la regulación del esfuerzo de pesca a través del control del acceso a la pesquería y al establecimiento de vedas reproductivas y de reclutamiento. Biológicamente la anchoveta se caracteriza por su corta vida (alrededor de 5 años), con un importante potencial reproductivo, presentando desoves fraccionados durante todo el año, centrado principalmente entre julio y septiembre y reclutándose a la pesquería en las estaciones cálidas, entre noviembre y marzo. Otra característica importante de esta especie, lo constituye su alta dependencia de las condiciones oceanográficas que determinan su distribución espacial, niveles de agregación, éxito del desove y consecuentemente los niveles de abundancia.

Dadas estas características, la biomasa del stock explotable de anchoveta depende del éxito o fracaso del reclutamiento, convirtiéndose en un factor clave para la administración pesquera, tanto para pronosticar el rendimiento de la pesquería en el corto plazo como para la conservación del stock. Por lo tanto, conocer la magnitud de la distribución del proceso de reclutamiento a principios de año permite definir una estrategia de explotación para la temporada siguiente.



El proceso de reclutamiento se inicia al momento mismo del desove y culmina cuando los peces alcanzan la talla juvenil que los incorpora a la pesquería, de allí su alta dependencia de factores como el éxito del desove y la viabilidad de sobrevivencia de las larvas, dependiente a su vez de la disponibilidad de alimento y de las condiciones oceanográficas físicas, que pueden alterar la estabilidad de las masas de agua. La baja turbulencia, débil transporte de Ekman y características topográficas de la plataforma de la zona norte de Chile permiten calificarla como adecuada para el desove de anchoveta y sardina (Parrish *et al.*, 1983).

El manejo pesquero actual está basado en predicciones de corto plazo de capturas totales permisibles (CTP), y ha tendido a dejar de lado estos problemas, ya sea midiendo directamente el tamaño del stock a comienzo de año o simplemente tratándolo como una variable estática. Los científicos pesqueros están conscientes del hecho que esos procedimientos de manejo tienen implicancia de largo plazo, si fuera mejor comprendidos podrían tener un gran significado para la toma de decisiones tanto en la Administración Pesquera como en la Industria.

En el caso de los peces pelágicos de corta vida, como la anchoveta, el éxito del reclutamiento tiene un efecto casi inmediato en la abundancia y potencialidad del stock y en el corto plazo, también de la pesquería, de allí que el conocimiento de la variabilidad interanual del proceso y los factores que lo regulan permitirían proyectar la actividad pesquera y sensibilizar los modelos de explotación (Bergh y Butterworth, 1987), mejorando de este modo la certeza en las prognosis (Walters, 1981).

Los factores ambientales tienen importante influencia en el éxito o fracaso del reclutamiento, puesto que pueden favorecer o dificultar los resultados del proceso, especialmente en los primeros estadios de desarrollo, hasta que el pez juvenil alcanza el tamaño que lo incorpora a la pesquería.



Un ejemplo de lo anterior lo constituyen las interrelaciones existentes entre la distribución espacial de la anchoveta sudafricana (*Engraulis capensis*) con las variables ambientales, conseguidos mediante 22 cruceros acústicos en el período 1978-1985, en que se observa que existe una relación entre la surgencia y la distribución de los reclutas, observándose que dicho fenómeno establece límites entre los distintos stock de la anchoveta (Cruickshank, *et al.* 1990).

Por otro lado, Cruickshank (1990), basado en el modelo de Harden Jones (1967), sostiene que los juveniles de anchoveta (post larvas) distribuida en Sud Africa (*E. capensis*) son transportados pasivamente desde la zona de desove al área de crianza.

Tradicionalmente el método de Análisis Secuencial de Poblaciones (ASP) ha sido el procedimiento utilizado para la estimación de la clase anual que se incorpora a la pesquería, siendo considerado como una estimación de tipo absoluta (Rosenberg *et al.*, 1992).

Una de las tendencias más modernas en el análisis del ciclo de vida de los recursos pesqueros, es aquella que se realiza mediante modelos poblacionales que incluyen información de la distribución y abundancia obtenida mediante métodos acústicos.

Entre las ventajas de las estimaciones mediante el método acústico, además de la independencia de la actividad pesquera realizada por la flota comercial, se puede mencionar la posibilidad de obtener resultados simultáneos con las condiciones ambientales asociados a los recursos, factores que juegan un rol fundamental para explicar el grado de éxito del proceso de reclutamiento. De este modo, las estimaciones con el ASP pueden ser mejoradas incorporando información proveniente de cruceros (Hilborn y Walters, 1992).



El método acústico para realizar la cuantificación del reclutamiento se ha aplicado con éxito en la pesquerías de anchoveta en Sudafrica y del herring en Noruega, utilizando una red de media agua para la pesca de identificación y para la obtención de las muestras necesarias para determinar la estructura de tallas de la población (Cruickshank, 1990; Cruickshank *et al.*, 1990; Hampton, 1987).

Existen otros métodos que utilizan información de la actividad de la flota cerquera industrial con el propósito de establecer un índice de reclutamiento como la fracción de recluta en la captura por una unidad de esfuerzo. Sin embargo, su aplicación en recursos pelágicos en los cuales el coeficiente de capturabilidad cambia en función de la densidad de los cardúmenes hacen poco aconsejable su utilización en términos de cuantificación absoluta del reclutamiento.

Biológicamente, la anchoveta presente en la costa del pacífico sur se caracteriza por su corta vida (alrededor de 5 años), con un importante potencial reproductivo, presentando desoves fraccionados durante todo el año. En el caso de la zona norte de Chile el desove se centra principalmente entre julio y septiembre, reclutándose a la pesquería en las estaciones cálidas, entre noviembre y marzo, existiendo una estratificación temporal y geográfica en el sentido latitudinal del proceso de reclutamiento, iniciándose en Arica, para finalizar hacia fines de febrero en Mejillones. La condición de reclutas se puede definir como aquellos ejemplares con longitud total entre 6 y 12 cm, siendo calificados como prereclutas aquellos individuos con tallas menores a los 6 cm y como reclutados a aquellos con una longitud superior a los 12 cm (Fisher, 1958; Einarson y Rojas de Mendiola, 1963).

Los resultados de las prospecciones acústicas realizadas en la zona norte (Castillo *et al.*, 1993; Braun *et al.*, 1994) indican que la anchoveta, en general, se distribuye principalmente en las cercanías de la costa, llegando ocasionalmente en los inviernos hasta las 60 mn. En los períodos estivales la anchoveta incrementa su presencia y



densidad en áreas costeras no superando las 30 mn, situación que se debe a la influencia de las intensas gradientes térmicas y salinas que se producen en zonas cercanas a la costa y que limitan por el oeste la distribución de esta especie (Castillo *et al.*, 1996).

Los antecedentes mas recientes sobre la distribución y el comportamiento de los reclutas se han conseguido en los proyectos FIP 94-35, 95-02, 96-02, 97-11 y 98-07, determinándose que el límite occidental de la distribución nocturna de los reclutas de anchoveta puede alcanzar hasta un máximo de 20 mn de la costa en sectores con una plataforma continental extensa (Córdova *et al.*, 1995), concentrándose principalmente en una franja costera que llega hasta las 3 mn de la costa y el establecimiento de un patrón migratorio de alta frecuencia de la anchoveta juvenil en el sentido este-oeste entre el día y la noche, observándose que diariamente se registra un movimiento hacia el oeste en el crepúsculo, regresando a la costa al amanecer.

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

Con respecto a los reclutas y su asociación con las condiciones ambientales, se ha determinado que los reclutas se sitúan preferentemente entre la costa y el borde interno de los frentes costeros, asociado a altos rangos de clorofila **a** y existiendo al igual que en la anchoveta sudafricana, una relación entre la distribución espacial de los reclutas y los sectores de surgencia (Castillo *et al.*, 1996, 1997 y 1998).



VI. METODOLOGIA

1. Zona de estudio y plan de muestreo

La zona de estudio se localizó entre Arica (18°22'S) y Antofagasta (23°26'S), desde la menor distancia de la costa posible determinada por las condiciones mínimas de seguridad en la navegación costera, llegando hasta el veril de los 25 m y alcanzando por el occidente hasta las 10 mn (**Fig. 1**).

El crucero de evaluación se realizó a bordo del B/I "Abate Molina" entre el 13 de enero y el 2 de febrero del 2000 época del pico principal de reclutamiento de anchoveta en la zona norte.

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

2. Metodología por objetivo

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

2.1.1 Muestreo acústico

Se aplicó un diseño de muestreo sistemático considerando que la distribución de los recursos es de carácter contagiosa y aleatoria con respecto a la posición de las



transectas (Shotton y Bazigos, 1984; Francis, 1984; Simmonds, 1984 y Simmonds *et al.*, 1991). Este tipo de muestreo es recomendado para obtener adecuada información sobre la distribución de los recursos (Mac Lennan y Simmonds, 1992) y se reduce la varianza del estimador cuando la información presenta una gradiente de densidad en el sentido de las transectas.

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

La evaluación acústica se realizó con el sistema de ecointegración 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 66 transectas nocturnas paralelas entre si y perpendiculares a la costa, sistemáticamente distribuidas con una separación entre ellas de 5 mn (**Fig. 1a**) y con una longitud de 10 mn. El muestreo oceanográfico, se



realizó mediante estaciones diurnas ubicadas sobre el track de navegación acústico cada tres transectas (15 mn) a 1, 5 y 10 mn de la costa.

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

2.1.2 Calibración del sistema acústico

2.1.2.1 Calibración electroacústica

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de 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 y repetidas en Mejillones antes del inicio de la prospección. El buque se fondeó con dos anclas por la proa y una por la popa (barbas de gato).

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

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



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

donde:

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

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

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

siendo:

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

donde:

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



2.1.2.2 Medición del TS *in situ* de anchoveta

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

- TS = intensidad de blanco (dB)
- σ = área dispersante (m²)

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

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

$$\sigma_j = L_j^2 10^{(-b_0/10)}$$



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

$$X_{ij} = N_j \exp(-S_{2i}/\sigma_j) - \exp(S_{1i}/\sigma_j)$$

$$M M_i = \sum_j X_{ij}$$

$$S = \sum_i ((\sum_n M M_i / \sum_n M M_n) - (M_i / \sum_n M_n))^2$$

siendo:

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

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

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

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

donde:

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



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

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

siendo:

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

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

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

2.1.3 Identificación de especies

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

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

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

$$S_v = \frac{CI V^2}{LD}$$



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

2.1.3.2 Pescas de identificación

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



2.1.4 Procesamiento de la información acústica

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

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

Las áreas prospectadas fueron medidas mediante un planímetro digital.

2.1.5 Estimación de la biomasa

2.1.5.1 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 (mn^2)
 \hat{R} = estimador de razón de densidad media por número de intervalos básicos de muestreo.
 \hat{C}_b = coeficiente de ecointegración ($t/mn^2/Sa$).

El coeficiente de ecointegración se calcula según:

$$C_b = \frac{(4 \times \pi \times 10^{\frac{75x}{10}})}{1000}$$

siendo la razón (\hat{R}) correspondiente a las lecturas acústicas del ecointegrador (S_a) 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 volumetrico 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:

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

donde:

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

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

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



donde:

$Y_{I(k \leq k_0)}$ = peso de los reclutas en donde $k_0 = 12$ cm.

Y_I = peso del total de la biomasa.

La biomasa en número de los reclutas se calcula según:

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

donde B^{\wedge} es la biomasa estimada en peso (t) y w es el pesomedio estimado de un ejemplar en el área.

2.1.5.2 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.



2.1.5.3 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:

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

La biomasa en peso a la talla se calcula según:

$$B_{(k)} = N_k a_l L_k^{b_l}$$

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)

2.1.6 Estimación de la Varianza

2.1.6.1 Varianza de la biomasa total

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 que sea insesgado ni consistente. Sin embargo, hay un amplio conjunto de estimadores aproximados que pueden ser usados con resultados razonablemente buenos, particularmente cuando la población en estudio no presenta periodicidad respecto a la selección de la muestra sistemática. En este contexto, se obtienen al menos tres estimadores alternativos de varianza $\hat{V}(\hat{B})$ estando el estimador para la varianza de la biomasa estimada (\hat{B}), expresado por:

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

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

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



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:

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

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:

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

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

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

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



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

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

donde:

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

siendo \hat{R}_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 Percentil Corregido (BC)

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

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

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

y donde,

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

siendo ϕ^{-1} la función inversa de la distribución normal estándar y Z_α 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:

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

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_{ϵ} 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_{ϵ} 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).

2.1.6.2 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:

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

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:

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



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:

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



donde:

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

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

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 utilizará 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.

Coeficiente de variación:

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



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

2.2.1 Distribución espacial de los recursos

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

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

donde:

I = intervalo de densidad.

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

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

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

A fin de analizar la posible estratificación por tallas en el sentido latitudinal y longitudinal, las estructuras de tallas de los lances de pesca se agruparon cada 30' de latitud y cada 3 mn en el sentido longitudinal.



2.2.2 Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento

A. Estaciones y datos oceanográficos

La información oceanográfica se recolectó mediante estaciones discretas dispuestas sobre el track acústico. Estas estaciones se realizaron cada 15 mn a 1, 5 y 10 mn de distancia de la costa durante las horas de luz diurna, completándose un total de 66 estaciones oceanográficas.

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

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

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

Las muestras para análisis de clorofila-a se obtuvieron desde las profundidades estándar mencionadas anteriormente. Las muestras se filtraron *in situ* con un sistema de filtrado múltiple, utilizando filtros de acetato de celulosa (Millipore, HA, 0,45 m, 47 mm de diámetro), o fibra de vidrio (MFS, GF75, 25 mm de diámetro) con un volumen de filtrado estandarizado en 50 mL. Las muestras se almacenaron a -20°C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl₂ para su posterior análisis.



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

La información de clorofila-a fué codificada y digitada georeferenciada por profundidad, confeccionándose mapas de distribución batimétrica para todas las transectas. Los resultados se expresan en mg/m³ o µg/L.

Para la adecuada representación de la estructura biológica de toda la columna de agua, se calcularon los valores totales de la biomasa fitoplanctónica en la columna de agua, integrando con interpolación lineal, usándose el promedio aritmético de muestras adyacentes para representar el promedio de la clorofila presente en el estrato entre muestras (Venrick, 1978). Este cálculo permitió representar la clorofila-a en unidades de área (mg/m²) y descarta la posibilidad de no representar adecuadamente los máximos sub-superficiales de biomasa fitoplanctónica, que se producen especialmente en período estival (primavera-verano).

B. Datos meteorológicos

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

- Temperatura del aire (bulbo seco y húmedo)
- Presión atmosférica
- Intensidad y dirección del viento
- Tipo y cantidad de nubes



- Visibilidad
- Altura y dirección de las olas.

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

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

$$M_x = t_y / f$$

donde:

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

2.2.3 Asociación entre las variables oceanográficas físicas y los reclutas

Se efectúa un análisis descriptivo entre las variables oceanográficas medidas y las agregaciones de anchoveta detectadas a la profundidad media.



Las variables oceanográficas temperatura, salinidad y oxígeno que determinen la distribución vertical de la anchoveta se analizan mediante histogramas de frecuencia de los cardúmenes (%) detectados en la correspondiente variable.

Se efectúa un análisis espacial de la distribución y abundancia del recurso anchoveta y de las variables bio-oceanográficas.

Desde el punto de vista del recurso, la zona de estudio se divide en estratos, uno corresponde al ocupado por los reclutas de anchoveta (ejemplares bajo la talla ≤ 12 cm) y el otro por adultos (ejemplares de talla > 12 cm); esta información proviene de la prospección hidroacústica y de los lances de pesca.

Desde el punto de vista de las variables bio-oceanográficas, la información proviene de 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 $\mu\text{g/l}$. Asimismo se estimaron los gradientes de las variables oceanográficas, para tal efecto se estableció una grilla con una cuadrícula de $10 * 10$ mn, donde el gradiente es la diferencia entre el valor mínimo y el máximo de cada cuadrícula.

Para efectuar el análisis espacial se emplearon los sistemas de información geográficos (SIG) TNTmips e Idrisi. La información de cada variable se separa en dos planos verticales, el primero considera la información proveniente de la capa superficial, el segundo plano es a los 50 m. Posteriormente se crearon los archivos vectoriales con la información de las variables a cartografiar, a continuación se realizó el mapeo de cada variable y cada plano, interpolando la información mediante el método kriging.



Para favorecer el estudio visual de las imágenes, éstas fueron reclasificadas 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 determinar la asociación entre la distribución de la anchoveta, adultos y reclutas, y las variables ambientales se estimó el coeficiente V de Cramer (Larson y Mendenhall, 1983) donde el rango varía entre 0 (indica la no existencia de asociación) y 1 (indica la asociación perfecta).

A fin de facilitar el análisis espacial el área de estudio se divide en dos estratos, uno correspondiente a los adultos y el otro a los reclutas, asimismo se divide en 6 subzonas (Tabla 2). Para efectuar esta separación se consideraron las áreas de influencias de los focos de surgencia descritos por Barbieri *et al*, (1995).

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

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

2.3.1 Muestreo de las capturas obtenidas con lances a mediagua

En cada lance en que se capturó anchoveta, se realizó un muestreo aleatorio simple tendiente a obtener la composición de tallas por clase y su peso medio a la talla. Los



datos se trataron como un diseño de muestreo bi-etápico, tomando como unidades de muestreo primaria a los lances y las unidades secundarias a una 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

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

donde:

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

a2. Estimador de la varianza de p_{hk}

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



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

donde:

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

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

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

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:

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



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

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

donde:

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

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

Los coeficientes de variación se calculan siguiendo el procedimiento siguiente:

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

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

Los intervalos de confianza se obtienen mediante la expresión:

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

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



2.3.2 Muestreo biológico

El muestreo de ejemplares de anchoveta 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.

2.3.2.1 Tamaño de la muestra

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

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 y pesos medios a la talla, se realizó el análisis de los datos a nivel de los lances por zona de pesca: Arica, Iquique y Antofagasta y se determinó las características de las estructuras de longitudes y pesos 4medios específicos.

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



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

donde:

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

2.3.2.2 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. Posteriormente, se ajustaron los modelos para cada zona de pesca, para la zona de estudio y para datos obtenidos en cruceros anteriores. A fin de conocer la significancia de las estimaciones, se plantearon las siguientes hipótesis entre zonas de pesca y entre los cruceros de la siguiente forma:

- H_0 = β_1 es igual a β_2
 H_1 = β_1 distinto a β_2



Para verificar si existían diferencias significativas entre zonas, se realizó un análisis estadístico tendiente a verificar específicamente la existencia de diferencias entre los coeficientes de regresión, utilizando los siguientes estadísticos:

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

donde:

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

y:

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

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

2.3.3 Índices de ocupación y abundancia relativa

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

en el momento de la prospección. Su cálculo se realiza según: $IC = \frac{k}{z} 100$



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

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

donde:

- k = número de observaciones acústicas con presencia de recurso
- z = número total de observaciones acústicas en el crucero.
- Sa_{ij} = lecturas acústicas en la i-ésima ESDU, según la norma internacional, de la j-ésima transecta
- C_b = factor de eointegración.
- IC = índice de ocupación (%)
- ID = índice de densidad en t/mn².



VII. RESULTADOS

1. Condiciones meteorológicas y oceanográficas durante el crucero RECLAN 0001. (Objetivo específico 2.2.)

1.1 Vientos

La intensidad media de los registros de viento obtenidos durante el desarrollo del crucero fue de 3,6 m/s (7 nudos) y el máximo de 9,6 m/s (18 nudos).

Del total de registros el 28 % de las mediciones correspondieron a calma y el 85 % de las mediciones fueron menores a 5 m/s (10 nudos). De acuerdo con el criterio que vientos menores a 5 m/s no causan una mezcla turbulenta en la capa superior (Simpson y Dickey, 1981), se puede definir que el período de muestreo se caracterizó por un periodo de intensidades de viento bajas. Por otro lado, el 95 % de los registros con un valor distinto de intensidad cero corresponden a vientos del 2º y 3º cuadrante, los que se consideran favorables para la surgencia.

Las estaciones que registraron una intensidad de viento superior a los 5 m/s son los sectores que comprenden la zona de Antofagasta a Mejillones y a las transectas 33 y 36, cercana a la latitud 21°S (fig. 3a).

Dado que no se tienen datos simultáneos de viento de la zona es difícil analizar esta información en una forma sinóptica. Si se asume que los vientos tienen una distribución homogénea en toda el área se puede indicar que los vientos muestran una variación en sus intensidades en forma de dos pulsos temporales de un ciclo de alrededor de 8 días. Cada pulso comienza con vientos intensos y desciende gradualmente.



Por otro lado, el análisis de promedios mensuales de intensidad del viento, obtenidos de estaciones meteorológicas, indican que se registran mayores intensidades en Antofagasta que en Arica e Iquique Castillo *et al.* 1999, por lo que los datos obtenidos durante el crucero se ajustarían a este esquema.

El índice de turbulencia (fig. 3b) presentó un valor promedio de $73 \text{ m}^3/\text{s}^3$ con un máximo de $794 \text{ m}^3/\text{s}^3$. Los mayores índices de turbulencia se encontraron, como era de esperar, en las estaciones realizadas en la zona comprendida entre Antofagasta y Mejillones y en las transectas 33, 36 y 39.

El índice de surgencia (Fig. 3c) presentó un máximo de $2677 \text{ m}^3/\text{s}$ por 1000 m de costa y el promedio encontrado fue de $357 \text{ m}^3/\text{s}$ por 1000 m de costa. Los mayores índices de surgencia corresponden también a las estaciones descritas anteriormente para los mayores índices de turbulencia e intensidad de viento.

1.2 Temperatura

Los valores de temperatura superficial (Fig. 4a) encontrados en la zona de muestreo durante el desarrollo del crucero varían entre los $15,3^\circ$ y los $22,50^\circ \text{C}$.

El máximo superficial se encontró a 10 mn frente a Tocopilla ($22^\circ 10'S$) mientras que el mínimo se registró en la estación de la milla frente a Punta Arenas ($21^\circ 40'S$). Del análisis general de las temperaturas se desprende que los valores más bajos se encontraron en el sector costero (1 a 5 millas de la costa) entre Arica y Pisagua, Caleta Patillos, Punta Arenas e inmediaciones de la Península de Mejillones.

El sector con las temperaturas más altas de toda la zona de estudio es el comprendido entre las latitudes $21^\circ S$ y $21^\circ 40'S$, donde se presentó un núcleo con valores de 20° a 21°C .



Los mayores gradientes térmicos presentes entre la costa y las 10 mn se registraron frente a Pisagua, Tocopilla y la península de Mejillones.

Los valores de anomalía térmica superficial (Fig. 4b), obtenidos sobre la base de los promedios históricos para un mismo periodo, muestran un enfriamiento general de la zona, que en el sector más costero alcanza hasta los -3°C . Valores de anomalías térmicas positivas se encuentran como focos y relacionados con las mayores temperaturas superficiales descritas anteriormente. El foco cálido de mayor superficie, que se encuentra pegado a la costa en el sector de los $21^{\circ}30'\text{S}$, correspondió a una anomalía positiva superior a los 2°C .

El levantamiento de las isotermas en las transectas 9, 33, 39 y 60 (Fig. 11), que corresponden a los sectores costeros con presencia de aguas más frías de la zona de estudio, tienden a sugerir la presencia de procesos de surgencia costera débil, lo que justificaría la presencia de los frentes térmicos superficiales encontrados (Fig. 4a).

En la vertical la temperatura decrece hasta un valor cercano a los 11°C a 300 metros de profundidad. El análisis de los registros verticales de temperatura de las otras transectas (Fig. 11) muestran una fuerte estratificación vertical, dando origen a termoclinas bien desarrolladas en los primeros 15 a 20 metros de profundidad con ausencia de alguna capa de mezcla.

En un sentido latitudinal, esto es a lo largo de las transectas paralelas a la costa a 1, 5 y 10mn (Fig. 6), la isoterma de 12°C presentó un levantamiento de 50 metros de norte a sur, lo que significa que hay menores temperaturas hacia el extremo sur en los niveles subsuperficiales. En estos mismos gráficos se observa que la base de la termoclina, representada por la isoterma de 15°C , se mantiene a una profundidad estable de 10 m en las estaciones de una milla, mientras que hacia el sector más oceánico, es decir a 5 y 10 mn de la costa, se presentan oscilaciones en su



profundidad, alcanzando los 25 y 30 metros, principalmente en las latitudes 19°10' S y 22°S (Tocopilla), los que corresponde a los sectores de mayor temperatura superficial.

La profundidad de la isoterma de 15°C (Fig. 5a) presentó en general en el área de estudio niveles batimétricos 10 a 20 m. La profundidad máxima observada para esta isoterma es de 30 metros en los sectores de mayor temperatura superficial ya descritos. En consideración con los promedios históricos, estos niveles batimétricos indican un levantamiento de la termoclina en 10 m como promedio sobre lo normal, en casi todo el área de estudio (Fig. 5b), excepto en los lugares donde se presentaron las temperaturas superficiales más altas y que son coincidentes con las anomalías térmicas positivas encontradas a este nivel.

1.3 Salinidad

El rango de salinidad superficial encontrado en el área de estudio varia entre los 34.47 y los 35 psu (Fig. 4c). En general los valores de salinidad aumentan de norte a sur y desde la costa hacia el sector oceánico.

Se observa la presencia de focos de salinidades bajas (< 34,7) y salinidades altas (> 34,7) asociados a temperaturas mayores a 19°C, los que se presentan en forma alternada de norte a sur. A este respecto el máximo salino, de 35 psu que se encuentra en el sector de las 10 mn frente a Tocopilla (22°10'S), corresponde a uno de los sectores de mayor temperatura superficial. El otro sector de alta salinidad relativa, ubicado en los 21°10'S se encuentra asociado también a temperaturas altas. Los focos más destacados de salinidad baja (34,4 y 34,6 psu) y que también están asociados a temperaturas altas, se ubican frente a la Península de Mejillones y en la latitud 21°25', respectivamente.



En la vertical (Figs. 7 y 12), los valores de salinidad están en el rango de 34,4 a $>34,8$. En general la salinidad subsuperficial presentó valores más altos hacia el norte, lo que se evidencia por un descenso de las isohalinas hacia el sur (Fig. 7). El núcleo de valores subsuperficiales más altos, esto es $> 34,8$ psu, está presente sólo en las transectas de 5 y 10 mn (Fig. 12), mientras que en la transecta de 1 mn paralela a la costa se encuentra solamente como una capa pegada al fondo. Valores subsuperficiales $< 34,5$ sólo se encuentran entre la latitud 23°S y el extremo sur del área de estudio.

En comparación a los registros históricos de salinidad superficial para el área y época de estudio se obtienen en general valores 0.1 psu más bajos (Fig. 4d). De este análisis también se desprende que en la costa los valores de salinidad superficial están menores en 0.2 psu, mientras que en los sectores asociados a las mayores temperaturas superficiales se presenta + 0.2 psu mayor.

1.4 Densidad

La densidad, expresada como sigma-t, tanto en superficie (Fig. 5c) como en la vertical (Fig. 8), está fuertemente influenciada por los cambios de temperatura. Los valores superficiales se encuentran en el rango de 24,0 a 25,6, asociados a los valores de temperatura superficial altos y bajos respectivamente (Fig. 5c). En la profundidad de 300 m la variable sigma-t alcanza un valor mayor a 26,6 (Fig. 8 y 13).

El levantamiento de las isopicnas ratifica los procesos de surgencia indicados para las transectas 9, 33, 39 y 60 (Fig. 13), los cuales son procesos débiles, y que comprometen a masas de agua del tipo AESS o ASAA, según se indicará más adelante.



1.5 Oxígeno

La distribución superficial de oxígeno disuelto (OD) (Fig. 5d), muestra un patrón de distribución en el que las concentraciones más altas, vale decir entre 8 y 11 ml/L, se localizaron entre las transectas 63 (Lat. 10°40'S) y 66 (Lat. 18°25'S). Esta situación esta asociada a zonas de muy alta concentración de biomasa fitoplanctónica (i.e. 10 a 30 µg/L) por lo que esta alta acumulación de OD obedecería a la acumulación propia de procesos intensos de fotosíntesis.

En el sector sur del área prospectada, es decir la zona entre las transectas 3 (Lat. 23°40'S) y 21 (Lat. 22°10'S) la concentración de OD estuvo en el rango de 5 a mayor de 6 ml/L. La zona de mayor concentración estuvo asociada a una alta concentración de biomasa fitoplanctónica (i.e. 1,5 a 5 µg/L) pero con una alta proporción de pigmentos degradados (i.e. 0,5 a 3 µg/L), esto podría ser asociado a que el oxígeno producido por esta población fitoplanctónica esta siendo utilizado en forma intensa por los procesos metabólicos en la columna de agua.

En el resto de la zona los valores de OD estuvieron en el rango de 5 a mayor o igual a 6 ml/L, con algunos indicios de procesos de surgencia, es decir valores de oxígeno inferiores a 5 ml/L, especialmente en Punta Argolla (Transecta 60, Lat. 18°55'S) y la zona aledaña a Caleta Patillos (Transecta 39, Lat. 20°40'S y 42, Lat. 20°25'S).

Para efectos de asociar las concentraciones de OD con las mayores agregaciones de reclutas y adultos de anchoveta, se seleccionaron aquellas transectas en las que se detectó las agregaciones más importantes y las transectas aledañas (Fig. 14).

Es así como en la zona norte correspondiente a las transectas 60 (Lat. 18°55'S), 63 (Lat. 10°40'S), donde se detectó las mayores agregaciones de reclutas de anchoveta, se observa que los valores de OD estuvieron en el rango de 4 a 10 ml/L en la



superficie, con un fuerte gradiente entre los 10 y 25 m. A esta última profundidad los valores de OD estuvieron cercanos a los 0,5 ml/L, típicos de sistemas subóxicos. En la transecta 66 (Lat. 18°25'S) la situación fue básicamente la misma, aunque los valores típicos de sistemas subóxicos, entre 0,5 a 1 ml/L, se profundizaron, pero el gradiente permaneció prácticamente en la misma posición batimétrica.

En la transecta 9 (Lat. 23°10'S) (Fig. 14), no se observó un gradiente de OD de importancia con una profundización significativa de los valores subóxicos, esto refleja que en esta transecta la dinámica es intensa, lo que permitió que incluso valores de hasta 4 ml/L lleguen hasta cerca de los 30 m de profundidad.

En las transectas 12 (Lat. 22° 55'S) y 15 (Lat. 22°40'S) (Fig. 14) la posición más somera, entre 5 y 10 m del gradiente solo se localizó entre 1 y 5 mn, para después profundizarse hasta cerca de los 30 m a las 10 mn. En las transectas 33 (Lat. 21°10'S), 36 (Lat. 20° 55'S) y 39 (Lat. 20° 40'S), es posible observar la presencia de fuertes gradientes entre los 5 y 10 m, con la sola excepción de la transecta 36 en la que la profundización de los valores subóxicos estuvo asociada a la presencia de un máximo subsuperficial. En estas transectas la presencia de anchoveta adulta fue predominante.

En el plano paralelo a la costa (Fig. 9) la distribución de OD indica la existencia de dos patrones de distribución, el primero corresponde a la zona sur del área prospectada en la que no se observa gradientes de importancia, hasta las cercanías de la transecta 18. Pasada esta zona se comienza a destacar la formación de un gradiente entre las transectas 24 hasta la 66, con la presencia más somera de la isolínea de 1 ml/L, la que llegó hasta los 25 m. Es importante destacar que este gradiente se intensifica entre las transectas 48 y 66 debido a que se está produciendo *in situ* una mayor cantidad de OD pero la profundidad de las isolíneas de 0,5 y 1 ml/L se mantiene casi constante.



A 5 mn de distancia de la costa se intensificaron los procesos de producción de OD *in situ*, formándose varios núcleos subsuperficiales, especialmente entre las transectas 48 a la 54, en el resto del área la situación es semejante a la de la primera mn.

A 10 mn la distribución del OD es más homogénea en toda el área prospectada, con gradientes suaves y las isolíneas típicas de sistemas subóxicos tienden a profundizarse, especialmente entre las transectas 3 a la 36. En esta zona ya no existe una prevalencia significativa de los frentes costeros por lo tanto no existen mecanismos físicos de retención de este gas, como si pudo ser observado en las estaciones realizadas a 5 mn.

En términos globales es posible indicar que la profundidad del máximo gradiente estuvo somera restringiendo la distribución de los organismos de altos requerimientos de OD en las cercanías de la superficie (0 a 10 m). En zonas con mayor dinámica la profundidad del mínimo de oxígeno tendió a hundirse significativamente. En las zonas en las que se detectó gradiente importante de temperatura, positivos o negativos, fue posible observar acumulaciones importantes de DO, con la presencia de núcleos subsuperficiales asociados a zonas de alta concentración de clorofila.

1.6 Masas de agua

En la zona de estudio y hasta una profundidad de 300 metros se deben identificar tres masas de agua, que son: **Agua Sub Antártica (ASAA)**, con valores de origen característicos de verano en temperatura 13°C, salinidad 33.8 psu, sigma-t 26.5 y oxígeno 6 ml/l; **Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS)**, con valores en su origen de 13°C, 35 psu, 26.5 en densidad y oxígeno < 1 ml/l; la tercera es **Agua Subtropical (AST)**, que tiene temperaturas típicas de origen de 23°C, 34,4 psu en salinidad, 24 en sigma-t y 5 ml/l concentración de oxígeno disuelto, respectivamente (Sievers y Silva, 1975, 1982; Silva y Konow, 1975).



Bajo estas condiciones los diagramas TS de las estaciones ubicadas a 1, 5 y 10 mn de la costa indican, efectivamente, la presencia de las tres masas de agua descritas (Fig. 10).

La AESS, con un valor típico 34.8 psu, 13°C y oxígeno disuelto <1 ml/l para estas latitudes, se encuentra fuertemente definida en los niveles subsuperficiales desde las 5 mn y se ubica principalmente desde los 25 m en norte y los 60 m en el sur hasta una profundidad de 250 m. En el sector costero se presenta como una capa pegada al fondo que se levanta en el extremo norte de la zona (transecta 60) y participa de procesos de surgencia con algún grado de mezcla con ASAA (Fig. 11 a 14).

La AST se encuentra a nivel superficial, primeros 15 metros, y que corresponde a los focos centrados en los 19°10', 21° y 22°10' de latitud sur y por fuera de las primeras 5 mn desde la costa. Esta masa de agua se encuentra mezclada con ASAA y dan origen a los sectores donde se registraron las mayores temperaturas y salinidades. Su mezcla con ASAA se observa del alejamiento de los valores de temperatura y salinidad característicos para esta masa de agua en los diagramas TS (Fig. 10).

La ASAA, por su parte, presenta en algunos sectores un grado de mezcla menor con AST, lo que hace subir su valor de salinidad a 34,6, pero aparentemente también a sufrido un calentamiento por radiación solar y que explicaría los valores de temperatura por sobre los 19°C con bajos valores de salinidad (34.5). La ASAA también se presentan en tres focos, los que están centrados en los 20°, 21°30' y los 23°20' S. En la zona costera, el agua que participa de la surgencia costera pertenece a la ASAA lo que se observa claramente en las transectas 9 y 33, sin embargo en la transecta 39 y 60 se observa una participación de AESS dando origen a menores temperaturas superficiales, mayor salinidad y menores valores de oxígeno disuelto en superficie. Este proceso de surgencia y la participación de las distintas masas de



agua se observan claramente en el levantamiento de las isotermas, isopicnas y también en las isolíneas de oxígeno.

1.7 Biomasa fitoplanctónica durante el crucero RECLAN 0001

1.7.1 Distribución de la biomasa fitoplanctónica superficial

Las concentraciones más altas de biomasa fitoplanctónica, medida como clorofila a (cloa), se midieron entre Arica e Iquique, con valores superiores a los 10 $\mu\text{g/L}$ en prácticamente toda la zona costera (Fig. 15), llegando a ser cercanas a 30 $\mu\text{g/L}$ en la transecta 66, con registros de fluorescencia *in vivo* (fliv) muy altos para la superficie, indicando un estado fisiológico óptimo de la población fitoplanctónica. Asociados a la presencia de gradientes térmicos significativos se encontraron las mayores concentraciones de cloa, con ausencia de concentraciones significativas de cloa en aquellas zonas dominadas por aguas de origen subtropical, vale decir temperatura mayor de 20°C y salinidades mayores de 35 psu.

Al sur de Iquique (Fig. 15) las mayores agregaciones de cloa se presentaron como núcleos bien definidos cercanos a la costa y en concentraciones inferiores a los 4 $\mu\text{g/L}$. Hacia las inmediaciones del río Loa, los valores de clorofila siempre son mayores de 1 $\mu\text{g/L}$, pero no llegan a ser tan altos como los observados en la zona norte del área prospectada. La distribución de valores superiores a 1 $\mu\text{g/L}$ en toda la extensión de las transectas, por ejemplo 18, 41, son evidencia de la intensificación de los patrones de circulación que transportan activamente el material particulado producido en la zona costera, esta misma dinámica no permite que la biomasa se acumule y este disponible para estadios de desarrollo temprano de larvas de peces pelágicos pequeños.



Entre Mejillones y el sur de Antofagasta (Fig. 15) los valores de cloa típicos de sistemas oceánicos oligotróficos (i.e. inferiores a los 0,5 $\mu\text{g/L}$), dominan prácticamente toda la zona prospectada, mientras que en aquellas áreas de alta producción se presentaron solamente en los bordes externos de los frentes térmicos.

Los productos de degradación de la cloa, medidos como feopigmentos (feop) (Fig. 15), solo se encontraron en concentraciones significativas (i.e. $>0,5 \mu\text{g/L}$) entre las transectas 3 y 30 (Lat. $21^{\circ}30'S$), con una franja de alta concentración, vale decir mayor de 2 $\mu\text{g/L}$, que se localizó en todas las estaciones costeras de las transectas mencionadas anteriormente. Entre las transectas 33 y 66, los niveles de feop solo llegaron hasta los 0,25 $\mu\text{g/L}$ en algunas zonas, con una extensión significativa de valores 0, la inexistencia de productos de degradación estuvo asociada a valores significativos de cloa y de fluorescencia *in vivo*. Esta baja concentración de feop o inexistencia de éstos en la zona norte, significa que en ésta área las poblaciones fitoplanctónicas se encontraban en un óptimo estado fisiológico. Por el contrario, en aquellas transectas en las que la concentración de feop fue similar a la cloa, significa que existen procesos intensos de degradación tanto por envejecimiento de la población como por pastoreo intensivo.

En términos globales la distribución de la cloa presentó el mismo patrón espacial descrito para años normales, con un incremento notorio en la concentración de biomasa especialmente en Arica, en donde se midió valores de cloa típicos de sistema eutrófico. Al mismo tiempo la presencia de fuertes gradientes térmicos en la zona permitió que la materia orgánica producida en el área permanezca y quede disponible como alimentación. Al mismo tiempo los valores de feop indican fuertes procesos de utilización de la materia orgánica asociada a las mayores agregaciones de adultos de anchoveta. Por el contrario, las mayores agregaciones de reclutas estuvieron asociados a indicadores cualitativos de producción primaria, que permiten deducir que



este estadio de desarrollo estuvo asociado a zonas en las que la producción biológica del área era óptima.

La clorofila integrada (cloint) se distribuyó en forma mas o menos semejante a la de la cloa superficial (Fig. 15) con valores mesotróficos (i.e. entre 50 a menores de 100 mg/m²) en toda el área correspondiente a las transecta 3 a 30. Desde la transecta 33 al norte los valores de cloint se incrementaron en forma significativa llegando a ser mayores de 100 y cercanos a 200 en prácticamente todas las estaciones entre 1 y 5 mn. Entre las transectas 60 y 66 los valores se incrementan a mayores de 200 mg/m², llegando hasta los 400 mg/m², estos valores integrados son típicos de sistemas hipertróficos y con una estructura homogénea en la distribución de la biomasa en la columna de agua hasta los límites de la zona fótica, aproximadamente entre los 25 y 50 m en la zona costera.

1.7.2 Distribución batimétrica de la biomasa fitoplanctónica

La cloa y los feop se distribuyeron, en términos globales, en forma homogénea entre la superficie y los 10 m (Figs. 16, 17) y limitados en su distribución vertical por la profundidad de la termoclina. Esta misma limitación fue observada en la distribución de otras variables tales como el oxígeno disuelto (ver oceanografía física). Es posible observar que los mayores núcleos forman gradientes significativos de cloa en toda la transecta, como es posible de observar en las transectas 57 a la 66, en las que los valores de cloa mayores de 1 µg/L se sitúan en toda la transecta, esta situación es diferente a lo que ha sido informado para la zona, ya que durante los años anteriores la distribución de los valores altos de cloa estuvo restringida a las primeras 5 mn (Osses, 1997, 1998,).

Bajo los 10 m de profundidad la biomasa fitoplanctónica disminuyó drásticamente llegando a ser inferior a 0,5 µg/L, con los desbalances típicos de la cloa respecto de



los feop, en zonas del mínimo de oxígeno disuelto (i.e $<0,5$ mL/L) en los que los productos de degradación llegan a ser uno o dos órdenes de magnitud superiores a los de la cloa (Fig. 17), esta desproporción es artificial y esta relacionada con problemas analíticos descritos en informes anteriores.

Cuando la columna esta dominada por la presencia de agua de origen subtropical (AST) en toda la zona eufótica, la posición del máximo de cloa se situó bajo los 25 m de profundidad, e inmediatamente sobre el máximo gradiente de densidad en la columna. Esta situación puede ser observada en las estaciones ubicadas a 10 mn de la costa. Otro efecto sobre la distribución espacial de la cloa, es el hundimiento de las cuñas de concentración relativamente elevadas de cloa (i.e. $> 0,5$ $\mu\text{g/L}$) que se originan en núcleos costeros de alta concentración, las que llegaron en esta ocasión hasta los 25 m en las transectas 9 (Lat. $23^{\circ}10'S$), 21 (Lat. $22^{\circ}10'S$) y 24 (Lat. $21^{\circ}55'S$). En cruceros realizados en años anteriores, esta distribución ha sido desplazada hasta los 30 ó 40 m de profundidad, especialmente cuando comienza la intensificación de la circulación de aguas más cálidas y salinas provocadas por "El Niño".

1.7.3 Distribución de la biomasa fitoplanctónica en forma paralela a la costa

La distribución de cloa y feop en forma paralela a la costa a las distancias de 1, 5 y 10 mn se presenta en las figuras 18 y 19. La distribución de los pigmentos presentó la misma situación descrita para la distribución perpendicular. Es decir, las mayores acumulaciones de cloa se observaron en las estaciones realizadas a una mn con valores en el rango 5 a 20 $\mu\text{g/L}$, con una par de valores excepcionalmente altos de 30 $\mu\text{g/L}$ en la transecta 66. La distribución batimétrica de estos altos niveles de cloa llegó hasta los 10 m, en promedio, aunque en algunos casos excepcionales llegó hasta los 25 m, como es el caso de la transecta 51.



A las 10 mn la concentración de cloa disminuyó significativamente con valores en el rango 0,5 a 2 $\mu\text{g/L}$, con una sola excepción de 5 $\mu\text{g/L}$ en la transecta 42. Esta profundización del máximo de cloa en esta transecta esta asociada a la presencia de masa de agua tipo AST, con valores inferiores a 0,5 $\mu\text{g/L}$, propios de sistemas oligotróficos.

Respecto de los feop, la distribución es muy parecida a la distribución superficial, con las mayores acumulaciones de productos de degradación entre las transecta 3 a la 27, al sur del área prospectada, el rango de concentración de feop estuvo entre 0,5 a 2 $\mu\text{g/L}$, los que se equiparan numéricamente a los valores de cloa. Esto significa que en esta zona en particular las actividades de pastoreo fueron mucho más intensas que en la zona norte, en donde se encontró los reclutas.

1.7.4 Asociación entre frentes costeros y la fluorescencia *in vivo*

La presencia de frentes costeros indujo acumulaciones significativas de biomasa fitoplanctónica en las cercanías de la zona costera lo que se tradujo en concentraciones significativas de cloa superficial e integrada (Fig. 20 y Tabla 3). Estos frentes costeros están configurados por incrementos significativos de temperatura ya sea positivos o negativos, con valores absolutos en el rango $> 0,1$ a $0,55$ $^{\circ}\text{C/mn}$. En el caso de los gradientes negativos estos están caracterizados por la presencia de un núcleo cálido pegado a la costa, el que tiende a enfriarse hacia el océano, provocando diferencias de densidad que inducen el mismo efecto de acumulación de partículas que los gradientes positivos.

Las zonas con los mayores gradientes térmicos se localizaron entre las transectas 6 (Lat. $23^{\circ}25'S$) y 9 (Lat. $23^{\circ}10'S$) y 48 (Lat. $19^{\circ}55'S$) y 66 (Lat. $18^{\circ}25'S$) (Figs. 21 a la 24). En las dos primeras el gradiente es positivo, en el rango 0,45 a $0,55$ $^{\circ}\text{C/mn}$ y provocó una acumulación de biomasa con registros de fliv entre 8 a 10 (unidades



relativas, UR). En las estaciones mas costeras de estas dos transectas los valores de cloa discreta e integrada fueron mayores de 1 $\mu\text{g/L}$ y mayores de 28 mg/m^2 , respectivamente. Esto significa que la biomasa fitoplanctónica se acumuló en los primeros 5 a 10 m de profundidad. El alto registro de fliv versus la baja concentración de cloa significa que la población fitoplanctónica estuvo en un óptimo estado fisiológico, lo que podría traducirse en un mayor flujo energético y de materiales en el ecosistema.

Al norte del área prospectada es posible encontrar gradientes negativos entre la transecta 48, con $-0,26\text{ }^\circ\text{C/mn}$, 54 (Lat. $19^\circ25'\text{S}$), con $-0,29\text{ }^\circ\text{C/mn}$ y 57 (Lat. $19^\circ10'\text{S}$), con $-0,31\text{ }^\circ\text{C/mn}$ (Figs. 20, 23 y Tabla 3), el campo de fluorescencia estuvo en el rango de 6 a 2 UR, con valores de cloa superficial de 8 y 19 $\mu\text{g/L}$ y cloa integrada de 267 y 149 mg/m^2 (Fig. 20), respectivamente. La estratificación de la cloa indicó que esta se situó entre la superficie y no mas allá de los 6 m. A pesar de la inversión en los valores del gradiente, el efecto de éste sobre la acumulación de biomasa fitoplanctónica es igual que los de valores positivos, aunque los negativos acumulan aparentemente mas biomasa fitoplanctónica pero este proceso no puede ser medido por la técnica de muestreo utilizada en este crucero. Los bajos registro de fliv versus la altísima concentración de cloa, significa que la población en esta área es senescente o que esta limitada en su crecimiento por la oferta ambiental de nutrientes, por lo que se trataría de una población que alcanzó su máximo desarrollo y esta en etapa de decaimiento. Los flujos energéticos asociados a estas poblaciones son muy bajos, por lo que aunque la biomasa sea alta su capacidad de producción es cercana a cero.

Entre las transectas 60 (Lat. $18^\circ55'\text{S}$), 63 (Lat. $18^\circ40'\text{S}$) y 66 (Lat. $18^\circ25'\text{S}$) (Fig. 24), la presencia de los frentes costeros estuvo asociada a gradientes de 0,21, 0,70 y $0,33\text{ }^\circ\text{C/mn}$, respectivamente (Tabla 3), con registros de fliv mayores de 6 UR. En el caso de transecta 66 también se registró un leve gradiente negativo cercano a la costa



pero se considero en este análisis al gradiente ubicado entre 6 a 7 mn de la costa, el que registró valores de fliv mayores de 10 UR, con valores de cloa entre la costa y las 5 mn de 10 a 30 $\mu\text{g/L}$, y entre 100 y 240 mg/m^2 . Los altos valores de fliv y cloa en toda la columna significa que la población fitoplanctónica esta en etapa de crecimiento exponencial, con un óptimo estado fisiológico. Lo que significa que la producción primaria desde el punto de vista cualitativo es continua y vigorosa.

1.7.5 Asociación de la biomasa fitoplanctónica con el campo físico

No obstante que en esta ocasión no se encontró ninguna asociación significativa entre la cloa superficial y la cloa integrada versus la temperatura (Fig. 25), si es posible indicar que, en términos generales, bajo los 19 °C se encontró los mayores valores de cloa.

Esto esta asociado a que en cada transecta muestreada se encuentran poblaciones fitoplanctónicas en distintos estadios de crecimiento, por lo que es difícil encontrar asociaciones lineales, pero si es posible indicar cual es el escenario mas apropiado para que se produzcan las mayores agregaciones de cloa. Cuando se agregan la información de los gradientes costeros y los valores de cloa superficial, integrada y fliv versus la intensidad de los frentes costeros, en °C/mn, (Fig. 25), tampoco es posible encontrar algún grado de asociación, pero no obstante si es posible indicar que para que la cloa se agregue en concentraciones significativas (i.e. > 1 $\mu\text{g/L}$) o que el registro de fliv sea significativo, el gradiente térmico no debe ser inferior a 0,1°C/mn.



2. **Biología Pesquera (Objetivo específico 2.3)**

2.1 **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. 2. En el área de estudio (Arica-Antofagasta) se efectuaron un total de 43 lances de pesca, obteniéndose en 20 de ellos (46,5%) capturas de anchoveta. El alto porcentaje de lances sin pesca y el hecho que se realizaran solo el 65% de los lances proyectados obedece al alto grado de agregación del recurso. Esta situación no afecta a los resultados de la componente de biología pesquera ni a la evaluación de la biomasa puesto que el muestreo correspondió a las zonas de distribución del recurso y representó adecuadamente la estructura de tamaños del stock detectado.

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. Respecto de este recurso, se determinó la estructura de tallas a 3.081 ejemplares. 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 anchoveta 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 4. Al respecto, la captura total alcanzó los 8.406 Kg de los cuales 7.231 Kg (86,0%) correspondieron a anchoveta y el resto a otros recursos. La captura por lance de anchoveta por lance presentó una alta variación, fluctuando entre los 0,9 – 2.819,9 kg/lance.



Los lances de pesca tuvieron una duración promedio de 41,4 minutos y se efectuaron en su mayoría entre la superficie y los 12 metros de profundidad (Tabla 5). El esfuerzo total desplegado fue de 14,5 horas y la velocidad de arrastre fluctuó con mayor frecuencia entre los 3,0-3,4 nudos, recorriéndose una distancia promedio de 2,4 millas/lance.

2.2 Determinación de la estructura de tamaños

En la zona de Arica se realizaron 4 lances exitosos, 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 (35,0% en número y 16,9% en peso), aunque también hubo lances con predominancia de individuos adultos, lances N°41 y 43 (Figs. 26 y 27). En esta zona se presentó una distribución bimodal, con modas en los 11,5 y 16,0 cm (Fig. 28). La mayor parte de los lances se efectuaron entre la superficie y los 5 m profundidad (referida a la posición de relinga superior de la red); el peso promedio para el total de individuos fue de 24,8 g y para la fracción recluta fue de sólo 12,0 g.

En la zona de Iquique se efectuaron 9 lances de pesca exitosos entre los 5-12 m de profundidad (Tabla 4). Los tamaños fluctuaron entre los 8,5 a 18,0 cm, presentándose un grupo principal con moda en los 15,5 cm, aunque también hubo presencia de ejemplares menores en los lances N° 25 y 28 (Fig. 26 y 27). El porcentaje de reclutas en número y peso fue 1,3 y 0,5 % respectivamente; el peso promedio del total fue de 28,0 g. y el de los reclutas de 10,7 g.

En la zona de Antofagasta se realizaron 7 lances de pesca exitosos entre los 5 y 10 m de profundidad (Tabla 4). Los tamaños presentaron una amplitud entre los 12,5 y 18,5 cm y una distribución bimodal, destacándose el grupo de ejemplares adultos con una moda principal en los 15,0 y una moda secundaria en los 17,0 cm (Fig. 28). El



porcentaje de reclutas en número y peso fue de un 0%. Para el total de ejemplares la longitud y peso promedio fue de 15,3 cm y 28,0 g, respectivamente.

En términos generales, en el área de estudio (Arica-Antofagasta) se realizaron 43 lances de pesca, capturándose anchoveta en 20 de ellos, cuyos tamaños fluctuaron entre los 8,5-18,5 cm (Fig. 28). La distribución de frecuencia de longitud ponderada por la captura de los lances de pesca fue bimodal, con un grupo de reclutas situado entre los 8,5-12,0 cm (1,9%) y un grupo principal con moda en los 15,0 cm (23,7%). El porcentaje de reclutas fue de 1,9 % en número y 0,8% en peso. El peso promedio de los reclutas fue de 11,9 g y del total de ejemplares de 27,9 g. La longitud promedio de los reclutas fue de 11,4 cm y la longitud promedio de los ejemplares fue de 15,3 cm.

2.3 Determinación de la proporción sexual

En la zona de Arica en la totalidad de los lances de pesca, se registró una proporción sexual de 46,9% de hembras, con una presencia mayoritaria de hembras en los ejemplares mayores a los 15,5 cm y machos a longitudes inferiores (Fig. 29). En esta zona de pesca predominaron los ejemplares indeterminados con un 59,6 %.

En los lances efectuados en la zona de Iquique, se presentó una proporción sexual de un 53,1%, predominando las hembras en los ejemplares de 12,5 cm y mayores a 16,0 cm, (Fig. 29). En esta zona de pesca disminuyeron los ejemplares indeterminados a un 7,6 %.

En los lances de pesca realizados en la zona de Antofagasta, la proporción sexual fue de 51,6 y predominaron las hembras a longitudes mayores a los 15,5 cm. La tendencia de la proporción sexual por tamaños, fue bastante similar a la observada en las zonas anteriores (Fig. 29). En esta zona de pesca no se registraron ejemplares indeterminados.



En términos globales, la proporción sexual de la totalidad de los lances de pesca realizados en el Crucero fue de un 51,7%, con una leve predominancia de hembras en ejemplares adultos mayores a los 16,0 cm, bajo esa longitud dominaron los machos. En la totalidad del crucero el porcentaje de ejemplares indeterminados fue de un 9,7%.

2.4 Determinación de los estados de madurez

En la zona de Arica, el 44% de los ejemplares se encontraba en un estado de inmadurez, el 24,1% de las hembras adultas se encontró en estado 5 (desovada) y el 8,8% en estado 3. (Fig. 30).

En la zona de Iquique, el 10,2% de los ejemplares estaban inmaduros. La mayor parte de las hembras se encontraron en estado 5 (73,5%) y los estado 2, 3 y 4 fueron de un 8,3, 3,3 y 2,4 %, respectivamente. En estado 6 se observó un bajo porcentaje de ejemplares (2,6%) (Fig. 30).

En la zona de Antofagasta, no se registraron ejemplares inmaduros; las hembras se encontraron mayoritariamente en estados 5 (63,2%) y en estado 2 (15,7%). En resto de los estadios se encontraron en los siguientes porcentajes, estados 3 (5,9%), 4 (1,4%) y 6 (13,9%) (Fig. 30).

En el área de estudio el 12,8 % de los ejemplares se encontraban inmaduros, y las hembras se encontraban mayoritariamente en estado 5 (59,4%) y en estado 2 (11,2%) (Fig. 30). Cabe señalar que se observó en las zonas de Iquique y Antofagasta un adelantamiento del proceso reproductivo con relación a la zona de Arica. Este resultado es diferente al patrón habitual en que el proceso reproductivo se manifiesta en sentido latitudinal, presentándose de norte a sur una disminución progresiva de los estados 5 (desove). Cabe mencionar que el índice gonadosomático de la anchoveta durante el mes de diciembre de 1999 es mayor al promedio del período 1987-99,



durante enero siguió alto el IGS=5,4, y el desove se detectó a través de los estadios de madurez en el crucero RECLAN0001 (Fig. 31).

2.5 Determinación de los pesos medios

La evolución de los pesos medios empíricos por longitud y zonas de pesca obtenidos en este estudio se observó en la Fig. 32. En la Tabla 5 se entrega la misma información comparada con los cinco cruceros anteriores y en la Tabla 6 los parámetros estadísticos de regresión.

Al respecto, se puede constatar un alto grado de ajuste en todos los modelos determinados para la relación longitud-peso de anchoveta ($R^2 > 0,90$). Por otra parte, al comparar las pendientes de regresión por zonas de pesca, se observan diferencias significativas en las tasas de crecimiento relativo, siendo menor en la zona de Iquique. Esta situación también se presentó en los cruceros anteriores. Pero la zona de Antofagasta generalmente registra una menor tasa de crecimiento.

Cabe destacar que los ejemplares presentaron, un peso promedio mayor a los observados en cruceros anteriores en todo el rango de longitudes. Dicha situación se asocia con cambios en el ecosistema pelágico que han incrementado la oferta alimentaria y está favoreciendo el crecimiento somático de los peces (Tabla 4, columna 5, 7, 8, 9, 10 y 11).

Es así como el factor de condición de la anchoveta en los distintos casos considerados, medido por medio de los interceptos de las relaciones longitud-peso, muestra notables diferencias entre el presente crucero RECLAN0001 y los anteriores ($\text{PESO}=0,007606 L^{3,004921}$) con crecimiento isométrico y los anteriores RECLAN9811 ($\text{PESO}=0,00684828 L^{3,05293858}$), RECLAN 9801 ($\text{PESO}=0,00851079 L^{2,887327}$) y 9611 ($\text{PESO}=0,007625 L^{2,975728}$). Para una misma talla, los peces muestreados tuvieron un



mayor peso, lo cual implica una recuperación del ecosistema pelágico respecto a la producción biológica después del evento El Niño 1997-98.

Durante el presente Crucero RECLAN 0001, los peces tuvieron un mayor peso respecto a cruceros anteriores; esto no puede atribuirse exclusivamente a diferencias en los estadios de madurez, debido que los ejemplares desovados en estado 5 fue de un 60%. Durante el RECLAN 9811, se registró en estado 5 el 40% de los ejemplares y en RECLAN 9611 el 61% (Barría, 1997).

3. Estimación del reclutamiento en peso y número (Objetivo específico 2.1)

3.1 Calibración del sistema acústico

3.1.1 Calibración electroacústica

La calibración electroacústica del sistema científico SIMRAD EK-500 en las frecuencias 38 y 120 KHz, se realizó en Valparaíso y se repitió en Mejillones antes del inicio de la prospección, los resultados de estos trabajos muestran valores de ganancia del transductor para medición de fuerza de blanco (TS) e eointegración (Sv), en el rango de lo registrado en anteriores calibraciones (Tabla 7 y 8).

Los valores alcanzados en la frecuencia de 120 khz son considerados referenciales para el análisis histórico del funcionamiento del sistema.



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

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

Del total de lances en que se recolectó la información del TS, se seleccionaron 16, considerando principalmente que las capturas estuviesen compuestas en forma mayoritaria por anchoveta y que los TS recolectados se presentaran en rangos esperados para la especie, teniendo presente las ecuaciones TS/L disponibles, también se rechazaron aquellos TS que evidentemente provinieran de ecos múltiples, finalmente se consideraron 25 pares de datos, dado que en algunos casos la distribución de tallas fue multimodal.

Los TS modales seleccionados según el método del PDF, variaron entre -53,5 y -48,0 dB, mientras que las longitudes totales de anchoveta, pareadas con dichos TS y consideradas en los experimentos fluctuaron entre 10,5 y 18,0 cm.

En las Fig. 33 a 37 se presentan los histogramas de los TS y de las respectivas tallas de las anchovetas utilizadas en el ajuste final de la ecuación de regresión.

Con los datos de TS obtenidos con el pulso medio (1,0 ms) y filtrados según el método del PDF, pareados con las respectivas tallas de anchoveta, se ajustó la ecuación de regresión mediante el método de los mínimos cuadrados (Fig. 38).

La ecuación obtenida mediante este procedimiento fue:



$$TS = 22,04 \text{ Log } (L) - 75,72$$

$$R^2 = 0,859$$

$$N = 25$$

La ecuación estandarizada al modelo general fue:

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

La relación TS/L ajustada en el presente caso constituye el mayor valor alcanzado en los experimentos realizados hasta la fecha, siendo 0,16 dB mayor que las obtenidas por Castillo *et al.*, 1997 ($TS = 20 \text{ Log } (L) - 73,42$) y 0,22 dB que la relación obtenida por Castillo y Espejo 1998 ($TS = 20 \text{ Log } (L) - 73,58$), la diferencia se incrementó a 0,52 dB respecto a la alcanzada en RECLAN 9911 por Castillo y Espejo (1999) (Fig. 38).

Un factor que podría explicar las diferencias entre las relaciones ajustadas, aún cuando estas pueden ser consideradas dentro de rangos aceptables, son las variaciones en el rango de tallas de las anchovetas que se consideraron en los distintos experimentos.

Es así como las anchovetas consideradas en el ajuste de la relación funcional del presente caso, fueron representadas mayoritariamente por peces entre 13,5 y 18 cm (20 datos) y con una menor presencia en las tallas entre 10,5 y 11 cm (5 datos). Es así como las tallas de la anchoveta medidas en el experimento RECLAN 9811 variaron entre 6,5 y 16,5 cm, siendo comparable al rango medido en RECLAN 9611, que fluctuó entre 7 y 17,5 cm (Castillo *et al.*, 1997), mientras que en RECLAN 9801 (Castillo y Espejo, 1998) varió entre 10 y 16,5 cm.



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

Aún cuando a una misma talla, las anchovetas del RECLAN 0001 (PESO = $0,00760616 L^{3,004921436}$) presentaron pesos levemente inferiores a los registrados en RECLAN 9811 (PESO = $0,00684828 L^{3,05293858}$), hecho que se incrementó al comparar con los obtenidos en RECLAN 9611 (PESO = $0,007625 L^{2,975728}$) y siendo aún mayores las diferencias con RECLAN 9801 (PESO = $0,00851079 L^{2,887327}$) que debido al evento El Niño 1997-98 presentó los menores pesos de la serie considerada (Fig. 38). El mayor peso y la mayor talla de los ejemplares calibrados en RECLAN 0001 influyeron sobre los parámetros de la regresión de calibración ajustada.

El mayor volumen de las gónadas registrados en los estados de madurez 2 y 3, reducen el espacio abdominal provocando presión sobre la vejiga gaseosa, disminuyendo su volumen y por esta razón afectando la respuesta acústica del pez. Al respecto se debe tener presente que la vejiga gaseosa refleja el 90% de la energía acústica (MacLennan and Simmonds, 1992) por lo que una reducción en su volumen afecta de manera importante al eco de los peces, lo que podría explicar el menor TS obtenido en RECLAN 9811. Resultados similares han sido encontrados en estudios de variación del TS del arenque del mar del norte realizados por Ona y otros investigadores Noruegos, constituyéndose en una línea de investigación que pueden aportar mayores elementos para explicar las variaciones en los TS de los peces (Ona, comunicación personal).

En el presente caso, las anchovetas presentaron estados de madurez típicos para la época dominado por el estado 5, situación similar a lo observado en los cruceros 9601, 9611 y 9801, por lo que se redujo la influencia de este factor sobre los valores obtenidos en el TS.



Lo anterior en ningún caso invalida los resultados obtenidos con los métodos acústicos, puesto que la calibración debe incluir las distintas características biológicas de los peces (talla, estado de madurez, profundidad de distribución, características y tamaño de la vejiga gaseosa – fisóstomo o fisosclito), debiendo cuidarse que en la aplicación del método de calibración se tenga presente y se cuantifique el posible efecto de cada factor sobre la respuesta acústica de los peces.

Al comparar la ecuación estandarizada ajustada en el presente experimento con los resultados disponibles de otros autores, se observa que es alrededor de 1,46 dB menor respecto a la ecuación para fisóstomos o clupeidos $TS = 20 \text{ LOG } L - 71,9$ ajustada por Foote (1986).

Barange (1994) informa para la anchoveta del Cabo (*Engraulis capensis*) un TS de -57,84 y -57,73 dB para peces de tallas 7,5 y 7,34 cm, respectivamente, valores que son alrededor de 1,9 a 1,6 dB inferiores a los obtenidos con la ecuación determinada en el presente trabajo para las mismas tallas. Barange *et al.* (1996) informa para la misma especie un $b_{20} = -76,1$ valor que es alrededor de 2,7 dB menor al alcanzado en el presente estudio.

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

3.2 Estimación de la biomasa

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



- $TS = 20 \text{ LOG (L)} - 73,36$.
- $PESO = 0,00760616 L^{3,004921436}$

Para el estimado de biomasa general, se consideró un factor de eointegración (C_b) de $0,19995 \text{ t/mn}^2/\text{Sa}$, deducido desde:

$$TS = -49,8 \text{ dB}$$

$$L = 15,0 \text{ cm (valor modal proveniente del total de lances de pesca).}$$

$$w = 26,02 \text{ g}$$

$$TS_{kg} = -33,95 \text{ dB/kg}$$

$$\text{Area} = 1.985 \text{ mn}^2$$

3.2.1 Método tradicional

La biomasa de anchoveta alcanzó a 306.655 t (Tabla 9), con una densidad promedio de $154,5 \text{ t/mn}^2$. La biomasa de anchoveta presentó una clara estratificación espacial concentrándose alrededor del 52,3 % entre Arica y punta Argolla con una densidad promedio de $337,3 \text{ t/mn}^2$.

La proporción de reclutas se determinó desde la relación entre la biomasa estimada con el método de las tallas de los individuos menores a 12 cm respecto al total. Esta proporción se aplicó a los estimados de la biomasa con los métodos tradicional y geoestadístico.

De este modo la fracción reclutas de anchoveta en peso, alcanzó a 107.268 t (34,98%), registrándose la mayor concentración de ellos en el sector entre el sur de Arica hasta punta Argolla, donde se concentró el 41,6% de la biomasa total estimada para la zona.



La abundancia total alcanzó a 11.785,4 millones de ejemplares y la fracción reclutas fue de 6.470,2 millones de ejemplares.

3.2.2 Método geoestadístico y descripción de las estructuras

En el área prospectada se encontró el 88,12 % de las ESDU con valores 0. El polígono de distribución de la anchoveta consideró 603 ESDU, que corresponde al 33,31 % de la ESDU's totales, y equivale a una superficie de 1.404 mn².

El variograma omnidireccional ajustado no presentó efecto de pepita y muestreo una macroestructura a 1 mn (Fig. 41), que se consideró en el modelo ajustado para la estimación de la varianza.

La biomasa total estimada con el método intrínseco, usando la diferencia de los cuadrados de la teoría de las variables regionalizadas, restringido al polígono de distribución de la anchoveta fue de 296.584 t (Tabla 10).

3.2.3 Método de las tallas

La biomasa de anchoveta estimada según el método de las tallas, para toda la zona de estudio alcanzó a 274.111 t (Tabla 11), con una densidad promedio de 138,1 t/mn². La biomasa de los ejemplares inferiores a los 12 cm (reclutas) alcanzó 95.873 t (Fig. 39).

La abundancia total se estimó en 15.759,18 millones de ejemplares, de los cuales el 54,9% correspondieron a ejemplares menores a 12 cm (8.656,28 millones de ejemplares).



3.2.4 Precisión de los estimados de biomasa

Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de la biomasa total de anchoveta varió entre 0,18 y 0,37 según el método de estimación utilizado (Tabla 9), registrándose la mayor precisión con el método de las variables regionalizadas (geoestadístico) y el de los estratos agrupados, expresándose en errores del 30 y 48,6%, respectivamente.

La fracción reclutas registró CV levemente superiores a los señalados para el total, variando entre 0,21 y 0,38, siendo los menores CV los alcanzados con el método geoestadístico (0,21) y de los estratos agrupados (0,31).

3.3 Distribución espacial de los recursos

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

Las lecturas acústicas totales alcanzaron a 621.042 Sa concentrándose alrededor del 63% de las lecturas acústicas totales del crucero entre las intertransectas 59-60 (159) y las transectas 60 y 66 (Fig. 40).

3.3.1 Anchoveta

En la zona de estudio la anchoveta se distribuyó entre Arica a Pta. Argolla (18° 50' S) y Sur de Pisagua a Bahía Mejillones (Fig. 41). Las mayores concentraciones del recurso se ubicaron preferentemente en el sector costero dentro de las primeras 3



millas de la costa. En este sentido, los sectores de alta densidad (sobre 300 t/mn²) se registraron a 2 millas de Hornitos (23° 00' S) y entre Arica a Pta. Argolla, caracterizado por la presencia de agregaciones tipo estrato. Entre caleta Patillos y norte de Tocopilla, los niveles de agregaciones estuvieron entre 151 a 300 t/mn².

En cuanto a la distribución latitudinal en la zona 1 (entre las latitudes 18°30' S y 19° S) encuentra la más alta densidad de anchoveta, esta área aporta con un 65,7% de la densidad de la anchoveta, de los cuales dos tercios corresponde a los reclutas. En la zona 2 (19° a 20° 10'S) la anchoveta se encuentra prácticamente ausente, en las zonas 3 y 4 alcanza densidades intermedias y en las zonas 5 y 6 las densidades son bajas (Fig 42). Sin embargo, el análisis estadístico no permite detectar una diferencia significativa entre las densidades de la anchoveta adulta entre las zonas ($F_{zona}=2,3$, $p>0,05$).

En el sentido latitudinal se aprecia una clara estratificación de los juveniles de anchoveta hacia el sector entre 18°30'S y 19°00'S, en que se registró una distribución bi-modal en las tallas con un longitud modal ($L_m = 11,7$ cm), el sector ubicado entre 20°30'S -21°00'S también registró una distribución multimodal pero con una longitud modal (L_m) de 14,7 cm, en todos los demás sectores la estructura de tallas tendió a ser unimodal con valores entre 15,6 y 14,9 cm (Fig. 43). En el sentido longitudinal se observa que las tallas menores presentaron una leve tendencia a ubicarse en el sector comprendido entre 3-6 mn de costa, respecto a los sectores 0-3 y 6-10 mn, con la excepción del sector comprendido entre los 20°30'S-21°00'S en que los peces de mayor talla se localizaron en áreas más oceánicas (Fig. 44 y 45). El análisis estadístico permite detectar una diferencia significativa entre las densidades de la anchoveta adulta entre las zonas ($F_{zona} = 2,98$, $p<0,05$).

Considerando la estructura de tallas obtenidas mediante los lances de pesca a mediagua y de acuerdo a la distribución espacial de la anchoveta, los juveniles inferiores a 12 cm de talla se ubicaron solo en dos sectores: desde Arica a punta

Argolla, caracterizada por concentrar sobre el 80% de los reclutas de todo el crucero y con los mayores niveles de agregación del crucero; y desde caleta Patillos al paralelo 21° S, donde se registró el 30% de los reclutas y con niveles de agregación menos que medio (Fig. 46).

Batimétricamente, la anchoveta se localizó en los primeros 10 m de profundidad (Fig. 47), asociado a las isotermas entre 13 y 20°C, registrándose sobre el 80% de los cardúmenes entre los 14 y 16°C. Las isohalinas que limitaron la distribución vertical de la anchoveta variaron entre 34,4 y 34,8 psu, con el 80% de los cardúmenes entre los 34,5 y 34,6 psu. Las oxiclina en que se registró la presencia de anchoveta fluctuó entre el mínimo (0 ml/l) y 11 ml/l, pero detectándose preferentemente entre los 4 y 6 ml/l.

3.3.1.1 Descripción de la distribución de anchoveta adulta respecto a las variables hidrográficas.

- **En relación con la temperatura**

A. Superficial

La imagen de la temperatura superficial del mar (TSM) muestra que en el área se presenta TSM desde 15 °C hasta 23 °C (Fig. 48).

En la Fig. 49 a se observa que la TSM superficial promedio por zona presenta un gradiente latitudinal positivo hacia en sur, las temperaturas promedio son mas bajas en el norte del área de estudio con 17° C en la zona 1, esto es debido a la mayor presencia de aguas surgentes en el norte del área de estudio. La TSM promedio máxima es de 19°C, esta se alcanza en la zona 4 (21° - 21° 50'S) donde existe una presencia de aguas cálidas costera.



En relación a la distribución de anchoveta y la TSM se observa que esta se presenta entre los 16°C y los 22°C, con una moda de 18 °C en la zona 3, una moda de 19°C en las zonas 1, 2, 5 y 6 y una moda de 21°C en la zona 4, donde se presentaron las TSM más elevadas (Tabla 12).

B. A 50 m de profundidad

En la imagen se observa que a 50 m (TM_{50m}) que el rango de la temperatura del mar es de 11 °C a 15°C, asimismo se apreció que los valores mas altos se encuentran en la misma área donde se presentaba la TSM superficial.

La TM_{50} por zona presenta un gradiente latitudinal con una suave pendiente decreciente de norte con valores promedio de 13,1° C a 12,9 ° C por zona (Fig. 49).

• En relación con la salinidad

A. Superficial

La imagen de la salinidad superficial del mar (SSM) muestra que en el área se presenta desde 34,4 psu hasta 34,9 psu (Fig. 49).

En la Fig. 49 se observa que la SSM superficial promedio por zona presenta un fuerte gradiente latitudinal negativo hacia en sur, en la zona 1 alcanza la 34,76 psu mientras que en la zona 6 sólo 34,59 psu.

En relación a la distribución de anchoveta y la SSM se observa que esta se presenta entre 34,4 psu hasta 34,7 psu. En la zona 1 se encuentra solamente en 34,7 psu, mientras que en las zonas las 2, 3 y 6 el recurso se distribuye en un rango estrecho de salinidad, entretanto en la zona 4 el rango es más amplio de 34,4 a 34,7 psu (Tabla 12 b).



B. A 50 m de profundidad

En la imagen se observa que la salinidad del mar a 50 m (SM_{50m}) muestra valores mas altos que la superficial y una distribución más homogénea (Fig. 49 d). En efecto, se observa un gradiente latitudinal negativo hacia el sur, pero con una suave pendiente, en la zona 1 la SM_{50m} promedio es de 34,8 psu y en la zona 6 de 34,71 psu (Fig. 50 f).

• En relación con el oxígeno

A. Superficial.

La imagen de la oxígeno superficial del mar (OSM) muestra que en el área se presenta desde 3 ml/l hasta > 15 ml/l (Fig. 51 a).

En la Fig. 51 a se observa que el OSM superficial promedio por zona presenta un gradiente latitudinal negativo hacia en sur, entre la zona 1 (con 8,05 ml/l) y la zona 3 (con 6,8 ml/l) (Fig. 50c), posteriormente se presenta un comportamiento análogo entre las zona 4 (con 8,0 ml/l) y 6 alcanza (con 7,05 ml/l).

En relación a la distribución de anchoveta y el OSM se observa que esta se presenta en un amplio rango entre 4,5 y 13,5 ml/l (Tabla 12 c). En la zona 1 el 48% del recurso se presenta en aguas donde el oxígeno es \geq a 10,5 ml/l. En las zonas 2 y 5 la mayor presencia de anchoveta se encuentra en áreas donde el oxígeno es superior \geq a 7,5 ml/l. En la zona 4, donde se encontraba la TSM promedio más alta y el rango de salinidad más amplio el 52,9 % de la anchoveta también se encuentra en áreas donde el oxígeno es superior \geq a 7,5 ml/l. Mientras que en la zona 6 este se concentra en los 6,0 ml/l (Tabla 12 c).



B. A 50 m de profundidad

En la imagen se observa que el oxígeno del mar a 50 m (OM_{50m}) muestra valores más bajos que el superficial, entre 0,1 y 4,5 ml/l y una distribución más homogénea (Fig. 50 c y 51 b).

Se observa un gradiente latitudinal negativo hacia el sur, el valor mas alto se alcanza en la zona 1 con OM_{50m} promedio 2,3 ml/l, mientras que el mas bajo se muestra en la zona 5 con sólo 0,5 ml/l (Fig. 50 g y 51 b).

- **En relación con la densidad agua**

A. Superficial

La imagen de la densidad superficial del mar (DSM) muestra que en el área se presenta desde 24,0 sigma-t I hasta 26,0 sigma-t (Fig 50 d y 51 c).

En las Figs. 50 d y 51 d se observa que el DSM promedio es homogénea entre las zonas 1 a 3 con un valor de 25,1 sigma-t, en la zona 4 este disminuye a 24,7 sigma-t mientras que en las zona 5 y 6 en cercano a 25 sigma-t.

En relación a la distribución de anchoveta y el DSM se observa que esta se presenta en un amplio rango entre 24,00 y 26,00 sigma-t. En el área norte de la zona de estudio que corresponden a las zonas 1, 2 y 3 mas del 75% de la anchoveta se presenta en aguas con una densidad superior a 25,25 sigma-t. Mientras que en el área sur (zonas 4, 5 y 6) donde las aguas eran más cálidas, salinas y con menor presencia de oxígeno en recurso se encuentra en densidades más bajas (Tabla 12 d).



B. A 50 m de profundidad

En la imagen se observa que la densidad del mar a 50 m (DM_{50m}) una distribución homogénea (Fig. 50 h y 51 d) entre 25,75 y 26,5 sigma-t, la DM_{50m} es más altas que en la capa superficial (Tabla 12 d).

- **En relación con la clorofila “a” integrada**

La clorofila-a integrada (cloa) se presentó desde 0,1 $\mu\text{g/l}$ hasta valores superiores a 120 $\mu\text{g/l}$ (Fig. 52).

En la Fig. 50i se observa que la cloa promedio alcanza su máximo en la zona 2, con 160 $\mu\text{g/l}$ decreciendo en forma latitudinal hacia el sur del área de estudio donde se encuentran los valores más bajos.

En relación a la distribución de anchoveta y la cloa se observa que esta se presenta en un amplio rango entre 0,1 $\mu\text{g/l}$ a valores superiores 100 $\mu\text{g/l}$ (Tabla 12 c). En la zona 1 el 51% del recurso se presenta en aguas donde la cloa es \geq a 80 $\mu\text{g/l}$. Entre las zonas 3 y 6 las zonas no se presentó cuando la cloa era inferior a 19,9 $\mu\text{g/l}$ (Tabla 12 e).

- **En relación con la termoclina**

En la Fig. 53 se muestra la posición batimétrica inicial y final de la termoclina en el sentido latitudinal y longitudinal en los tres sectores en que se dividió el área: 1) entre la costa y 3 mn (sector costero), 2) entre las 3 y 6 mn (sector intermedio) y 3) superior a 6 mn (sector oceánico).



En el sector costero, el inicio de la termoclina se presenta entre los 5 y 10 m, con la excepción del área situada entre los 20° 10'S y 20° 40'S, mientras que el límite inferior se presenta a los 22 m. En el sector intermedio, el inicio de la termoclina se presenta también entre los 5 y 10 m, entre tanto el límite inferior se ubica a los 33 m. En el sector oceánico, el inicio de la termoclina se presenta entre los 5 y los 11 m, mientras que el inferior se alcanza entre los 8 y los 47 m (Fig. 53).

En la columna de agua la anchoveta se sitúa entre la superficie y los 22 m de profundidad. Un análisis entre la posición batimétrica del recurso y la termoclina permite señalar que el 69 % de la anchoveta se sitúa dentro de los límites superiores e inferiores de la termoclina, que el 18,1 % de los ecotrazos correspondiente a la anchoveta presentan una porción de la agregación sobre el límite superior de la termoclina y el 9,7% en el inferior. Sólo el 1,9% y el 1,4% de las agregaciones se presentan arriba o abajo de la termoclina (Tabla 13).

El análisis entre la altura de la termoclina (distancia entre límite inferior y superior en metros) y la densidad de la anchoveta (en t/mn) muestra que existe una asociación poco significativa ($r = - 0,073$), tampoco se manifiesta una asociación entre la altura de la termoclina (en m) y la altura de los ecotrazos (en m) el $r = - 0,186$.

En la Fig. 54 se muestra la cartografía de la distribución espacial de la anchoveta y de las isóneas del límite inferior de la termoclina. El análisis en conjunto de la distribución horizontal y vertical de los reclutas de anchoveta permite indicar que estos se presentan en áreas donde la altura de la termoclina no supera los 10 m y las isóneas están cerradas.



3.3.1.2 Asociación entre la distribución de reclutas y adultos de anchoveta y las condiciones bio-oceanográficas, mediante SIG.

La distribución horizontal de la anchoveta se asoció moderadamente con las variables ambientales de superficie ($I_{cr} \geq 0,3$) TSM y cloa, excepto en la zona 6 en donde estas fueron bajas. (Tabla 14).

Respecto a la salinidad se encuentran relaciones moderadas con la distribución de anchoveta en las zonas 2, 4 y 5, mientras que en caso del oxígeno estas se presentan en las zonas 1 y 4. En el caso de la densidad en las zonas 2 y 4 (Tabla 14).

Se empleó un enfoque multivariado para analizar la asociación de variables ambientales y sus correspondientes gradientes que determinaron la densidad de anchoveta. Se estimó la matriz de correlación entre casi todas las variables (TSM, salinidad, oxígeno y densidad existía una correlación casi perfecta, la excepción la presentó la clorofila a (Tabla 15).

Se determinó la relación funcional entre las variables ambientales y la densidad de anchoveta mediante una regresión múltiple, se consideró en forma separada la anchoveta adulta y los reclutas. Para los adultos el modelo ajustado tiene un $R^2=0,7839$ ($F = 14,753$, $p < 0,05$), este considera las siguientes variables: el gradiente de la TSM ($t = 6,243$, $p < 0,05$), la TSM ($t = - 2,140$, $p < 0,05$) y la gradiente de la clorofila integrada ($t = - 2,210$, $p < 0,05$). Para los reclutas se obtuvo un modelo con un ajuste mas bajo, con un $R^2 = 0,358$ ($F = 2,874$, $p = 0,068$), las variables consideradas en el modelo son el gradiente de la TSM ($t = 2,352$, $p < 0,05$), la TSM ($t = - 2,388$, $p < 0,05$).

3.3.1.3 Índices de Ocupación y Densidad de anchoveta

Los Índices de Densidad y Ocupación, calculados en base a ESDU's de 0,5 mn, considerando las intertransectas costeras, indican que la anchoveta ocupó el 22,3 %



del área, registrándose en 179 ESDU's (Tabla 16), mientras que el ID alcanzó a 697,6 t/mn².

3.3.2 Jurel

El jurel se detectó desde Iquique hasta el límite sur del área de estudio, con una distribución espacial asociada a bajos valores de densidad (75 t/mn²), exceptuando al nor-oeste de Pta. Angamos donde se registró un sector de alta densidad (Fig. 42). En general, su presencia se detectó a partir de la 4 a 5 millas de la costa, además de una mayor cobertura a partir de Tocopilla al sur.

Verticalmente el jurel se detectó en los primeros 20 m de profundidad, con isotermas entre 13 y 19°C siendo los 15 °C lo más frecuente. La salinidad y oxígeno oscilaron desde los 34,4 a 34,7 psu y 1 a 8 ml/l, respectivamente. (Fig. 48).

3.3.3 Sardina

La presencia de sardina fue esporádica, registrando agregaciones tipo cardumen (sobre 300 t/mn²) en la costa en las latitudes 22° 35'S, 23° 05'S y 23° 25'S, respectivamente.

3.3.4 Otras especies

Entre las latitudes 19° a 19° 20'S y entre la 8 a 10 mn de la costa, se observó la presencia de agujilla.

La presencia de bacaladillo y langostino fue baja con respecto a la registrada durante 1998-1999, cayendo aproximadamente de 19 a 0 % y 39 a 31%, respectivamente.



VIII. ANALISIS DE RESULTADOS

1. Condiciones oceanográficas

Durante el desarrollo del crucero, el viento se presentó en forma de dos pulsos de 8 días con valores de intensidad máximos de 9 m/s (18 nudos). En general los vientos fueron del tercer y cuarto cuadrante, favorables para la surgencia, pero de intensidad moderada a baja, con un 28% de los registros obtenidos indicando calma.

La magnitud baja de los vientos originó, por lo tanto, bajos índices de surgencia y de turbulencia en la zona de estudio, con promedios de $357 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ m}$ de costa y $73 \text{ m}^3/\text{s}^3$, respectivamente. Los valores máximos de intensidad del viento, índice de surgencia y de turbulencia se encontraron en las transectas 3, 6, 9, 33, 36 y 39.

Le temperatura y salinidad superficial se presentó en general 2°C y 0,1 psu más bajos, respectivamente, en comparación con los promedios históricos del mes. La profundidad de la isoterma de 15° , considerada como isoterma base de la termoclina, tuvo un valor típico en la zona de 10 m en las primeras 5 millas y de 20 a 30 m hacia el océano, lo que es 10 m más superficial que los promedios de largo plazo considerados normales.

La surgencia costera se presentó más bien débil con participación de ASAA en el extremo sur y AESS en el norte. La AST se ubica principalmente por sobre las 5 mn de la costa, en forma de 3 focos cálidos y salinos distribuidos de norte a sur, creando los frentes térmicos y salinos encontrados durante el estudio

La zona estuvo bajo un régimen típico de alta producción biológica, con las mayores agregaciones de biomasa fitoplanctónica (i.e. $> 7 \mu\text{g}/\text{L}$) en las cercanías de la zona



costera, asociadas a los bordes internos de los frentes costeros. La respuesta fisiológica del fitoplancton, como fluorescencia *in vivo*, indica que en términos generales las poblaciones estaban bajo un óptimo estado fisiológico. En esta ocasión no fue posible establecer una asociación funcional entre la cloa y el campo térmico, pero en general las mayores agregaciones de cloa estuvieron asociadas a temperaturas inferiores a los 19°C.

Las mayores agregaciones de reclutas se situaron entre la transectas 60, 61 y 66, en esta área los gradientes térmicos fueron de 0,21, 0,70 y 0,33 °C/mn, estos valores están dentro del rango de gradientes intensos. Asociados a estos frentes, se midió altas concentraciones de cloa que van desde 2 a 30 µg/L entre la superficie y los 10 m de profundidad en promedio, con registros significativos de fliv (i.e. > 4 UR) lo que indica cualitativamente que en la zona la producción biológica del área está en su apogeo. Las condiciones ambientales descritas anteriormente indican la existencia de un evento Lasker muy bien desarrollado que permite que la oferta ambiental de alimentación permanezca dentro de una ventana espacio-temporal óptima para el reclutamiento de la anchoveta.

Los adultos de anchoveta se ubicaron en zonas en las que existían frentes bien desarrollados, pero también en zonas en las que no se detectó ninguno, pero donde la concentración de cloa fue mayor de 3 µg/L, valores de concentración bastante altos, debido a que durante el año 1999 este valor es equivalente a los valores más altos detectados entre febrero, además estas agregaciones de cloa estuvieron asociadas a pequeños núcleos cercanos a la costa. La presencia de adultos en zonas sin frentes térmicos aparentes (e.g. transectas 12, Lat. 22°55'S y 27, Lat. 21°40'S), estuvo asociada a valores de concentración de cloa mayores de 3 µg/L. Respecto de esta situación se pueden proponer al menos dos interpretaciones, la primera es que el frente térmico estaba situado más allá de la extensión de la transecta o que la producción biológica del área era tan alta que, independientemente de la dinámica



advectica de la zona, lograba mantener valores de cloa altos en toda la extensión de la transecta.

2. Biología Pesquera

La anchoveta es un recurso pesquero que presenta fuertes variaciones en su abundancia, estas variaciones se explican principalmente por fuertes cambios en el reclutamiento, debido a que es una especie de vida corta y el reclutamiento constituye el 51% de la biomasa del stock (Barría, 1995). La explotación pesquera ha acentuado los cambios interanuales de abundancia, debido a que merma el stock adulto y disminuye el efecto amortiguador de las variaciones del reclutamiento. Actualmente, el stock de anchoveta se encuentra en sobre-explotación y se evidenció un descenso importante del reclutamiento (Barría, 1996, 1997 y 1998). Estos antecedentes se han confirmado durante 1996 por una reducción significativa de un 50% de las capturas de anchoveta en la Zona norte de Chile.

El problema del reclutamiento y en particular la fortaleza de la clase anual es un tema que se ha estudiado en la anchoveta de la corriente de California (Blaxter y Hunter, 1980). En dicho stock se ha analizado la fecundidad de la anchoveta y en particular el número de tandas que se producen durante la época reproductiva (Hunter y Golberg, 1982), lo cual es un dato importante en la estimación de la producción anual de huevos.

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



apropiada a la anchoveta, situación que define la producción biológica del stock (Lasker, 1985).

Las estimaciones de reclutamiento de anchoveta se realizan mediante el ASP "Análisis Secuencial de Poblaciones" (Barría, 1989, 1990, 1995, 1996; GTE 1992, 1993, 1994). Las estimaciones del ASP, pueden ser mejorados con información auxiliar sobre el reclutamiento obtenido a través de estos cruceros de investigación y pueden ser utilizados para realizar la prognosis del recurso (Walters, 1982, Hilborn y Walters, 1991).

Actualmente existen modelos para evaluar la anchoveta de California, que no requieren de tanta información biológico-pesquera, pero necesitan información auxiliar a la pesquería (Jacobson *et al.*, 1994). En Administración Pesquera, también existen desarrollos metodológicos importantes para evaluar el riesgo de la información científica en la toma de decisiones a partir de estimaciones de cruceros (Hilborn *et al.*, 1994).

Los resultados de este crucero permiten constatar una recuperación de la producción biológica del ecosistema como oferta trófica a la clase anual de anchoveta en la zona prospectada, particularmente en lo que se refiere a la biomasa en peso.

Durante el crucero RECLAN0001 se observó una segregación espacial por tamaños, los reclutas se encontraron principalmente en la zona de Arica e Iquique y los ejemplares adultos en la península de Mejillones al igual que en los Cruceros RECLAN 9611 y 9811, pero inversa a lo observado en RECLAN 9801. Esta situación sugiere la existencia de un desfase temporal y espacial en el reclutamiento de anchoveta que en términos generales y coincidiendo con otros antecedentes, provenientes de las capturas, indican que el proceso de reclutamiento de anchoveta comienza a gestarse en el norte y a medida que avanza el verano se intensifica en el



sur. (Barría, 1990), aunque en casos como el verano de 1998 (RECLAN 9801) manteniéndose la segregación espacial y temporal el sentido de esta se invirtió, presentándose los reclutas a principio de la temporada hacia las cercanías de Mejillones, avanzando hacia Arica junto con el verano.

Respecto a la comparación de los resultados de las distribuciones de tamaño de las anchovetas por zona de pesca del presente crucero (RECLAN0001) con el RECLAN 9811 y 9801, se observa una disminución significativa de la proporción de reclutas en número y con una distribución polimodal diferente a los anteriores.

Esta situación que se aprecia en la reducción de la proporción de reclutas en las capturas con media agua, indica una intensa segregación espacial con una escasa cobertura espacial y un comportamiento altamente gregario de esta fracción de la población observándose que los juveniles se concentraron en Arica., coincidiendo con la información proveniente de las capturas, confirmando que el crucero se realizó en el periodo adecuado.

Específicamente los resultados obtenidos en esta ocasión indica que Arica fue la única zona que registró la presencia de juveniles con una distribución bimodal en su distribución con una moda principal en 16 cm y una secundaria en 11,5 cm (Fig. 28), en la zona de Iquique la moda principal estuvo en 15,5 cm, sugiriendo una moda secundaria en los 13,5 cm, mientras que en Antofagasta la distribución fue del tipo unimodal centrado en los 15,5 cm. Estos resultados coinciden plenamente con los valores provenientes de las capturas (Fig 28 a), los que indican que para la primavera de 1999 y verano del 2000 el reclutamiento se concentró principalmente en Arica y Antofagasta, aunque en este último caso se debe tener presente que los niveles de captura fueron relativamente menores, reduciendo la importancia del pico.



En una perspectiva histórica, la distribución de tallas de anchoveta presentes en las capturas muestra claramente que en 1996 y 1997 el reclutamiento ocurrió principalmente entre noviembre y marzo, apareciendo con mayor frecuencia en la zonas de Arica e Iquique a principios de la primavera intensificándose la presencia de individuos juveniles en enero en la zona de Antofagasta, con una reducción relativa de ellos en Arica e Iquique, situación que sugiere una estratificación latitudinal y temporal en el proceso de reclutamiento. En 1998 se modificó el patrón histórico, producto del evento El Niño 1997-98, con un intenso reclutamiento durante todo el año en toda la zona, particularmente en Antofagasta, donde a partir de mayo se constató la presencia de sobre el 90% de juveniles en las capturas, mientras que en Arica e Iquique sobre el 30% de los reclutas se presentaron en febrero -abril y desde noviembre.

En 1999, se aprecia una tendencia a normalizarse el patrón de reclutamiento, respecto a los valores históricos aunque con un adelantamiento para octubre del pulso en la zona de Antofagasta y una intensificación del pulso de invierno en Iquique. Esta situación se extrapoló al año 2000, observándose que el reclutamiento se potenció en enero siendo mas intenso en Arica y en Antofagasta, aunque en el análisis se debe tener presente que los niveles de captura que pueden indicar la intensidad del proceso, fueron bastante mas bajos en Antofagasta respecto a lo ocurrido en Arica e Iquique.

Otro elemento a tener presente lo constituye el hecho que en la primavera de 1999 y verano del 2000 la flota registró intencionalidad para evitar las zonas que presentaron altas proporciones de juveniles, incorporando un sesgo en este tipo de información, reduciendo las posibilidades de apoyar el inicio del crucero en dichos resultados.

Durante la época del crucero, las anchovetas adultas se encontraban en estados 2 y 5 (pre-desove y desovadas), a diferencia del crucero RECLAN9801 en que el 90 % de



las hembras se encontraron en estado 2. Sin embargo, el grado de desarrollo de los ovarios de las anchovetas indica que el proceso reproductivo estuvo sincronizado para desovar de acuerdo al patrón histórico, durante todo 1999, se observaron altos índices gonadosomáticos (Fig. 31). Durante el crucero RECLAN0001 el IGS fue 5,4, valor mayor al patrón histórico.

Respecto a la proporción sexual de las anchovetas se observó un marcado predominio de las hembras a longitudes mayores a los 16,0 cm, de manera similar al RECLAN 9801, 9611 y 9801, lo que estaría asociado a una menor evasión a la red de arrastre por su estado de gravidez, esta situación es equivalente a lo observado en la pesquería de cerco por Aranís (1986).

Las diferencias de los pesos medios por zona de pesca permiten deducir la existencia de diferencias significativas en la tasa de crecimiento relativo (Tabla 6) entre las distintas zonas consideradas sugiriendo la existencia de distintas ofertas de alimento en este hábitat. La comparación de las pendientes de las regresiones longitud-peso permiten determinar diferencias significativas entre las zonas de pesca. Estas diferencias en los pesos promedios por clase de longitud son más evidentes en todo el rango de longitud. También se analizó el peso eviscerado siendo mayor en la zona de Arica; las zonas de Iquique y Antofagasta tuvieron magnitudes similares. Por otra parte se puede inferir que la menor abundancia de anchoveta (Barría, 1999) deja en el medio una mayor cantidad de alimento *per cápita*, lo cual está sugiriendo que en el stock de anchoveta existen efectos densodependientes del crecimiento somático, hecho que se plantea como una hipótesis que debe ser probada a futuro con muestreos "ad hoc".



2.1 Modelos no lineales en el ajuste de la relación Longitud-peso de la anchoveta

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

$$W = aL^b$$

Donde:

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

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

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

Teniendo presente estas consideraciones y la necesidad de aplicar los procedimientos más adecuados en la estimación de los parámetros biológicos, en el presente trabajo se analizan en forma comparativa los ajustes al modelo de relación longitud-peso, mediante la transformación logarítmica, denominado método lineal y por intermedio



del proceso iterativo que asegura la minimización de la función objetivo llamado método no-lineal.

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

Ajuste Lineal:

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

Ajuste no-lineal

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

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

Mas aún la suma de cuadrados de los residuales para los ajustes lineales y no-lineales mediante el procedimiento de minimización no pueden ser comparados, porque cada uno de ellos entregan estimados mínimos pertenecientes a espacios muestrales distintos.

Los criterios entonces para determinar el modelo que evalúe el mejor ajuste a los datos es que por una parte se cumpla que la esperanza del error residual es igual a cero y que la varianza permanezca constante con los cambios en la variable dependiente (PESO) o independiente (L) (Skillman y Yong, 1994) y finalmente



comparar la proporción de la variación en torno a la media por medio del coeficiente de determinación (R^2).

Respecto al coeficiente de determinación, el modelo ln-lineal presenta un ajuste levemente inferior con un $R^2 = 0,938$, mientras que el modelo no-lineal tuvo un $R^2 = 0,949$ (Tabla 6).

Una situación equivalente obtuvo Skillman y Yong (1994) en su análisis de las relaciones de longitud-peso de seis especies de atunes en el océano Pacífico Central, estos autores determinaron que el ajuste linealizado representaba de mejor manera los datos obtenidos.

Finalmente, al comparar los parámetros de los dos ajustes (Tabla 6), se aprecian leves diferencias entre los interceptos y las pendientes, que al ser evaluadas y comparados los pesos estimados según ambas ecuaciones, es posible señalar que en tallas entre los 8,5 y 16,0 cm, el ajuste lineal es entre 0,19 a 0,05 g menor que el ajuste no-lineal, en tallas mayores el ajuste no-lineal subestima los pesos en hasta 0,36 g a 18,5 cm (Tabla 5).

Dada la situación anterior, en el presente crucero se mantuvo el método lineal para la estimación de la ecuación PESO-L utilizado tradicionalmente. Sin embargo, es necesario dejar claro que los métodos utilizados para la estimación de la relación longitud-peso están basados en modelos matemáticamente distintos (error multiplicativo versus error aditivo) y por ende presentan estimaciones diferentes.



3. Estimados de biomasa de anchoveta y de la fracción reclutas y su precisión

3.1 Estimados de biomasa de anchoveta y la fracción recluta

Los estimados de la biomasa de anchoveta obtenidos en el presente crucero mediante los tres procedimientos aplicados difieren en 10,6% entre el método tradicional (306.655 t), el mas alto y el de las tallas que es el valor más conservador con 274.111 t, mientras que el estimado geoestadístico (296.584 t) se ubicó entre ambos siendo 3,2% inferior al método tradicional y 7,5% mayor que el de las tallas

Las diferencias anteriores son motivadas fundamentalmente por la característica polimodal de las distribuciones de tallas que se registró en el presente crucero, puesto que el método tradicional y el geoestadístico utilizan el valor central en la talla para valorizar tanto la ecuación de TS como la relación PESO-L y estimar el factor de eointegración. Por esta razón cuando la distribución de tallas es del tipo polimodal o unimodal pero asimétrica, se incrementa la importancia relativa de las colas en la distribución y puede acentuar las diferencias con procedimientos que evalúan la frecuencias de cada talla, como es el caso del método denominado de las tallas. Dada la condición polimodal en la distribución de tallas y como una manera de reducir el efecto en el valor central de la talla utilizada para la evaluación con el método tradicional y geoestadístico, en el presente caso se ha utilizado la talla modal.

En cambio, el método de las tallas evalúa la distribución de frecuencias de los lances de pesca sobre las lecturas acústicas reflejándose de adecuada forma en los resultados finales las estratificaciones espaciales de las tallas y las características gregarias de los recursos. Sin embargo la inexistencia de aceptables estimadores de la varianza para cada nivel de talla, lo convierte en la principal desventaja de este método.



Lo anteriormente mencionado se observa claramente en el presente crucero, puesto que la distribución de tallas proveniente de los lances de pesca para toda la zona de estudio entregó sólo un 1,9% de reclutas en peso y un 0,8% en número, apreciándose una clara estratificación espacial de las tallas, siendo la zona de Arica la que concentró los juveniles con el 16,9% de los reclutas en peso y el 35% en número, mientras que en la zona de Iquique se observó un 0,5% de reclutas en peso y 1,3% en número, no registrándose juveniles en la zona de Antofagasta. Esta estratificación en las distribuciones de tallas correspondió con la concentración de las lecturas acústicas, puesto que en la zona de Arica se concentró el 63% del total, aumentando en consecuencia el aporte de los juveniles a 34,98% en peso y 54,9% en número.

El método geoestadístico intenta corregir el factor de agregación de los recursos en los estimados de biomasa y de las varianzas, reflejado en las lecturas del econtegrador ajustando el área de distribución, pero mantiene la utilización del estimador central en la valorización de la cadena L, $TS C_b$.

La biomasa de anchoveta obtenida en el presente crucero con el método tradicional fue similar al obtenido en el RECLAN 9811 (310.108 t) y registró una reducción cercana al 52,7 % y 35,1% respecto al verano de 1998 (RECLAN 9801) (647.760 t) y a la primavera de 1996 (RECLAN 9611) (472.822 t), respectivamente. En relación al verano de 1996 (RECLAN 9601), en que se registraron 102.010 t, el presente estimado representa un incremento superior al 200,6 %.

La fracción de reclutas de anchoveta (en peso) ha sido 53,4% para el verano de 1995 (RECLAN 9501); 7,6% para el verano de 1996 (RECLAN 9601); 25,56% en la primavera de 1996 (RECLAN 9611); 22,6% en el verano de 1998 (RECLAN 9801) y 65,5% en la primavera de 1998 (RECLAN 9811) y 34,98% en el verano de 2000 (RECLAN 0001), constituyendo el presente resultado un incremento de los juveniles respecto a lo observado en la primavera de 1996, verano de 1996 y 1998, siendo



superado por los aportes de los juveniles registrados en la primavera de 1998 y verano de 1995 (Fig. 55). Las mayores diferencias de los resultados actuales con aquellos casos, lo constituye la importante agregación espacial de los juveniles que se detectaron sólo en el 7,98% de las observaciones acústicas.

En los casos en que se ha aplicado el método de estimación por tallas, en general se observa que la fracción reclutas ha sido levemente superior que el resultado estimado con el método tradicional, registrándose diferencias de 6,6 y 10,8% en los cruceros RECLAN 9601, 9611, 9801 y 9811, siendo comparable, al valor estimado mediante el método geoestadístico, para el RECLAN 9611, en el presente caso, las diferencias se encuentran dentro del orden señalado pero en sentido inverso puesto que el estimado mas alto de los reclutas correspondió a al alcanzado con el método tradicional, no superando el 10,6% entre este y el de las tallas.

Nuevamente las diferencias se explican en las características de las distribuciones de tallas, siendo notable en aquellos casos en que son polimodales, como es el caso del crucero 9611 y 9811 respecto al 9601 y en 9801 y que tambien podría influir en el presente crucero.

3.2 Precisión de los estimados de biomasa

La eficiencia de cada uno de los métodos utilizados en este estudio, para medir la precisión de los estimados de la biomasa, depende del tipo de distribución de los recursos, es así como en general los métodos de los Estratos Agrupados y Bootstrap entregan mejores indicadores en distribuciones de mayor variabilidad, mientras que los indicadores de la precisión (Coeficientes de error y de Variación) obtenidos con el método de los Conglomerados son menores cuando presentan una menor variabilidad dentro de las transectas. Esto se debe a que el método de Conglomerados (Hansen *et al.*, 1954) es el único de los propuestos que considera la variabilidad dentro de las



transectas, mientras que en los otros dos casos se considera a la transecta como un solo dato, midiendo solamente la variabilidad que se registra entre ellas y que es atribuible a la distancia entre las transectas.

En el presente caso se alcanzaron Coeficientes de Variación entre 0,18 y 0,37, dependiendo del método con errores superiores al 30%, estimaciones que son comparables a los obtenidos en cruceros como el 9801 (CV entre 0,17 y 0,21) ó al RECLAN 9611 en que se obtuvo un CV de 0,25 y Error de 41,9%, alcanzándose las mayores precisiones en los estimados con el método geoestadístico. Esta mayor precisión en los estimados de biomasa, junto con la validación del valor central señalado anteriormente respaldan el resultado alcanzado con el método geoestadístico, en desmedro de los otros.

Con el fin de analizar el efecto de la separación entre transectas sobre los estimados de la precisión y de biomasa, en los cruceros RECLAN 9601, 9611, 9801 y 9811, se estudiaron los cambios en el CV frente a distintas separaciones de las transectas, mediante el método de los Conglomerados (Hansen *et al.*, 1953), es así como se consideraron los datos a 5, 10, 15, 20, 25 y 30 mn. Estos análisis también contemplaron los posibles efectos de periodicidad en la distribución espacial de la anchoveta, por este motivo el procedimiento consideró a las transectas pares e impares por separado y renumerando las transectas, descartando a la primera. A cada grupo de datos se le ajustó una ecuación de regresión.

De este modo, se aprecia que al aumentar la distancia entre las transectas el CV aumenta de forma potencial, no lográndose en ninguno de los casos considerados la asíntota, la pendiente mayor en el CV se presentó al cambiar desde 5 a 10 mn, variando alrededor de 10 puntos, este cambio se moderó al cambiar desde 10 a 20 mn, reduciéndose después de las 20 mn. Las ecuaciones de regresión ajustadas a los datos indican que el crucero de la primavera de 1996 (9611) es comparable a los



obtenidos en el presente caso (RECLAN 0001) pero con una leve reducción en el intercepto. Los otros cruceros RECLAN 9801, 9601 y 9811 presentaron interceptos menores y pendientes mayores que el alcanzado en el presente caso (Fig. 56). También es notoria la mayor variabilidad de los CV al aumentar la distancia entre transectas, situación que seguramente se debe a una distribución más contagiosa del recurso, respecto a los otros casos, especialmente respecto a lo ocurrido en RECLAN 9811.

Los estimados de biomasa no presentaron cambios importantes al variar la distancia entre transectas, presentándose un importante aumento en la variabilidad de los datos al considerar las transectas pares o impares (Fig. 57), sugiriendo algún grado de periodicidad en la distribución y reflejando el alto grado de agregación de la anchoveta siendo comparable a lo observado en 9801 y 9811 y notoriamente diferente a 9811 en que se presentó una menor variabilidad respecto a los otros casos.

3.3 Relación entre los estimados de biomasa y las capturas

Se analizó la predicción de las capturas de anchoveta en la zona norte en base a los estimados de biomasa de primavera-verano de la temporada inmediatamente anterior, de acuerdo al procedimiento aplicado por Castillo et al (1999). Para estos efectos se consideró la serie de datos disponible en el periodo 1985 –1991 correspondiente a los cruceros denominados PELANOR y 1995-1999 correspondiente a la serie RECLAN. Los cruceros realizados a principios de año (verano) fueron considerados como provenientes de fines del año anterior (primavera).

Se descartaron los pares de datos 85/86, 86/87, 97/98 y 98/99 por encontrarse evidentemente fuera de la tendencia, situación que en el primer caso se explica por la subestimación de la biomasa en la primavera de 1985, que no se reflejó en las altas capturas registradas en 1986, que constituyen los más altos niveles de la serie. En el



caso de los pares 86/87 y 97/98, la influencia de El Niño provocó importantes caídas en las capturas, no obstante los altos niveles de biomasa que se registraron en el verano de 1998 (RECLAN 9801), que para efectos del presente análisis se consideró como primavera de 1997, debido a una modificación en la distribución espacial del recurso, que se localizó en sectores inaccesibles a las artes de pesca. En el caso del par 98/99, se aprecia el efecto de las bajas capturas durante el primer semestre de 1999, provocadas por remanentes de El Niño 1997-98 y que tendieron a normalizarse durante el segundo semestre.

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

$$C = 841,29 \text{ LOG (BIO)} - 854,21$$

$$N = 7$$

$$R^2 = 0,69$$

Siendo:

C = Captura 1 año más

BIO = Biomasa de anchoveta de primavera – verano.

Se probó el ajuste de la regresión mediante el test $t_{(0,95;5)}$ y el análisis de varianza con el test $F_{(1,5,0,95)}$. La hipótesis de prueba fue $H_0 : \beta = 0$, la que es rechazada con las pruebas mediante el test t y el test F , aceptándose la hipótesis alternativa que indica que los datos se ajustan significativamente a la regresión (Tabla 17).



Castillo *et al.* (1999), considerando los mismos estimados de biomasa anteriores, pero relacionándolo con la captura de la flota industrial de la I y II Región obtuvo la ecuación:

$$C = -708,1793 + 755,7115 \text{ Log (BIO)}$$

$$R^2 = 0,54$$

$$N = 8$$

En base a la ecuación ajustada y considerando la biomasa estimada en la primavera de 1998, crucero RECLAN 9811 (310.108 t), se estimó para 1999 una captura de 1.241,89 miles de toneladas, este valor difirió en 31,1% respecto al valor real, que alcanzó a 855.136 t. De igual modo, el estimado de biomasa alcanzado en el presente proyecto (306.655 t) permite proyectar una captura de 1.237,8 miles de t, valor que presenta una diferencia menor al 30% respecto a las capturas reales, puesto que al 15 de Octubre de 2000 esta alcanzaba a 859.149 t (Martinez, com. pers.) sin incluir los desembraques de la flota artesanal.

Al considerar la relación ajustada por Castillo *et al.* (1999), se estima una captura 5,4 % inferior para 1999 (1.174,69 miles de t) y 2000 (1.171,01 miles de t).

Castillo *et al.* (1996), también ha realizado esfuerzos para pronosticar las capturas de anchoveta en base a indicadores provenientes de las prospecciones acústicas, es así como este autor, trabajando en base a una serie de datos provenientes de cruceros hidroacústicos realizados en invierno entre 1985 y 1995, obtuvieron una relación funcional entre los Índices de Densidad de anchoveta respecto a las capturas del año siguiente, según:



$$C = 322,25 + 10,14 ID$$

$$R^2 = 0,55$$

$$N = 10$$

Siendo:

C = Capturas 1 año más (t)

ID = Índice de Densidad del invierno (t/mn^2).



IX. CONCLUSIONES

Los resultados expuestos y analizados permiten concluir lo siguiente:

1. Las condiciones oceanográficas registradas durante enero del 2000 se caracterizaron por:
 - Viento de intensidad moderada a baja, menores a 5 m/s presente en forma de dos pulsos de 8 días y máximos de 9 m/s (18 nudos); surgencia costera débil bajos índices de surgencia y de turbulencia
 - Temperatura y salinidad superficial fueron levemente menores a lo normal con -2°C y -0.1 psu, respectivamente.
 - La profundidad de la isoterma de 15° estuvo 10 m más superficial que los promedios de largo plazo con un valor típico de 10 m .en la primera milla y de 20 metros hacia el oceano.
 - Las Aguas de la AST se encontraron en la superficie de las estaciones más oceánicas (10 mn) originando focos cálidos y salinos que cortaron la capa superficial en general más fría y menos salina con respecto a los promedios históricos.
2. La distribución de frecuencias de longitud ponderada por la captura fue bimodal, con un grupo principal de reclutas situado entre los 8,5-12,0 cm y un grupo principal de adulto con moda en los 15,0 cm. Se aprecian diferencias significativas en las distribuciones de frecuencia de longitud por zona de pesca.



3. En la zona de Arica se observó una mayor presencia de reclutas en las capturas (35,0% en número y 16,9% en peso) y los ejemplares capturados tuvieron tamaño entre 10,0 a 17,5 cm. La distribución de tamaño fue bimodal, el peso promedio total de las anchovetas fue de 24,8 g y la de los reclutas fue de sólo 12,0 g.
4. En la zona de Iquique los tamaños fluctuaron entre 8,5 a 18,0 cm, con una moda principal en los 15,5 cm. El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 1,3 y 0,5%, respectivamente. El peso promedio del total de ejemplares de anchoveta fue de 28,0 g y de los reclutas de 10,7 g.
5. En la zona de Antofagasta la distribución de longitudes también fue bimodal, destacándose también el grupo de ejemplares adultos con una moda en los 15,0 cm. No se registraron reclutas en esta zona de pesca y de 78,8% en peso y el peso promedio total fue de 28,0 g.
6. 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 de pesca. La segregación espacial del reclutamiento de anchoveta fue similar a la registranda en los Cruceros RECLAN 9611 y 9811 con una mayor proporción de reclutas en la zona de Arica.
7. Los pesos promedio de los ejemplares presentaron diferencias significativas por zonas de pesca, lo cual implicaría la existencia variaciones de la producción biológica del ecosistema pelágico. Adicionalmente, los pesos medios por tamaño del área de estudio, fueron mayores que en los cruceros anteriores, lo cual significa que el ecosistema pelágico presenta una mayor oferta trófica y se ha recuperado de las alteraciones del Fenómeno El Niño 1997-98.



8. La proporción sexual en las capturas indica un leve predominio de hembras en el área de estudio (51,7%) sobre machos y fue significativo a tallas mayores a los 16,0 cm.
9. En relación a los estados de madurez el 12,8% de los ejemplares se encontraron inmaduros y el de las hembras se encontraron en estado 5 (59,4) y un bajo porcentaje (11,2%) en estado 2. Latitudinalmente, se observó un desfase en el proceso reproductivo, presentándose en Arica un retardo con respecto a las zonas de Iquique y Antofagasta.
10. Se ajustó la ecuación $TS = 22,04 \text{ Log } (L) - 75,72$
 $R^2 = 0,859$
 $N = 25$

La ecuación estandarizada al modelo general fue:

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

11. La biomasa total de anchoveta estimada con el método de las variables regionalizadas, restringido al polígono de distribución del recurso fue de 296.584 t, con un CV de 0,18 y un error del 30%.
12. La biomasa de los reclutas estimada mediante el método geoestadístico alcanzó a 103.745 t con un CV de 0,21. La fracción de reclutas en número alcanzó a 6.257,671641 millones de ejemplares con un CV de 0,17.
13. Las especies que se identificaron en los lances de pesca y que se detectaron en la prospección acústica fueron la anchoveta (*Engraulis ringens*), mote o bacaladillo (*Nomanichthys crockeri*), jurel (*Trachurus murphyi*), sardina



española (*Sardinops sagax*), langostino (*Pleuroncodes sp*), caballa (*Scomber japonicus*), calamares, eufaúsidos, medusas y agujilla (*Scomberesox saurus*).

14. En la zona de estudio la anchoveta se distribuyó entre Arica a Pta. Argolla (18° 50' S) y Sur de Pisagua a Bahía Mejillones. Las mayores concentraciones del recurso se ubicaron preferentemente en el sector costero dentro de las primeras 3 millas de la costa. entre Arica a Pta. Argolla.
15. En el sentido latitudinal se aprecia una clara estratificación de los juveniles de anchoveta hacia el sector entre Arica y punta Argolla en que la composición por tallas correspondiente a los reclutas superó el 80% del total y con los niveles de agregación mas altos del crucero, el otro sector de presencia de los reclutas estuvo ubicado entre caleta Patillos y el paralelo 21° S, con niveles de agregación menos que medio.
16. En el plano superficial la anchoveta se distribuyó en aguas con una temperatura de 16°C a 22°C y una moda en 18°C, con una salinidad de 34,40 a 34,7 psu con una moda de 34,6 psu en los adultos y 34,7 psu para los reclutas; con niveles de oxígeno de 4,5 a 13,5 ml/l con una moda para los adultos de 6,0 ml/l y para los reclutas entre 6,0 y 10,5 ml/l, una densidad de 24,0 a 26,0 sigma-t con una moda de 25,5 sigma-t, y la clorofila-a integrada entre 0,1 a ≥ 100 $\mu\text{g/l}$ con moda 50 $\mu\text{g/l}$.
17. Batimétricamente la anchoveta se localizó en los primeros 10 m de profundidad, asociado principalmente a las isotermas entre 14 y 16°C. Las isohalinas que limitaron la distribución vertical de la anchoveta variaron principalmente entre los 34,5 y 34,6 psu. Las oxiclina en que se registró preferentemente la anchoveta variaron entre los 4 y 6 ml/l. Se encontró una fuerte asociación entre la distribución batimétrica de la anchoveta y la posición vertical de la termoclina. El



69% de los ecotrazos de anchoveta se presentaron entre los límites superiores e inferiores de los gradientes de la termoclina. Sólo el 3,3% de los ecotrazos se presentaron una posición externa los límites superiores e inferiores de los gradientes de la termoclina.

18. Los ajustes entre la distribución de la anchoveta y las variables bio-ambientales fueron moderados, para el modelo entre la densidad de la anchoveta adulta la temperatura superficial del mar, el gradiente de la temperatura superficial del mar y el gradiente de la clorofila se obtuvo $R^2=0,7839$; $F=14,753$, $p < 0,05$, mientras que el modelo entre la densidad de reclutas de anchoveta, la temperatura superficial del mar y el gradiente de la temperatura superficial del mar se ajustó con $R^2=0,358$; $F=2,352$, $p < 0,05$.



X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aglen A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. *FAO Fish. Rep.* 300, 293-298.
- Alheit, J. y P. Bernal. 1993 . Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Current ecosystem. **En:** Large marine Ecosystems. Stress mitigation and sustainability. K. Sherman, L. M. Alexander y B.D. Gold (Eds.). AAAS Press. Washington USA. pp 53-68.
- 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. & M. Salamanca. (1984). Distribución de clorofila y condiciones oceanográficas superficiales frente a Chile Central (Latitudes 32°S-38°S, febrero 1982). *Biol. Pesq.* 13:5-14.
- BAC. 1998. Comisión Permanente del Pacifico Sur. CPPS. Boletín de Alerta Climático BAC N° 98. noviembre 1998.
- Bakun, A and R.H. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current systems. *CaCOFI Rep.* 23: 99-112.
- Bakun, A. and R. Parrish. 1980. Environmental input to fishery populations models for eastern boundary current regions. *IOC Wokshops Reports* 28:67-104.
- Barange, M. Hampton, I. Pillar, S.C. and Soule, M.A. 1994 Determination of composition and vertical structure of fish communities using *in situ* measurements of acoustic target strength *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51:99-109.



- Barange, M., I. Hamton and M. Soule. 1996. Empirical determination of *in situ* target strenglets of three loosely aggregated pelagic fish species. ICES journal of Marine Science, 53:225-232, 1996.
- Barber, T. And L. Smith. 1981. Coastal Upwelling Ecosystem. In Analysis of Marine Ecosystem. De. A.R. Longhurst. Academic Press 31-67.
- Barría, P. 1989. Seguimiento de la veda de reclutamiento de anchoveta (1988-1989) y veda reproductiva de sardina 1989. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. 53 pp.
- 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.
- Barría, P. 1991. Evaluación del stock de anchoveta 1990. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 19 pp.
- Barría, P. 1995. Investigación Evaluación del stock de anchoveta 1994, I y II región. Informe de Avance. Convenio Instituto de Fomento Pesquero - Subsecretaría de Pesca. Valparaíso, Chile. 14 pp. 14 Anexos.
- Barría, P. 1996. Investigación Evaluación del stock de anchoveta 1995, I y II región. Informe Final. Convenio Instituto de Fomento Pesquero - Subsecretaría de Pesca. Valparaíso, Chile. 29 pp. 22 Anexos.
- Barría, P. 1997. Investigación Evaluación del stock de anchoveta 1996, en la I y II región. Informe de Avance. Convenio Instituto de Fomento Pesquero - Subsecretaría de Pesca. Valparaíso, Chile. 25 pp. 15 Anexos.
- Barría, P. J.R. Cañon y A. Zuleta. 1988. Diagnóstico de la pesquería de la anchoveta en la Zona Norte de Chile y proposiciones de manejo para 1988. Comité Técnico Asesor de recursos pelágicos. subsecretaría de Pesca. Informe Técnico Interno. 10 p.



- Barría, P. y R. Serra. 1991. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales. Zona Norte. Evaluación de Stock. SGI-IFOP 92/1. 51 p.
- Bergh, M.O. and D.S. Butterworth 1987. Toward rational harvesting of the south african anchovy considering survey imprecision and recruitment variability. The Benguela and Comparable Ecosystem Payne, A.I.L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (Eds). S. Afr. J. mar. Sci. 5: 937 - 951.
- Beverton, R.J.H. and S.J. Holt 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Invest. Lond Ser. 2(199), 533 pp.
- Blanco, J. L. y H. Reyes. 1992. Condiciones Oceanográficas durante Diciembre de 1992. En: Monitoreo Mensual de la Distribución y Abundancia de Recursos Pelágicos y de las Condiciones Bio-Oceanográficas, Zona Norte. Diciembre 1992. Informe a Empresas Pesqueras. Inst. Fom. Pesq. Stgo., Chile.
- Blanco, J. L. y R. Kelly. 1986. Análisis de las condiciones oceanográficas en primavera de 1986. En: Programa investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona norte. IFOP.
- Blanco, J. L. y R. Kelly. 1987. Análisis de las características oceanográficas en la zona norte de Chile en primavera de 1987. En: Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica zona norte Febrero 1987. Programa de Investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona norte. IFOP.
- Blanco, J. L.; H. Reyes y A. Vega. 1992. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile durante Noviembre - Diciembre de 1991. En: Evaluación directa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica zona norte Noviembre - Diciembre 1991. Programa de Investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona norte. IFOP.
- Blaxter, J.H.S. y J.R. Hunter. 1982. The biology of the clupeoid fishes. Advances in marine Biology. 20:1-223.



- Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso. 14(3): 45-84.
- Brandhorst, W. y O. Rojas 1967. Distribución geográfica de la pesca de anchoveta en el norte de Chile y su composición del tamaño, de marzo de 1961 a julio de 1963. Instituto de Fomento pesquero. Publicación N° 24. 69 pp.
- Braun M. 1995. Evaluación hidroacústica de los stocks sardina española, anchoveta y jurel en la Zona Norte, I a IV regiones.
- Braun M., J. Castillo; J.L. Blanco; S. Lillo y H. Reyes. 1994. Monitoreo hidroacústico y oceanográfico de los recursos pelágicos de la I y II Regiones. Cuarto informe de avance. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 104 pp + 72 anexos.
- Braun, M., J. Blanco, J. Castillo y H. Miles. 1998. Monitoreo mensual de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones. Tercer informe parcial de avance FIP 96-07. Instituto de Fomento Pesquero.
- Carpenter, J. H. 1965. The chasepeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. and Oceanogr., 10: 141-143.
- Carvajal, B. 1994. Transporte y turbulencia y su incidencia en el reclutamiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile (20°S). Tesis para optar al título de Biólogo Pesquero. Universidad Arturo Prat. Departamento de Ciencias del Mar. Iquique, Chile 56 p.
- Castillo , J., M. Espejo, S. Lillo y J. Cordova. 1997. Evaluación y distribución espacial del reclutamiento de anchoveta. En: Estimación del reclutamiento de anchoveta en las regiones I y II. Informe Final de proyecto FIP 96-02. Inst., Fom., Pesq., (Valparaíso-Chile). 126 p + anexos.
- Castillo, J., J. Córdova, M.A. Barbieri y S. Lillo. 1996. Evaluación hidroacústica y distribución espacial de los recursos anchoveta y sardina común. En: Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta y sardina común en la



- zona centro-sur. Informe Final proyecto FIP 95-08. Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 103 p + anexos.
- Castillo, J., M. A. Barbieri, J. Cordova, S. Lillo y U. Parker. 1996. Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV. Informe final Proyecto FIP 95-03. Inst. Fom., Pesq., Valparaíso, Chile. 165 p+anexos.
- Castillo, J., M. Braun, J. Blanco. 1993. Cuantificación Estacional de la biomasa de los recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, zona norte. Informe Final de Proyecto. Inst. Fom. Pesq. (Valparaíso-Chile). 58 p + anexos.
- Castillo, J.. 1998. Evaluación Acústica. En: Evaluación del stock desovante de anchoveta I y II Región. Informe Final proyecto FIP 97-01. Inst., Fom., Pesq., (Valparaíso-Chile), 125 p + anexos.
- Cordova, J., J. Castillo, A. Paillaman y S. Lillo. 1995. Evaluacion Hidroacustica y distribucion del recurso. En: Estimacion del reclutamiento de anchoveta de la zona norte (I y II Regiones). Informe Final de Proyecto FIP 035-94-01. 122 p+71 figs.
- Cruickshank, R.A., 1990. Anchovy distribution off Namibia deduced from acoustic survey with an interpretation of migration by adults and recruits. S. Afr.J. mar. Sci. 9 : 53 - 67.
- Cruickshank, R.A., I. Hampton and M.J. Armstrong. 1990. The origen and movements of juvenile anchovy in the orange river region as deduced from acoustic surveys. S. Afr.J. mar. Sci. 9: 101 - 114.
- Cubillos, L. y R. Fuenzalida. 1994. Indices de surgencia, turbulencia y ocurrencia de "eventos Lasker" en Iquique y Antofagasta (Chile) y su incidencia sobre los aspectos reproductivos de *Sardinops sagax* y *Engraulis ringens*. *Cienc. Tec. Mar., CONA*. 17: 3-13.



- Cury, F. and C. Roy. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46:670-80.
- Dengol, P., H. Lasen and K.J. Staeth. 1985. *In situ* determination of target strength of Herring and sprat at 38 khz and 120 khz. *Dana*. 5:45-54.
- Einarsson, H. y B.Rojas de Mendiola. 1963. Descripción de Huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.) *Bol.Inst.Rec.Mar.*, Callao, 1(1):1-23.
- Espejo, M. y J. Castillo. 1997. SIMBAD un nuevo enfoque de procesamiento de datos acústicos. En Resúmenes XVII. Congreso de Ciencias del Mar. pp 186-187.
- Fischer, W. 1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta" (*Engraulis ringens*) Jenyns. *Rev. Biol.* 8 (1,2 y 3):111-124.
- Foote, K. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *J. Acoust. Soc. Am.* 82 (3) September. 981-987.
- Foote, K., 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.
- Forbes, T. 1985. Progress in dual - beam target strength measurement on herring and blue whiting, coun. meet Int. Coun Explor. Sea 1985/B:41, Copenhagen, Denmark.
- Foote, K., A. Aglen, and O. Nakken. 1986 Measurements of fish target strength with a split beam echo sounder. *J. Acoust. Soc. Am.* 80 (2), August 1986. 612-621.



- Freon, P. y E. Yañez. 1995. Influencia del medio ambiente en evaluación de stock: Una aproximación con modelos globales de producción. *Invest. Mar., Valparaíso* 23:25-47.
- Fuenzalida, R. 1989. Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat . 20° S). *Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar* 1:37-47.
- Fuenzalida, R. 1990. Proceso de surgencia en la región norte de Chile, Latitudes 20°30'S-21°45S. *Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar* 2:79-104.
- GTE, 1992. Informe técnico de evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur del Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP - IMARPE, sobre las pesquerías de pequeños pelágicos. Primer Taller, Lima, 2 - 16 marzo de 1992.
- GTE, 1993. Informe técnico de evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur del Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP - IMARPE, sobre las pesquerías de pequeños pelágicos. Segundo Taller, Valparaíso, 18 - 25 octubre de 1993.
- GTE, 1994. Informe técnico de evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur del Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP - IMARPE, sobre las pesquerías de pequeños pelágicos. Tercer Taller, Callao, 9 - 20 mayo de 1994.
- Gunther, E. R. 1936. A report on oceanographical investigations in Peru Coastal Current. *Discovery Rep.*, 13: 107-276.
- Guzmán, O., J. Castillo; S. Lillo; P. Pineda; L. Rodríguez e I. Giakoni. 1983. Estudio de recursos pelágicos. Programa Monitoreo de los Recursos Pelágicos I. Prospección zona Arica-Coquimbo (18°30'- 30°00'S). Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-82) Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile.



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



- Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relationship between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fish. Bull. U.S. 73:453-462.
- Lasker, R. 1978. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California current: identifications of factor contributing to recruitment failure. Rapp. P-V Reún Cons. Inst. Explor. Mer 173:212-230.
- Lasker, R. 1985. What limits clupeoid production? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl 1):31-38.
- Lillo, S. y M. Espejo. 1991. Distribución y abundancia de sardina, jurel, anchoveta y caballa en primavera de 1991. En: Evaluación directa de recursos pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica. Zona Norte. Informe de Proyecto. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. (pp 57-81).
- Lluch-Belda, D., D. Lluch-Cota, S. Hernandez, C. Salinas y R. Schwartzlose. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California current system. 1991. CalCOFI Rep. 32:105-11.
- Mac Lennan, D. and J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Published by Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK. 325 p.
- Maclerman, D.N, and A. Menz. 1996. Interpretation of *in situ* target-strength data. ICES. Journal of Marine Science, 53:233-236. 1996.
- Medwin H., and C. S. Clay. 1998. Fundamentals of Acoustical Oceanography. Academic Press, 712 p.
- Mendelson, R. 1989. Reanalysis of Recruitment Estimates of the Peru Anchoveta in Relationship to other population Parameters and the Surrounding Environment. ICLARM Conf. Proc. 18:364-85.



- Mendo, J., L. Pizarro and S. Castillo. 1987. Monthly turbulence and Ekman transport indexes 1953 to 1985, based on local wind record from Trujillo and Callao, Peru. P. 75 – 88: *In*: D. Pauly and I. Tsukayama (Eds.). The peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem. Three decades of change. ICLARM Studies and Review 15. 351 p. Instituto del Mar del Peru. (IMARPE).
- Methot, R. 1990. Synthesis Model: An Adaptable Framework for Analysis of Diverse Stock Assessment Data. International North Pac. Fish. Comm. Bull N° 50: 259-277.
- Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.
- NODC. 1991. Users Guide. National Oceanographic Data Center . N° 14. NOAA.
- Osses, J. 1997. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. pp 68- 77. Informe Final Proyecto FIP 97-02 Fondo de Investigación Pesquera.
- Osses, J. 1998. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. pp 57- 62. Informe Final Proyecto FIP 98-08. Fondo de Investigación Pesquera,
- Osses, J. 1996. Condiciones oceanográficas asociadas al reclutamiento de anchoveta. **En:** Estimación del reclutamiento de anchoveta en la zona norte de Chile (I y II regiones). Informe Final, Proyecto Fondo de Investigaciones Pesqueras. Inst., Fom Pesq. Valparaiso, Chile.
- Osses, J. 1997. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. pp 68- 77. Informe Final Proyecto FIP 97-02 Fondo de Investigación Pesquera.



- Osses, J. 1998. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo biooceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. pp 57- 62. Informe Final Proyecto FIP 98-08. Fondo de Investigación Pesquera,
- Osses, J. 1998. Distribución de la biomasa fitoplanctónica. **En:** Evaluación del reclutamiento de la anchoveta en la zona norte. Proyecto FIP 97.
- Osses, J. 1999b. Análisis de pigmentos vegetales. **En:** Monitoreo acústico estacional de las condiciones bio-oceanográficas en las regiones I y II (Etapa I). Proyecto FIP 98-08.
- Osses. 1998. Distribución de la clorofila a y los feopigmentos. **En:** Monitoreo mensual de las condiciones biooceanográficas en la I y II regiones. Proyecto FIP 96-07.
- Osses. 1999a. Distribución de la clorofila a y los feopigmentos. **En:** Monitoreo oceanográfico estacional de los recursos pelágicos en la I y II regiones. Proyecto FIP 97-02.
- Parrish. R.H. y A.D. Mac Call. 1978. Climatic variations and exploitation in the pacific mackerel fishery. Calif. Dep. Fish. Game. Fish. Bull. 167:109 p.
- Parsons, T.R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press 173 pp.
- Peterman, R.M. and M.J. Bradford. 1987. Wind speed and mortality rate of marine fish, the northern anchovy (*Engraulis mordax*). *Science*. 235: 354-356.
- Peterman, R.M., M.J. Bradford, N.C.Lo and R.D. Methot. 1988. Contribution of early life stages to interannual variability in recruitment of northern anchovy (*Engraulis mordax*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*45:8-16.
- Petitgas, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessments: a review and on acoustic application. *ICES J. mar. Sci.*, 50: 285-298.



- Pitcher, T. y P.J.B. Hart. 1982. Fisheries Ecology. The Avi. Publishing Company. I.N.C. Westport; Connecticut. 414 p.
- Reid, J. L. (1965). Intermediate waters of the Pacific Ocean. The Johns Hopkins Oceanographic Studies, No. 2: 85 pp.
- Reid, J. L. (1973a). Transpacific Hydrographic sections at Lats. 43°S and 28°S., the SCORPIO Expedition III. Upper water and a note on southward flow at mid depth. Deep Sea Res., 20 (1): 39-49.
- Reid, J. L. (1973b). The shallow salinity minima of the Pacific Ocean. Deep Sea Res., 20 (1): 51-68.
- Robotham, H and J. Castillo. 1990. The bootstrap method: an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. Rapp. P.-v. Reún. Cons. int. Explor.Mer, 189: 421 - 424.
- Rojas de Mendiola B. (1980). Summary of the studies about food and feeding habits of the anchovy (*Engraulis ringens* J.). IOC workshop Report N°28: 221-231.
- Roy, C., P. Cury and S. Kifani. 1992. Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. The Benguela and Comparable Ecosystem Payne, A.I.L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (Eds). S. Afr. J. mar. Sci. 12: 135 - 146.
- Ryther, J.H., D.W. Menzel, E.M. Hulburt, C.J. Lorenzen & N. Corwin. (1971). Production and utilization of organic matter in Perú coastal current. Investigación Pesquera. 35: 43-59.
- Sharp, G. 1980. report of the Workshop on effects of enviromental variation on survival of larval pelagic fishes. In: IOC Workshop report N° 28:15-59.
- Shelton, P., L. Hutchings. 1990. Ocean Stability and Anchovy Spawning in Southern Benguela Current Region. Fishry Bulletin, U. S. 88:323-38.



- Shotton R. y Bazigos G.P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic survey. *Rapp.P.V. Reun. Cns. Int. Explor. Mer.* 184: 34 -57.
- Shotton, R. 1979. Acoustic survey design. In: Meeting on Hydroacoustical methods for the estimation of marine fish population. Cambridge, MA, USA. 25- 29 june 1979.
- Sievers H. y N. Silva. 1982. Masas de agua y circulación frente a la costa de Chile entre las latitudes 18°S - 33°S (Operación Oceanográfica "MARCHILE VIII") *Cienc. y Tec. del Mar. Contrib. CONA* (6): 11-99.
- Sievers, H. y N. Silva. 1982. Masas de agua y circulación frente a la costa de Chile entre las latitudes 18°S -33°S (Operación Oceanográfica "MARCHILE VIII". *Cienc. Y Tec. Del mar. Contrib. CONA.* 6:11-99.
- Sievers, H. y N. Silva. 1975. Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico Sudoriental. Latitudes 18°S - 33°S. Operación MARCHILE VII. *Cien. Y Tec. Del Mar. Contrib. CONA.* 1: 7-67.
- Sievers, H. y N. Silva. 1982. Masas de agua y circulación frente a la costa de Chile entre las latitudes 18°S - 33°S (Operación Oceanográfica "MARCHILE VIII"). *Cienc- y Tec. Del Mar. Contrib. CONA.* 6: 11-99.
- Silva, N. Y D. Konow H. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4 , julio - agosto 1974. *Rev. Com Per. Pacífico Sur*, (3) : 63-75.
- Silva, N. Y H. Sievers. 1981. Masas de agua y circulación en la región de la rama de la Corriente de Humbolt. Latitudes 18°S -33°S (Operación Oceanográfica "MARCHILE X ERFEN I). *Cienc. y Tec. del Mar. CONA.* 5:5-50.
- Silva, N. y D. Konow H. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4, julio - agosto 1974. *Rev. Com. Per. Pacífico sur*, (3):63-75.



- Silva, N. y H. Sievers, (1981). Masas de agua y circulación en la región de la Rama Costera de la Corriente de Humboldt. Latitudes 18°S - 33°S. (Operación Oceanográfica MARCHILE X - ERFEN I). Cienc. y Tec. del Mar. CONA N°5: 5-50.
- Simmonds E. John, N. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1991. Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. ICES C.M. 1991, 113 p. (Figures).
- Simpson, J.J. And T.D. Dickey. 1981. The relationship between downward irradiance and upper ocean structure. *J. Phys. Oceanogr* 11:309
- Simpson, J.J. and T.D. Dickey. 1981. The relationship between downward irradiance and upper ocean structure. *J. Phys. Oceanogr.* 11:309.
- Skillman, R. A., & m. Y. Y. Yong. 1974. Length-weight relationships for six species of billfishes in the central Pacific Ocean. In R.S. Shomura and F. Williams (editor). Proceeding of the international Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and contributed papers, p. 126-137. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675.
- Smith, R. 1968. Upwelling. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 6:11-46.
- Smith, P.E. 1985. Year- class strength and survival of 0-group clupeoids. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 42 (Suppl 1): 69-82.
- Smith, P.E. y S. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Documentos Técnicos de Pesca N° 175.
- Sobarzo, M & D. Figueroa. (1998). Rise of waters in the Bio-Bio river submarine Canyon (Chile) as a response to surface winds. *Cont. Shelf Res.* (en prensa).
- Strickland, J.D.H y T.R. Parsons. 1968. A practical handbook for seawater analysis. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 167:311 pp.



UNESCO. 1981 a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. Unesco Tech. Papers in Mar., Sci. N°36.

UNESCO. 1981 c. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.

Walters, C. J. 1981. Optimum escapements in the face of alternative recruitment hypothesis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 678- 689.

Zar, Jerrold H. (1974). Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clifs, N. J.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

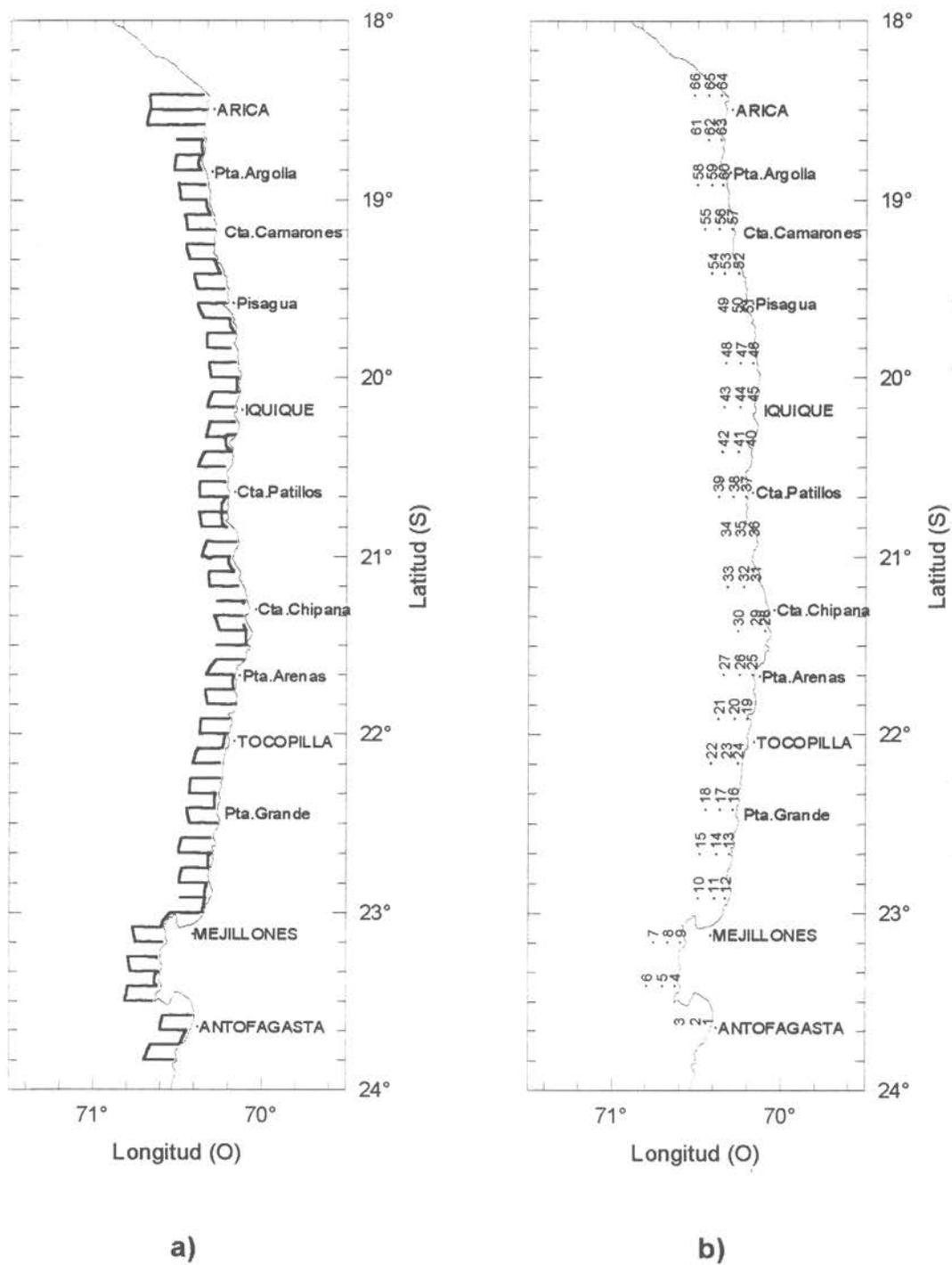


Figura 1. a) Track de navegación acústico y b) posición geográfica de las estaciones oceanográficas. Crucero RECLAN 0001.

Captura (kg)

- 1 a 100
- ◈ 100 a 300
- 300 a 600
- > 600

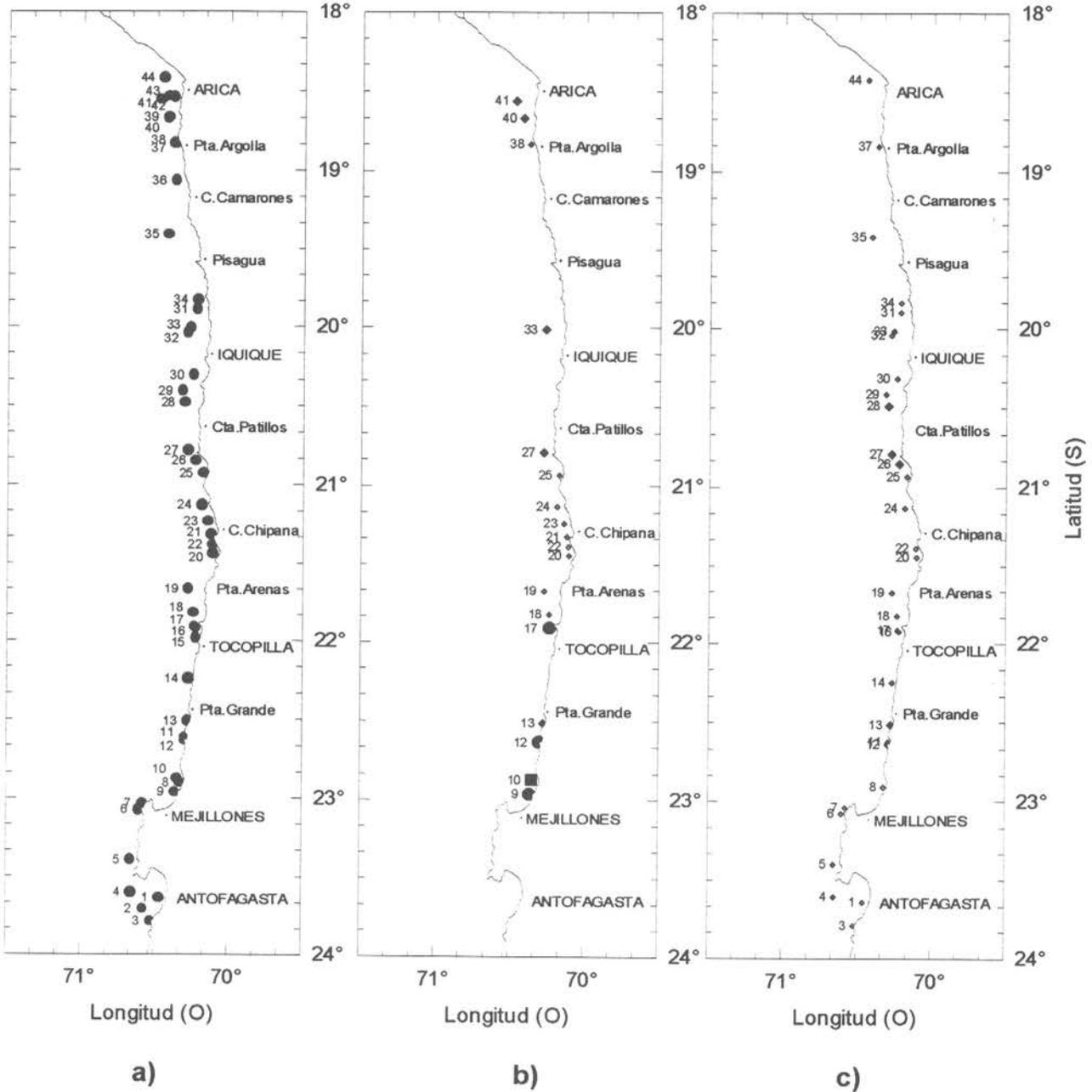


Figura 2. a) Ubicación de los lances de pesca de media agua; b) captura de anchoveta y c) captura de otras especies. Crucero RECLAN 0001.

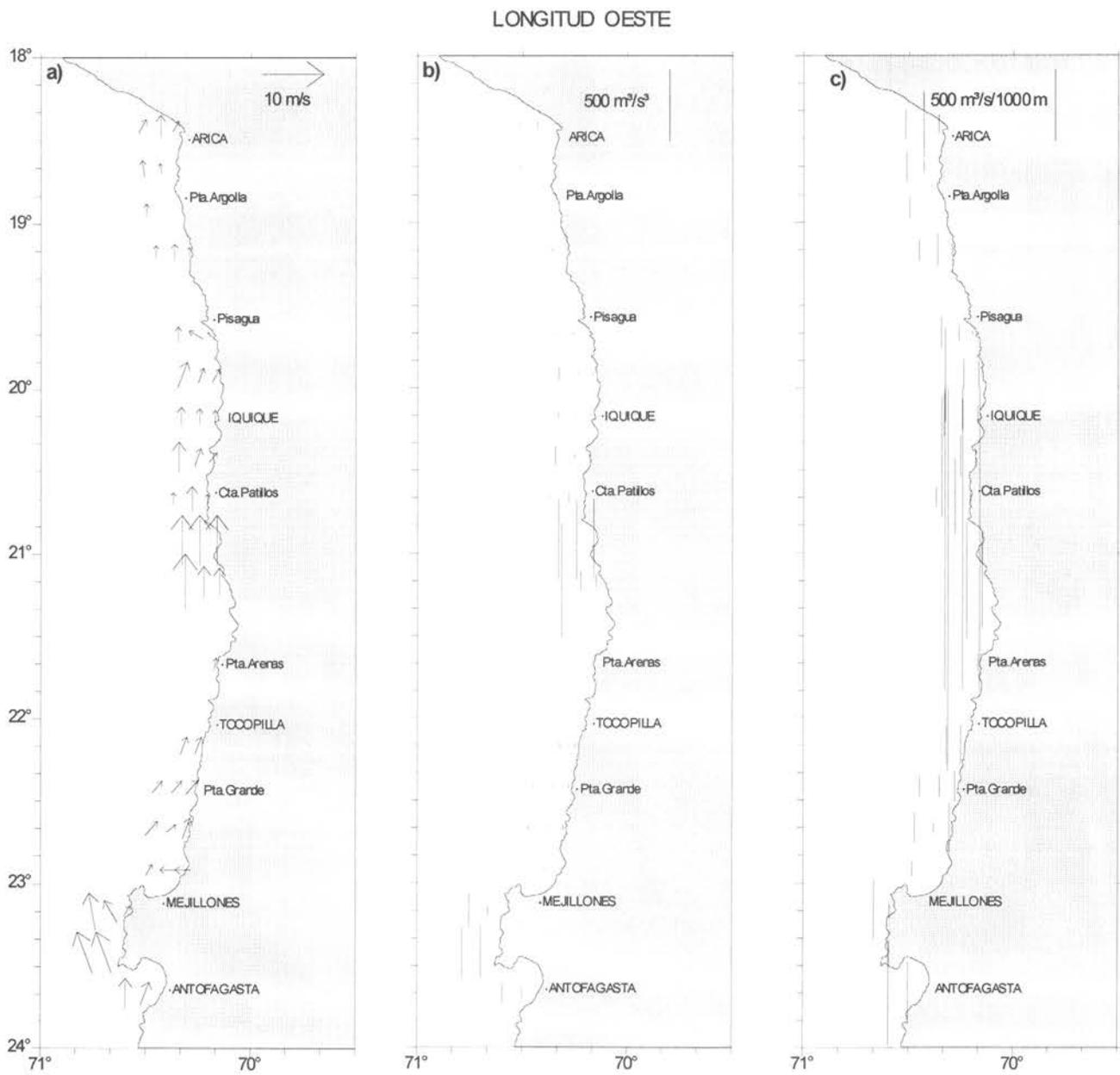


Figura 3. a) Intensidad y dirección del viento, b) turbulencia y c) índice de surgencia. Crucero RECLAN 0001.

LONGITUD OESTE

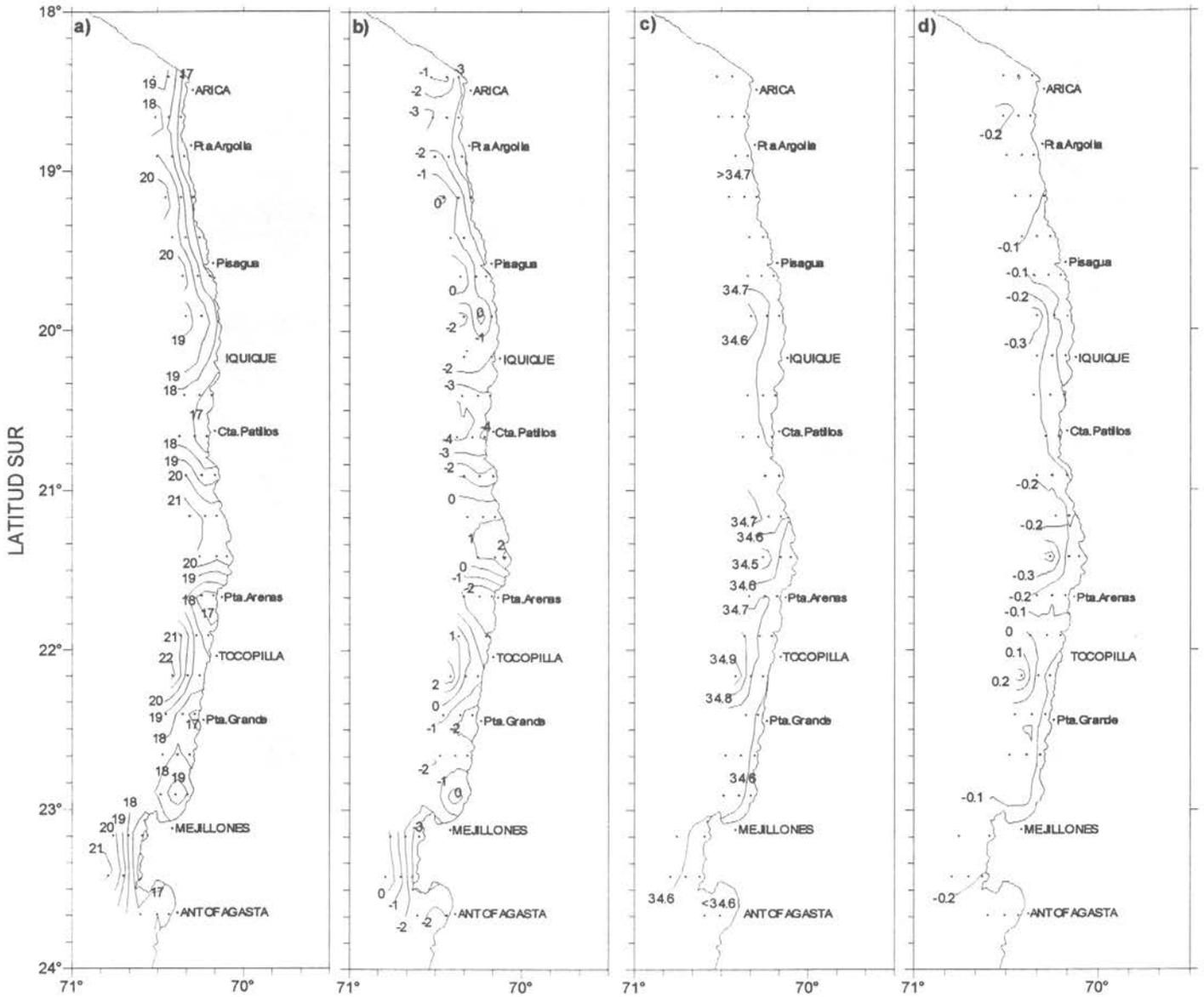


Figura 4. Distribución superficial de a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (psu) y d) anomalía de salinidad (psu). Crucero RECLAN 0001.

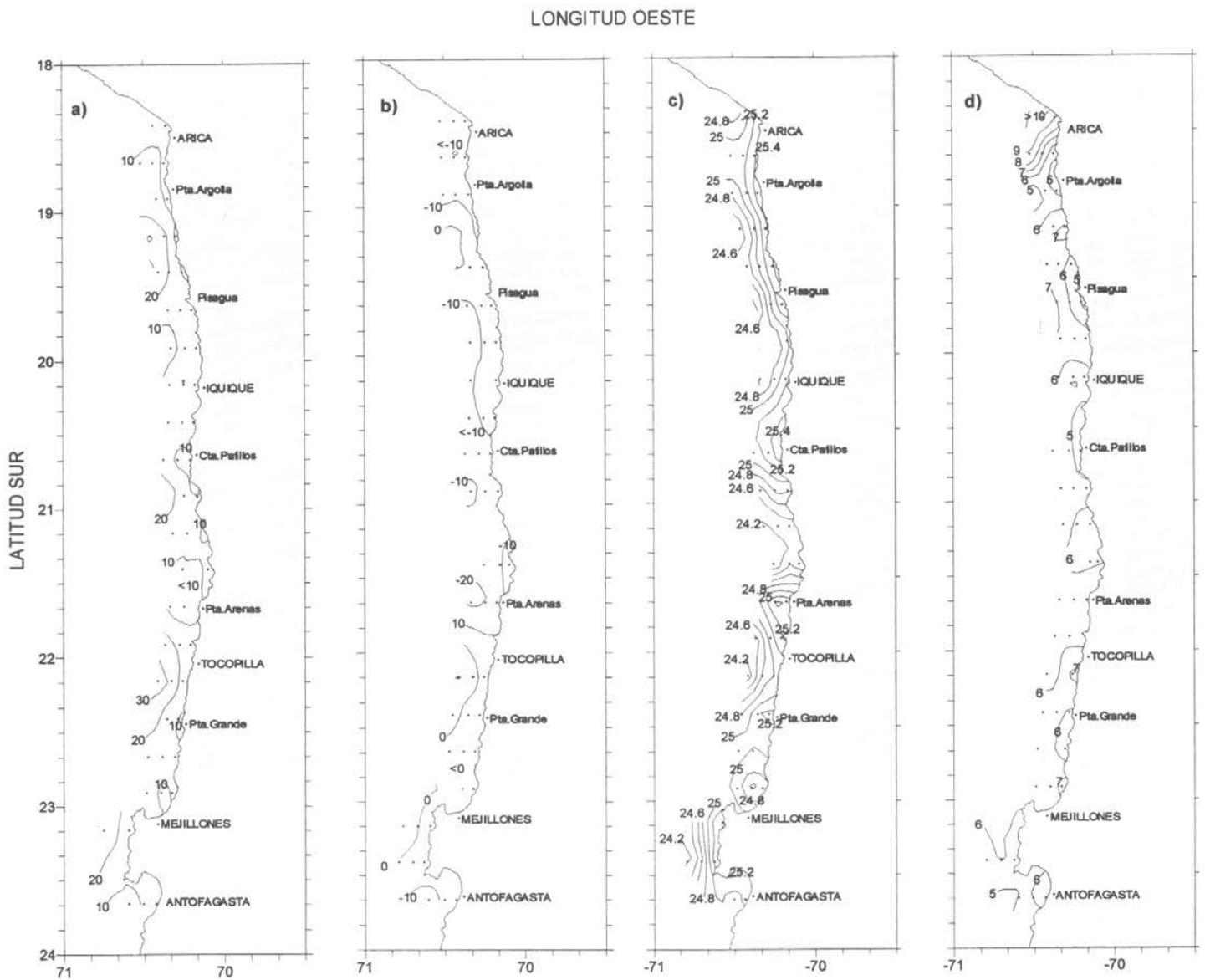


Figura 5. a) Profundidad de la isoterma de 15°C (m), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15°C (m), c) densidad (sigma-t) y d) oxígeno disuelto (ml/l). Crucero RECLAN 0001

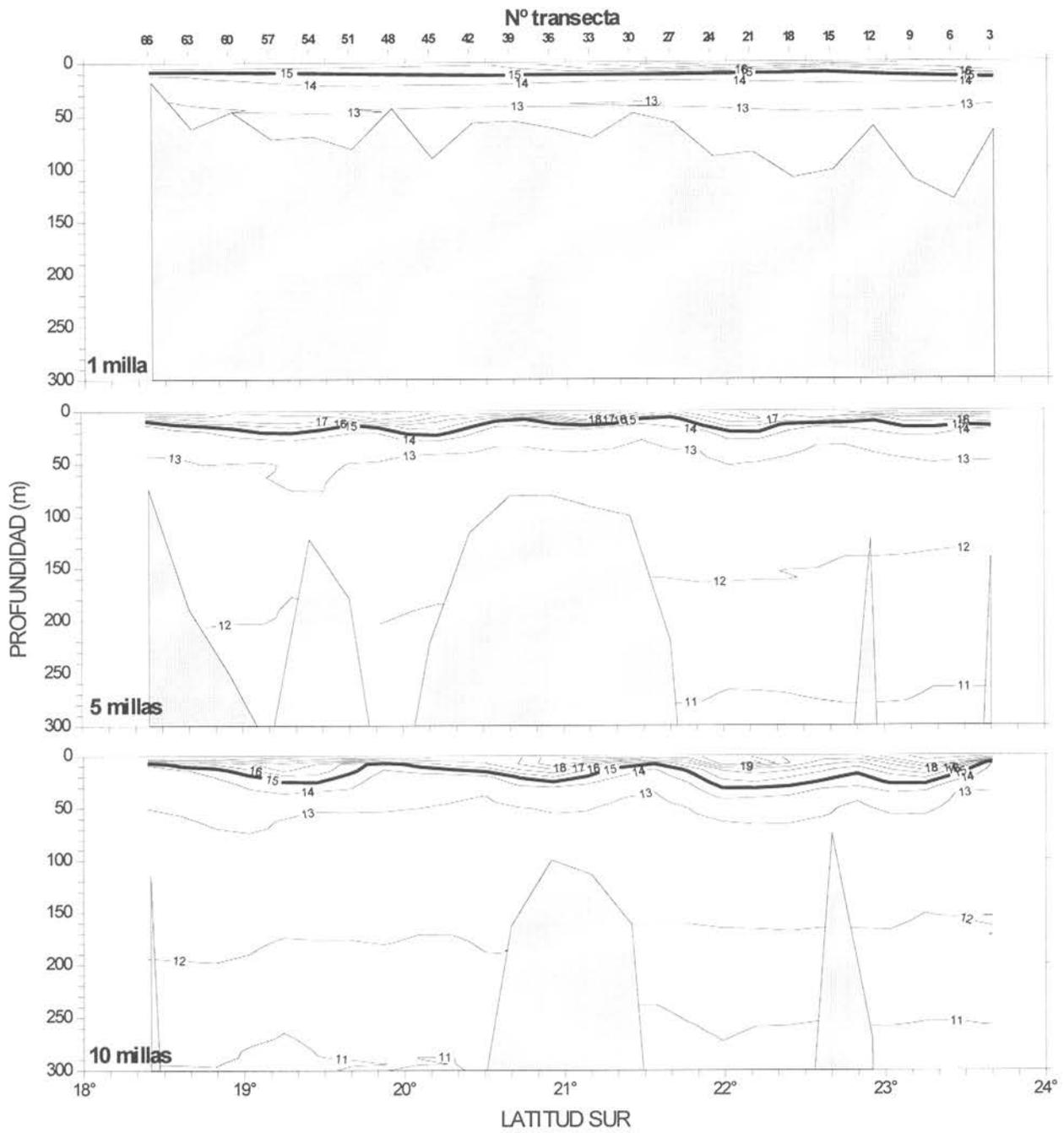


Figura 6. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn. De la temperatura (°C).
Crucero RECLAN 0001.

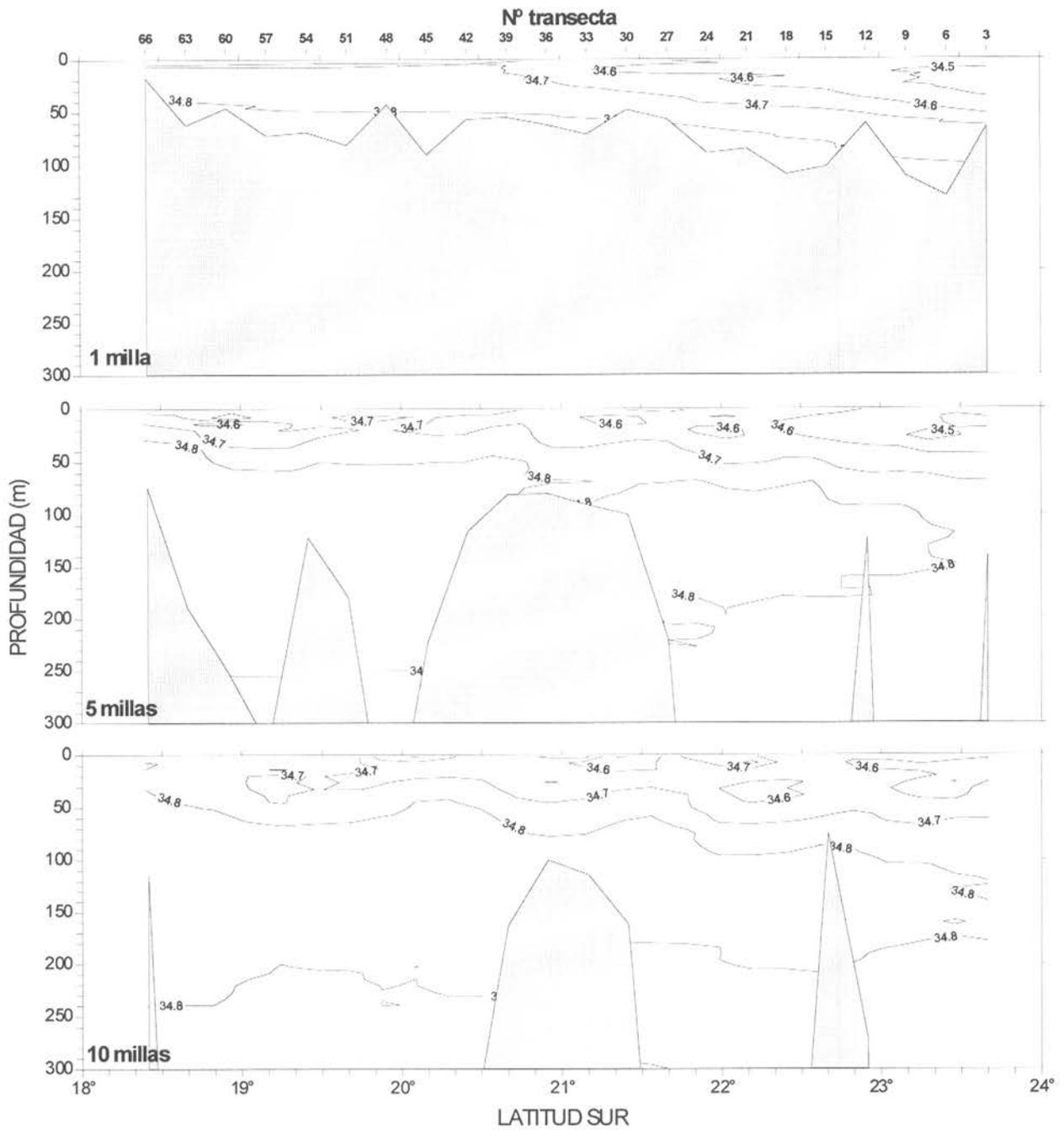


Figura 7. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn. de la salinidad (psu). Crucero RECLAN 0001.

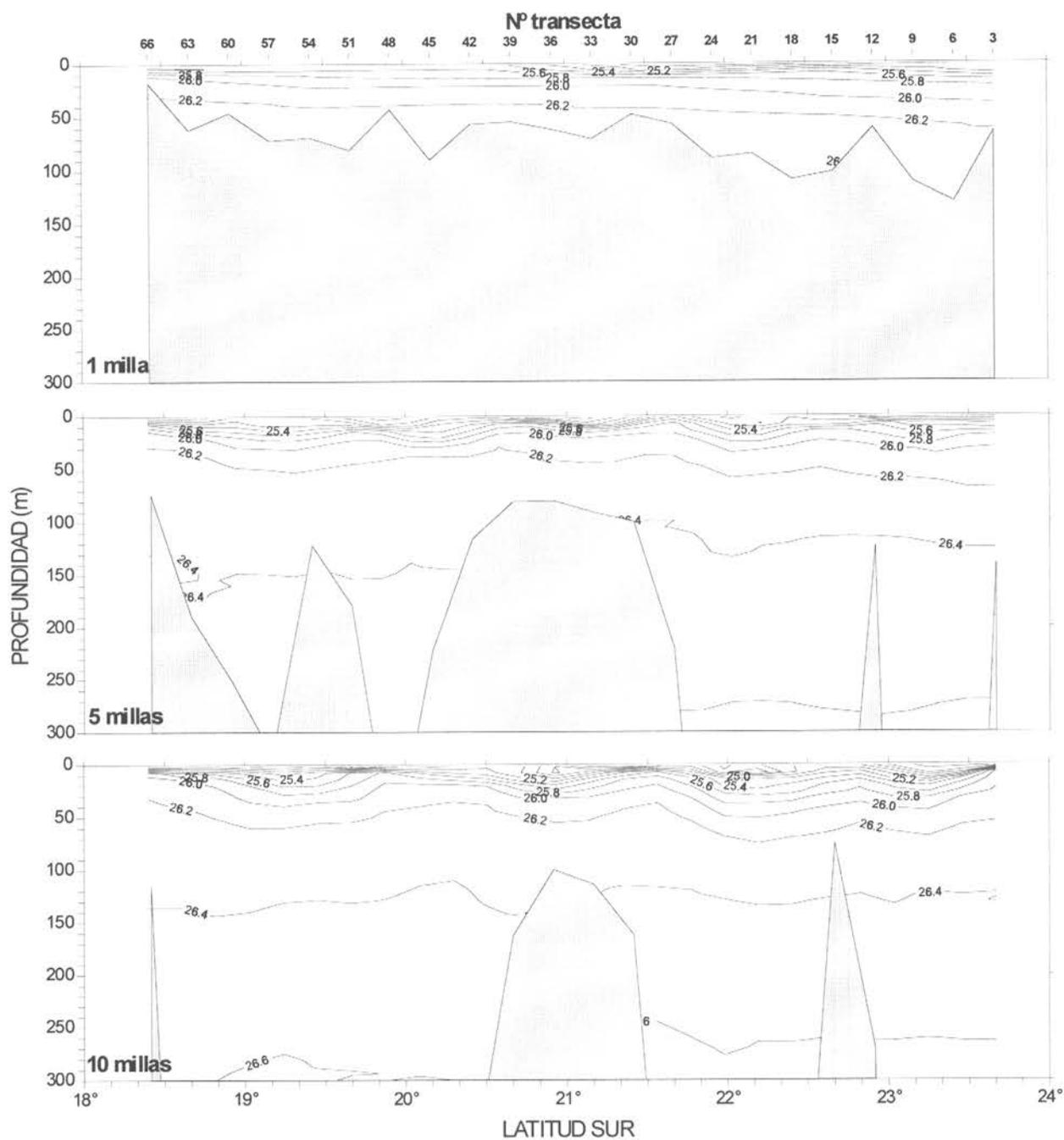


Figura 8. Distribución oparalela a la costa a 1, 5 y 10 mn. De la densidad (σ_t) (kg/m^3). Crucero RECLAN 0001.

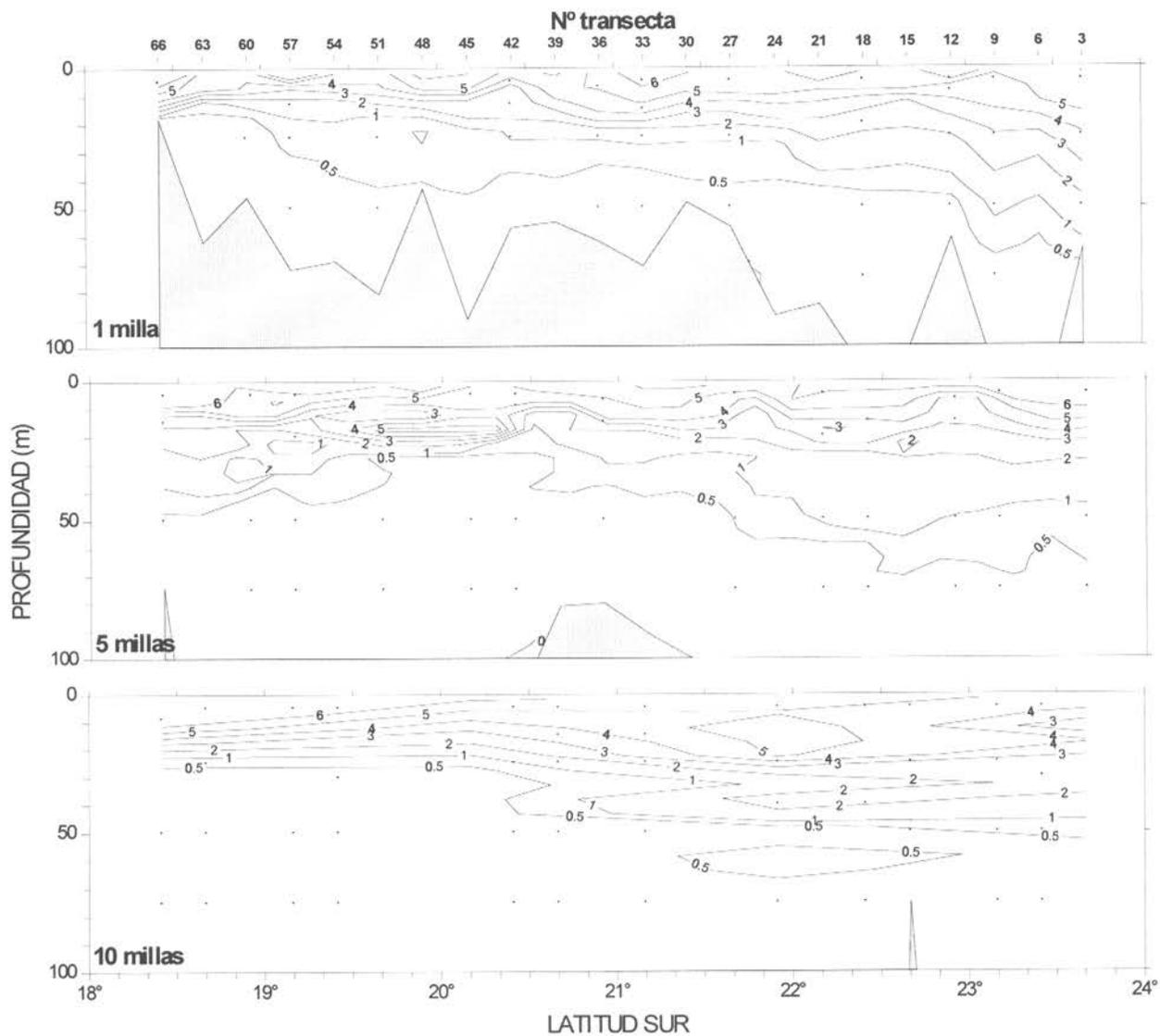


Figura 9. Distribución paralela a la costa a 1, 5 y 10 mn. de oxígeno disuelto (ml/l).
Crucero RECLAN 0001.

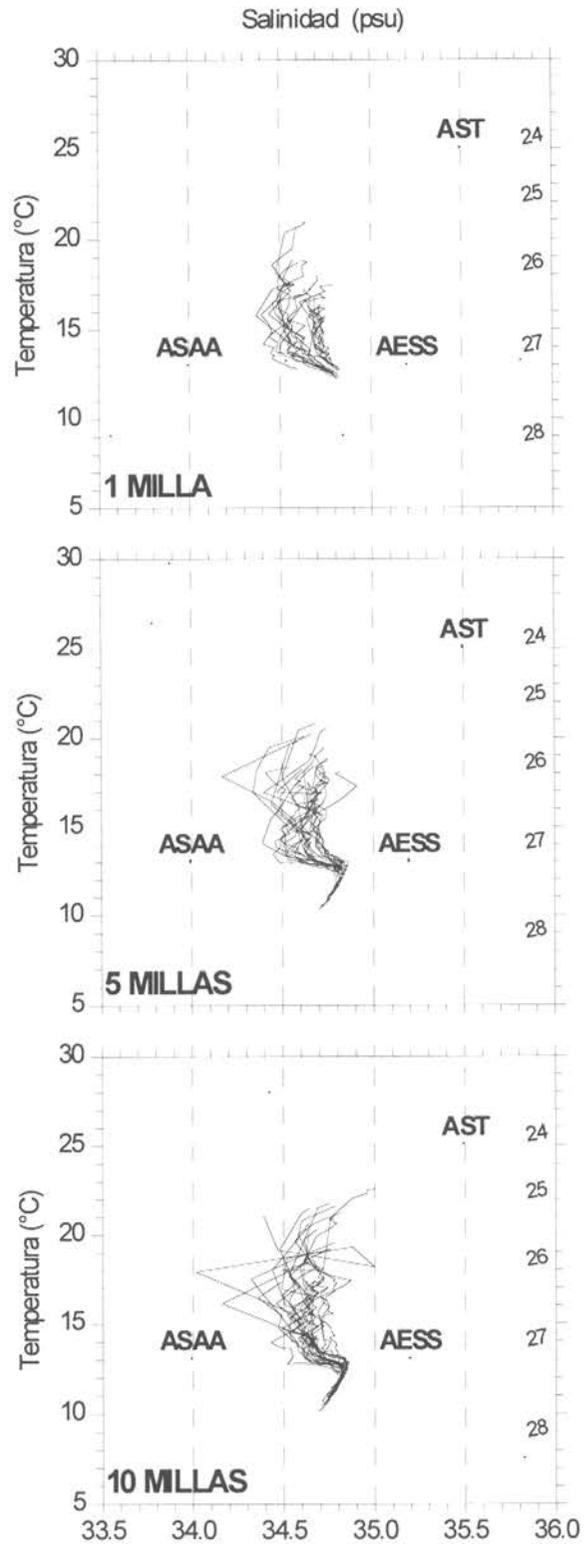


Figura 10. Diagramas t-s de las estaciones en las transectas paralelas a la costa a 1, 5 y 10 mn. Crucero RECLAN 0001.

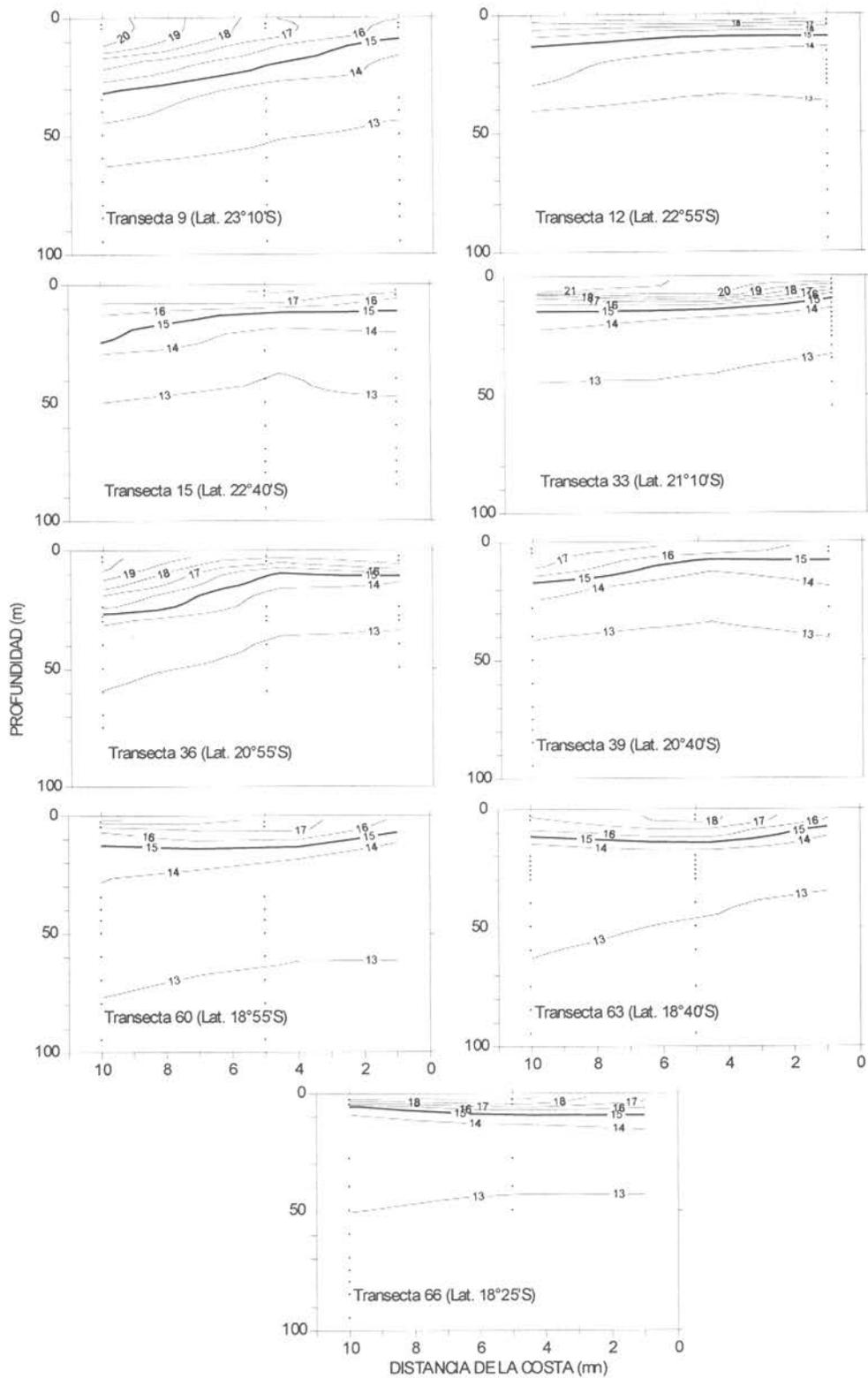


Figura 11. Distribución batimétrica de la temperatura (°C) en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63 y 66. Crucero RECLAN 0001.

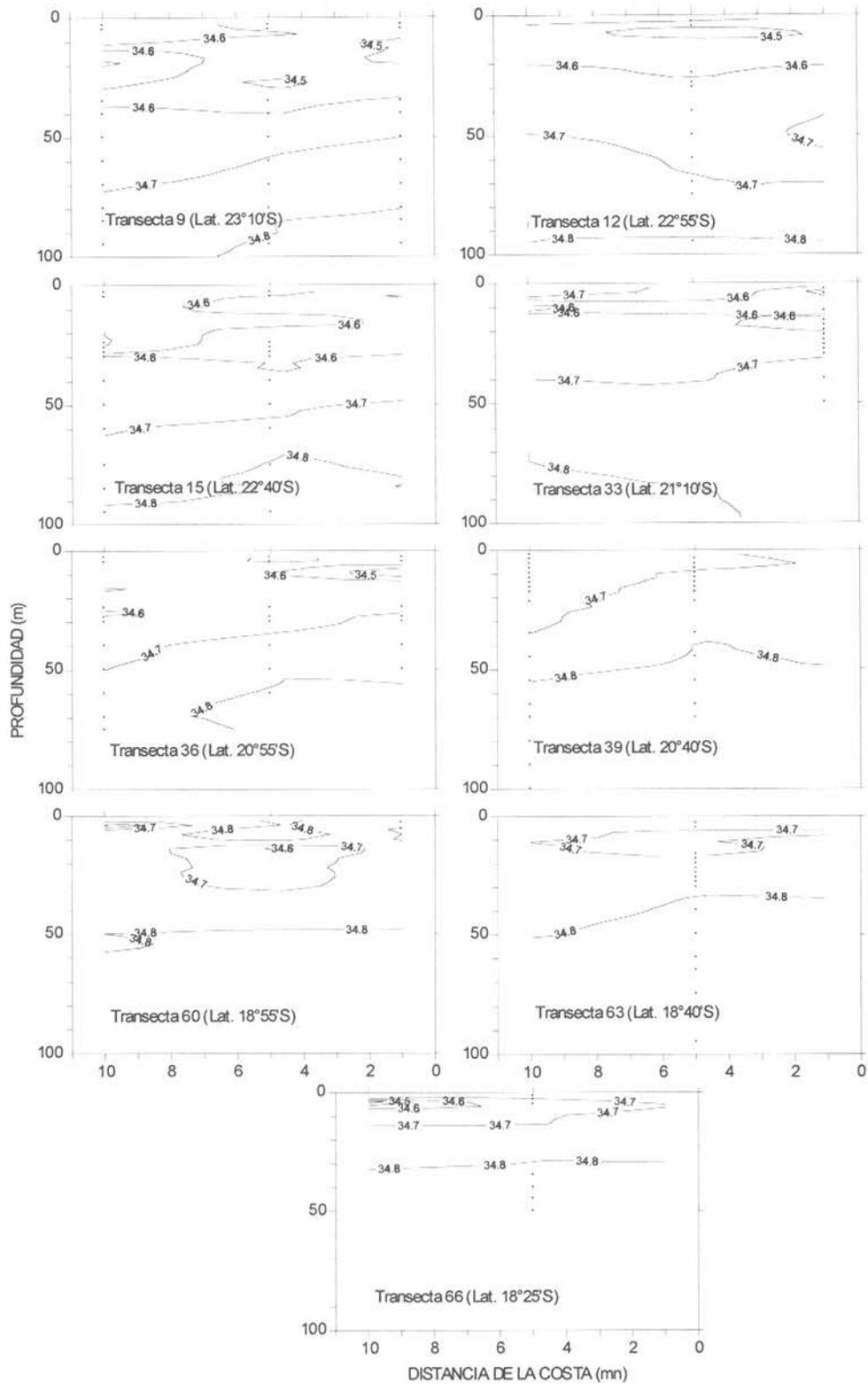


Figura 12. Distribución batimétrica de la salinidad (psu) en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63 y 66. Crucero RECLAN 0001.

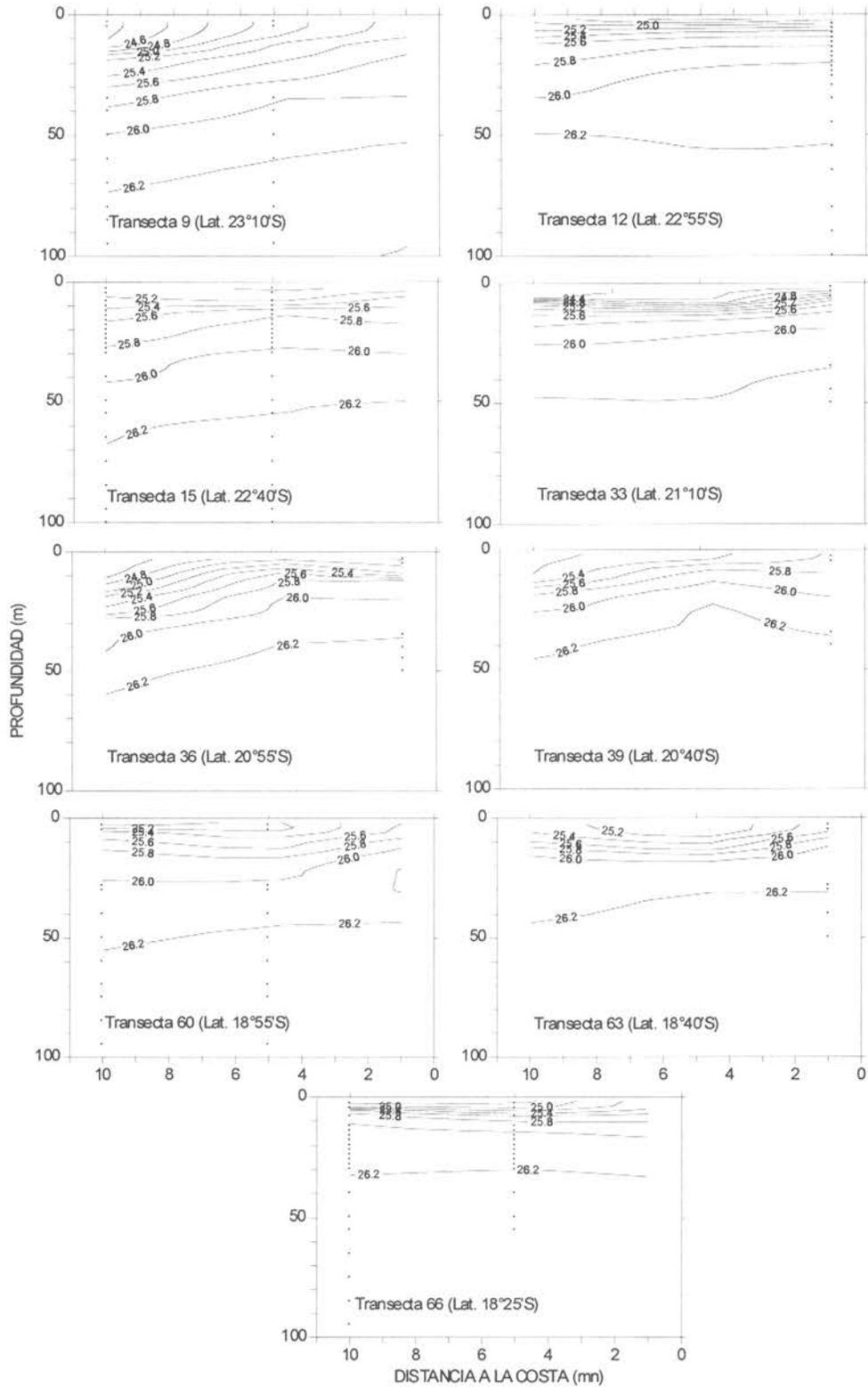


Figura 13. Distribución batimétrica de la densidad (σ_t) (kg/m^3) en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63 y 66. Crucero RECLAN 0001.

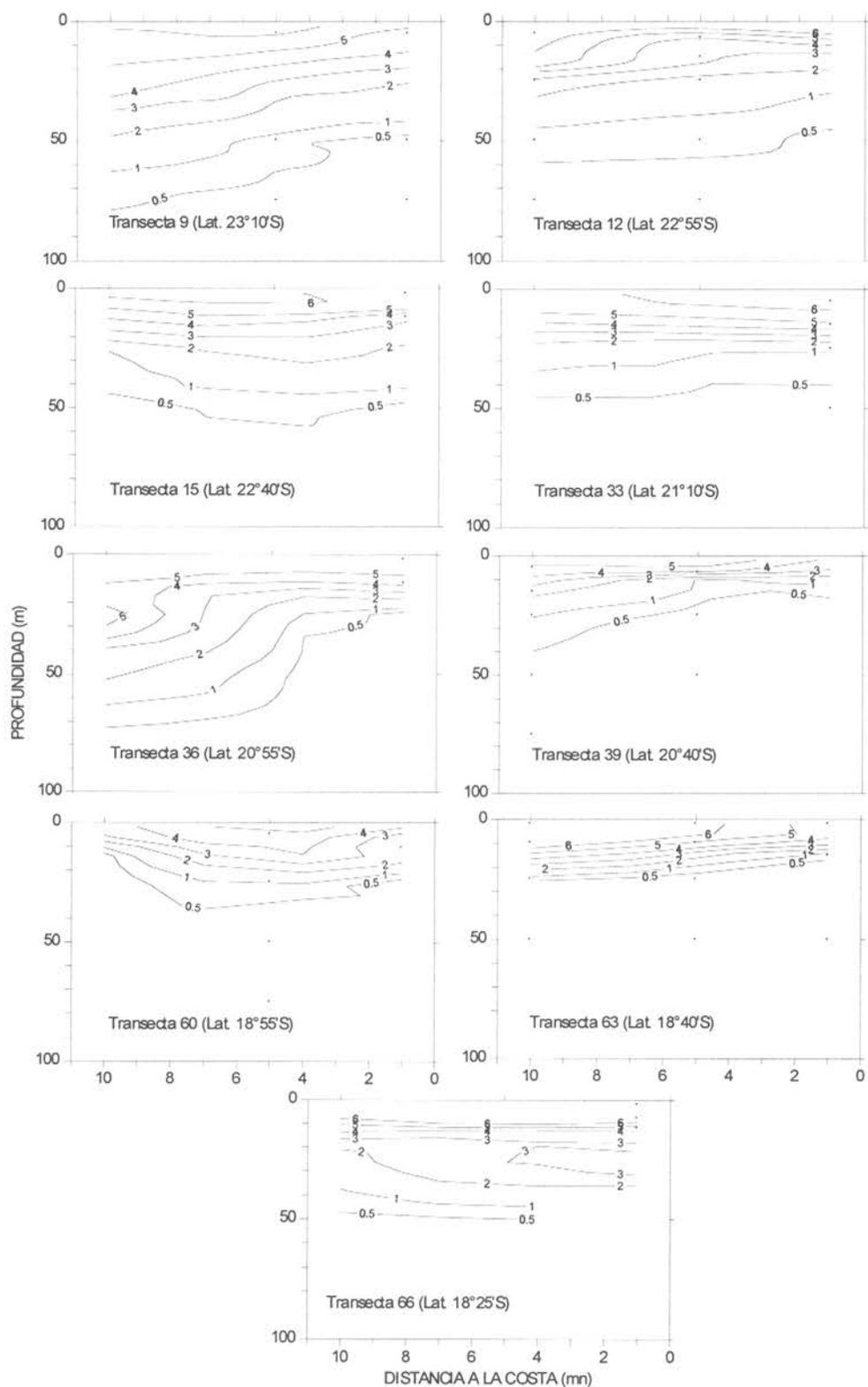


Figura 14. Distribución batimétrica del oxígeno disuelto (ml/l) en las transectas 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63 y 66. Crucero RECLAN 0001.

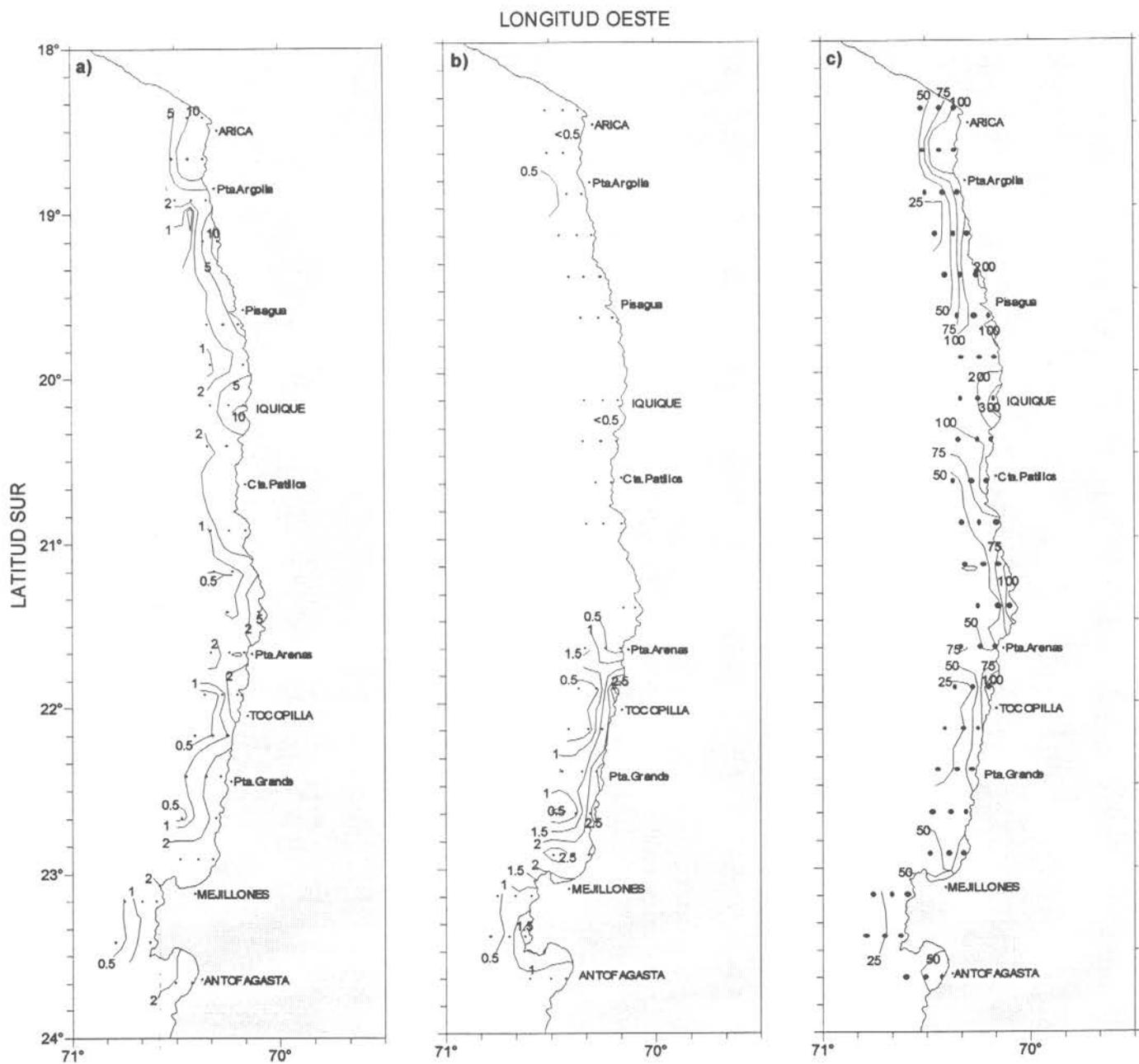


Figura 15. Distribución superficial de a) clorofila a ($\mu\text{g/L}$), b) feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) y c) clorofila integrada (mg/m^2). Crucero RECLAN 0001-.

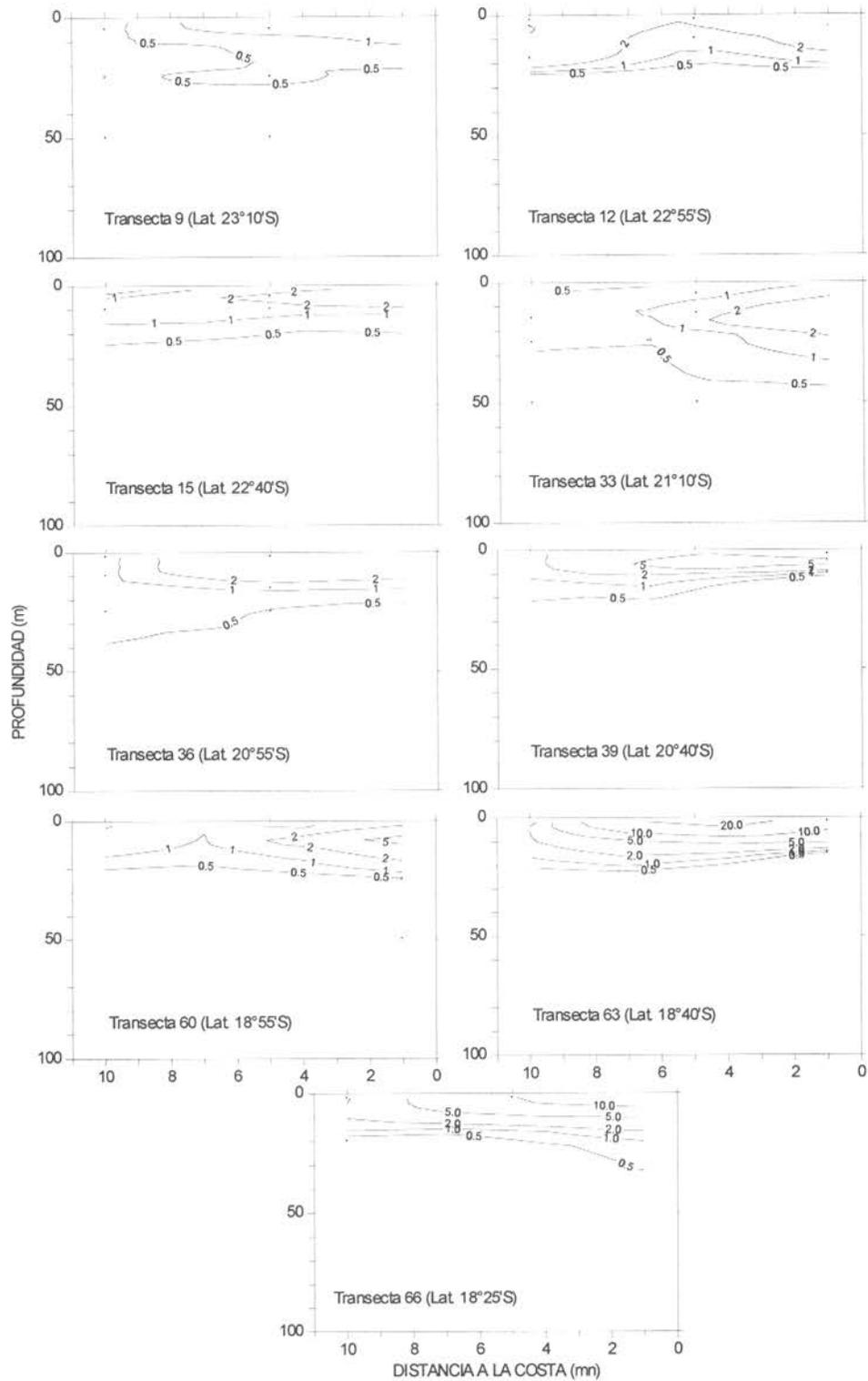


Figura 16. Distribución batimétrica de la clorofila *a* ($\mu\text{g/l}$) en las estaciones 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63 y 66. Crucero RECLAN 0001.

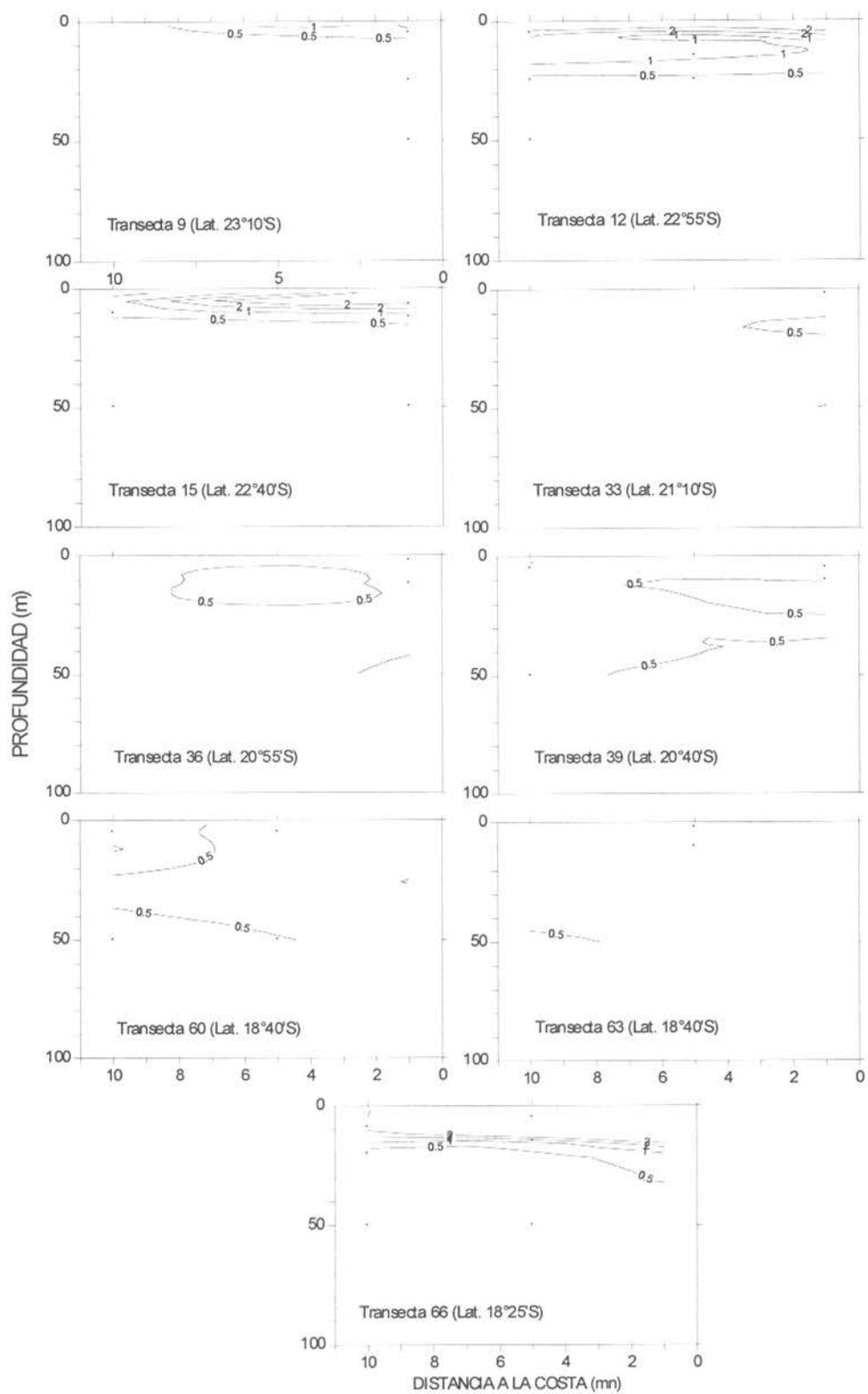


Figura 17. Distribución batimétrica de los feopigmentos ($\mu\text{g/l}$) en las estaciones 9, 12, 15, 33, 36, 39, 60, 63 y 66. Crucero RECLAN 0001.

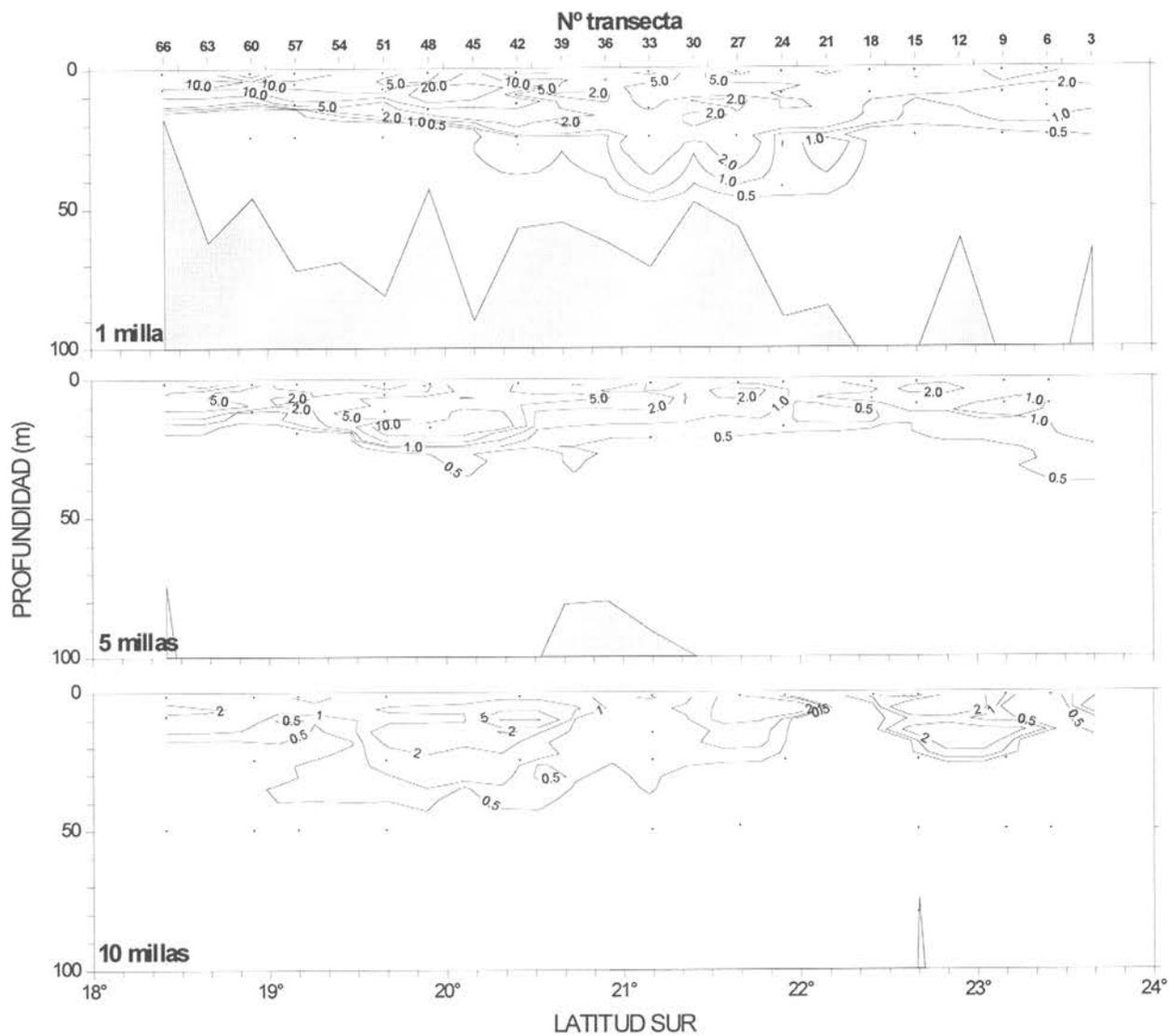


Figura 18. Distribución paralela a la costa a 1,5 y 10 mn. de la clorofila a ($\mu\text{g/l}$).
Crucero RECLAN 0001.

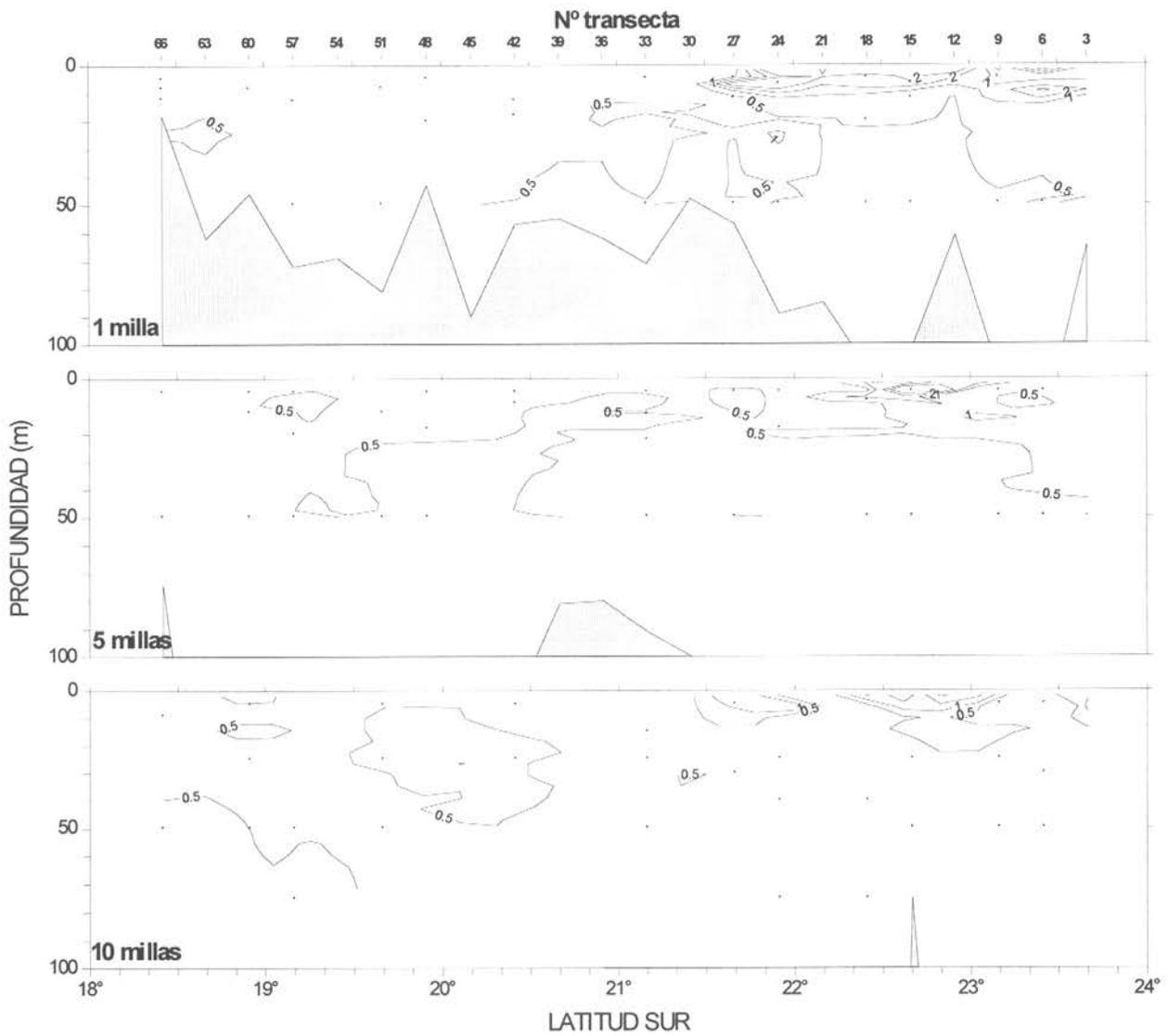


Figura 19. Distribución paralela a la costa a 1,5 y 10 mn. de los feopigmentos ($\mu\text{g/l}$).
Crucero RECLAN 0001.

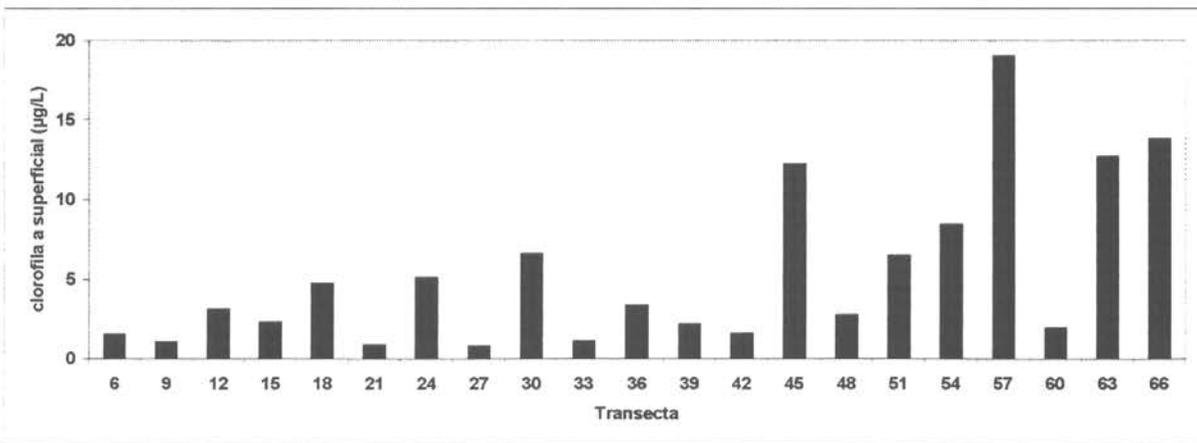
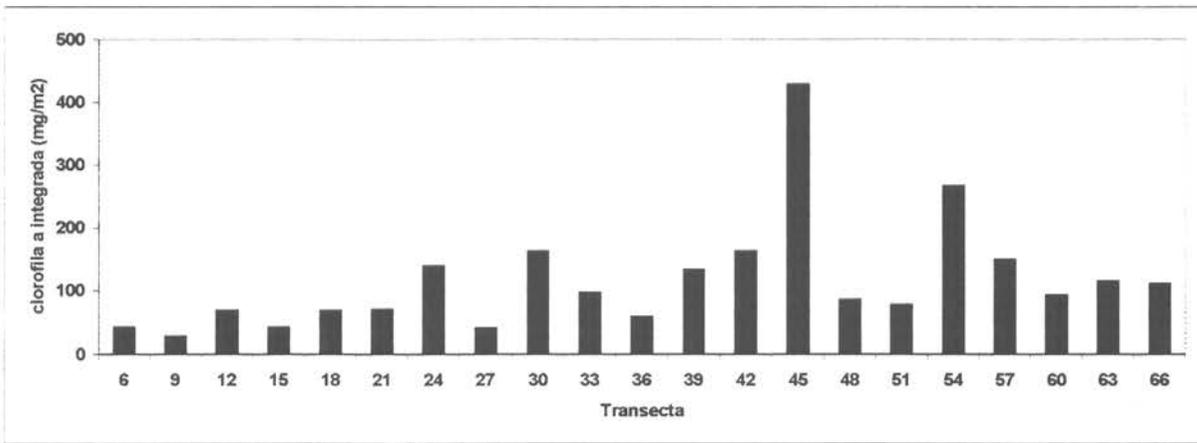
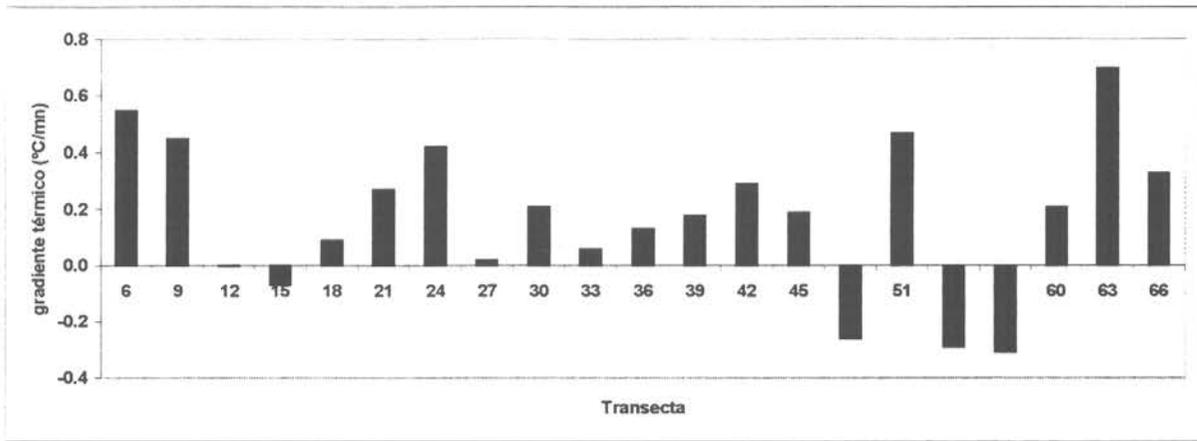


Figura 20. Diagramas del gradiente de temperatura (°C/mn), clorofila a integrada y superficial. Crucero RECLAN 0001.

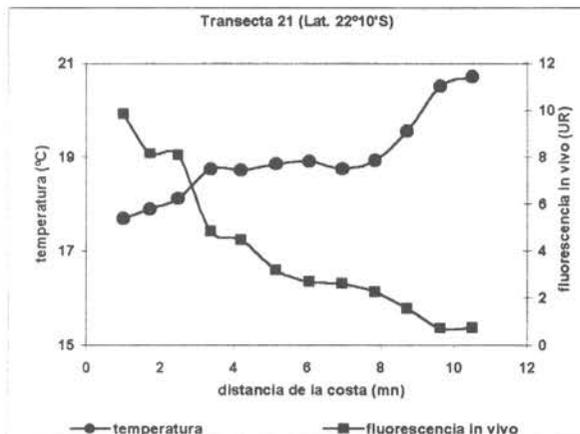
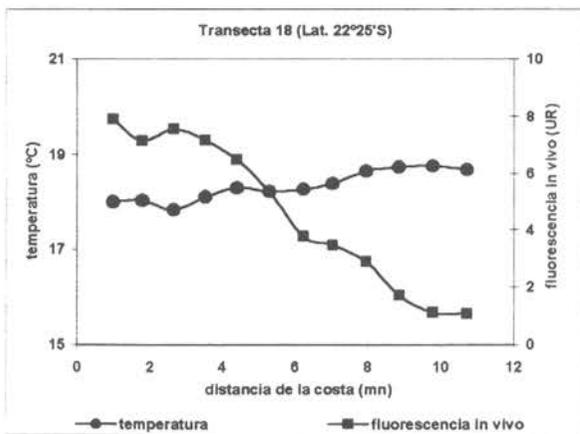
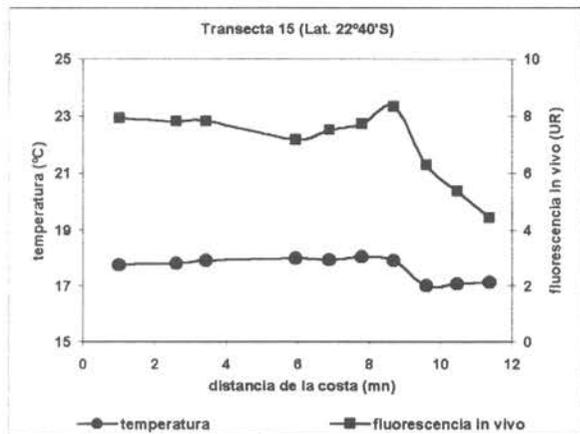
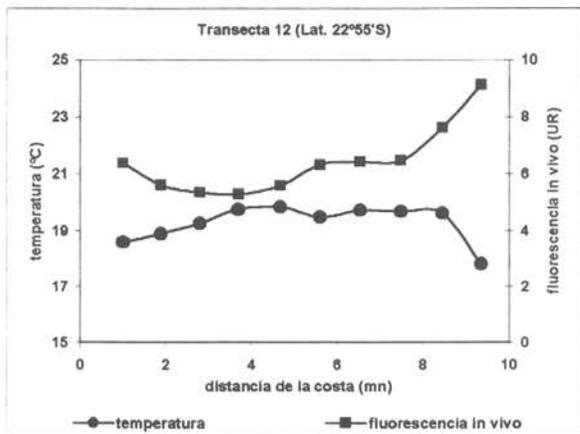
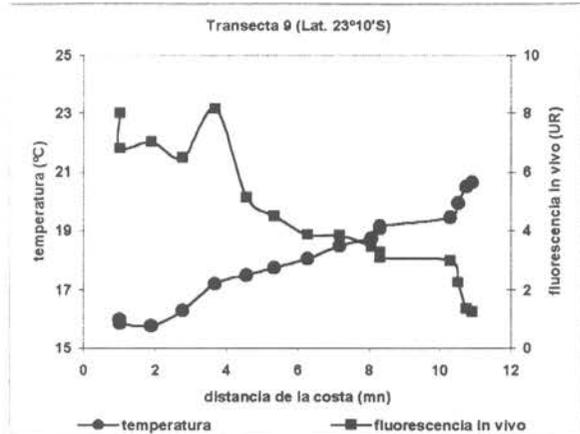
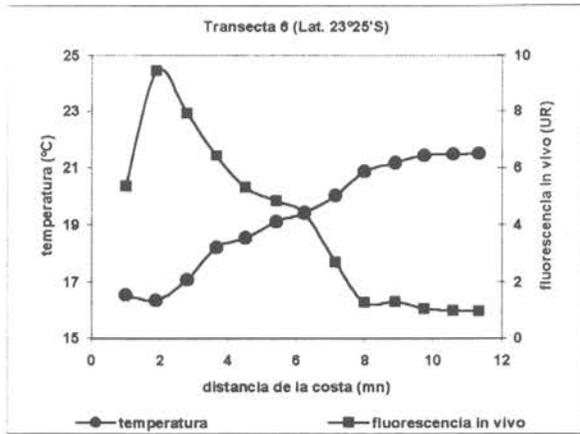


Figura 21. Distribución horizontal de la temperatura (°C) y la fluorescencia in vivo (UR), transecta 6 a la 21. Crucero RECLAN 0001.

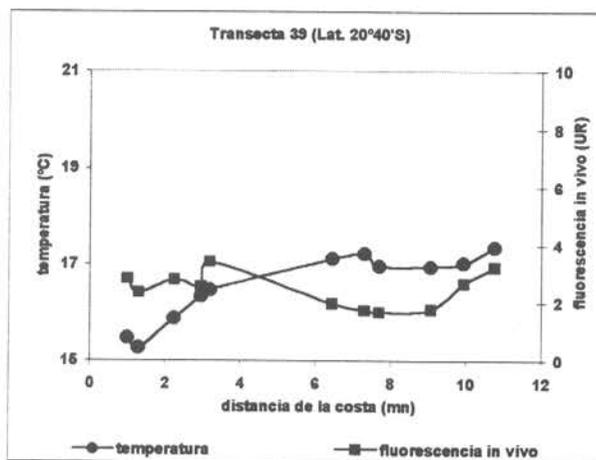
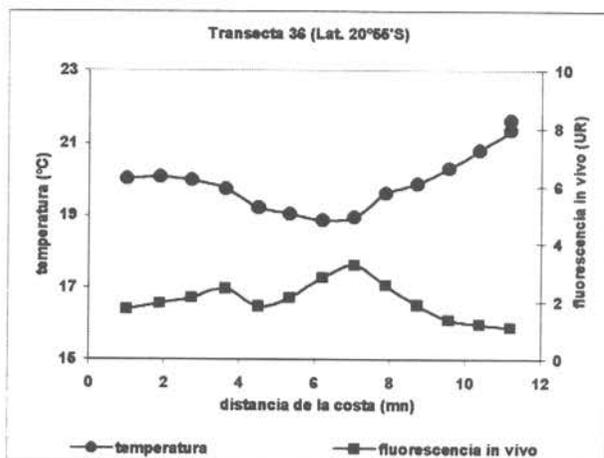
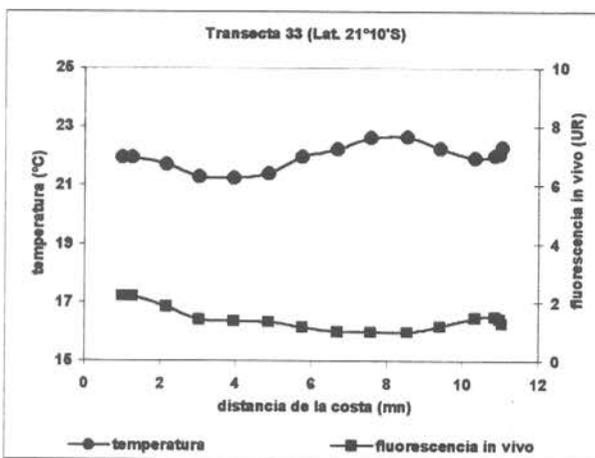
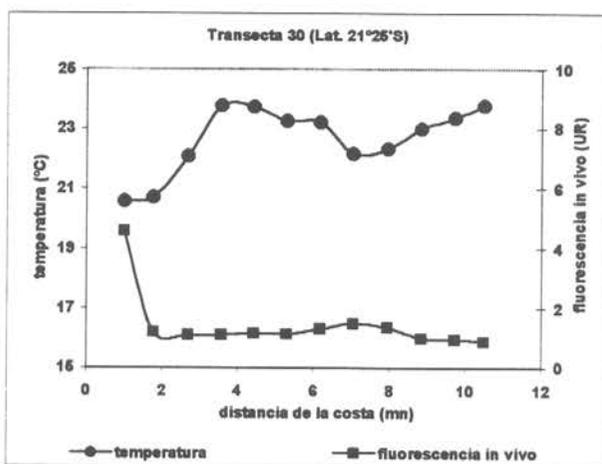
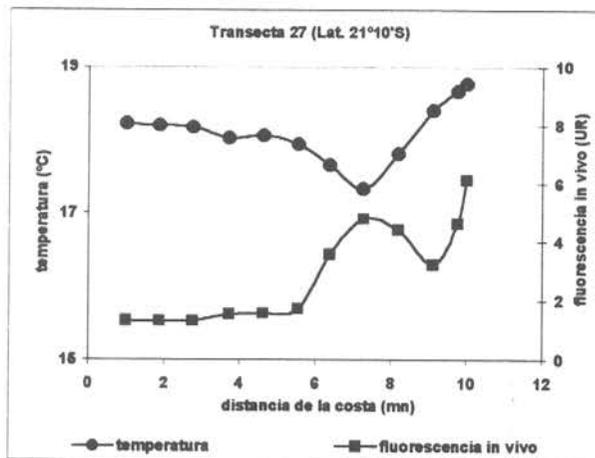
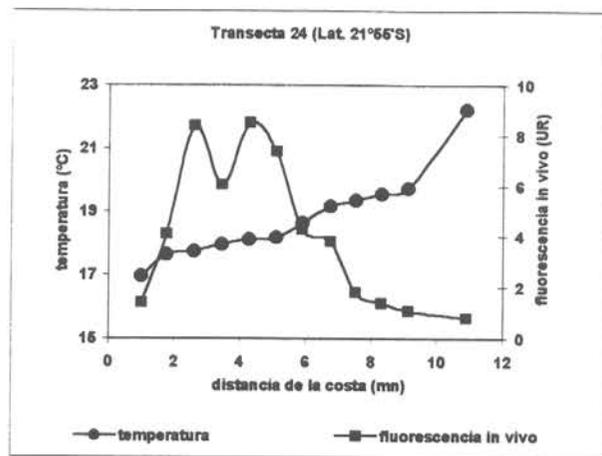


Figura 22. Distribución horizontal de la temperatura (°C) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 24 a la 39. Crucero RECLAN 0001.

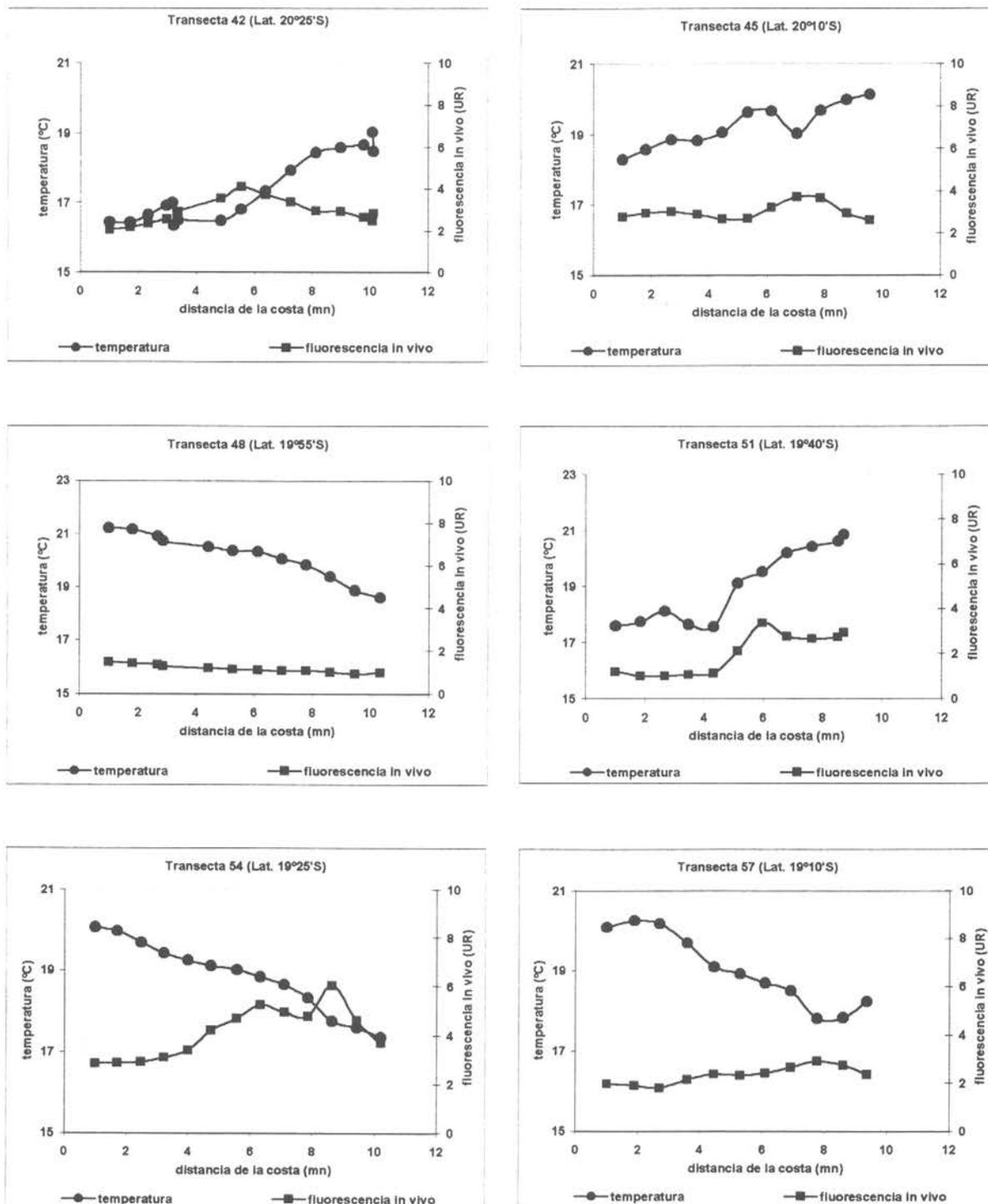


Figura 23. Distribución horizontal de la temperatura (°C) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 42 a la 57. Crucero RECLAN 0001.

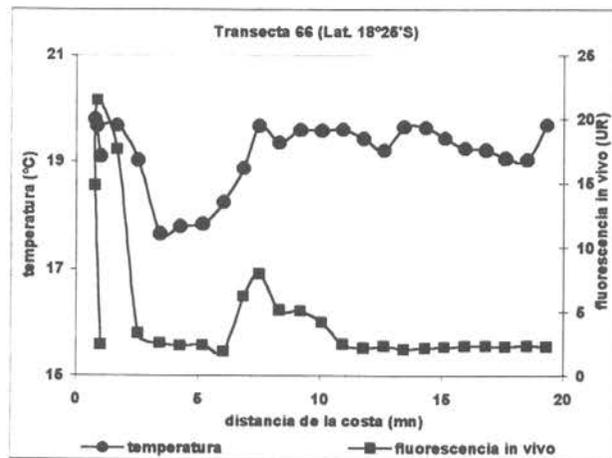
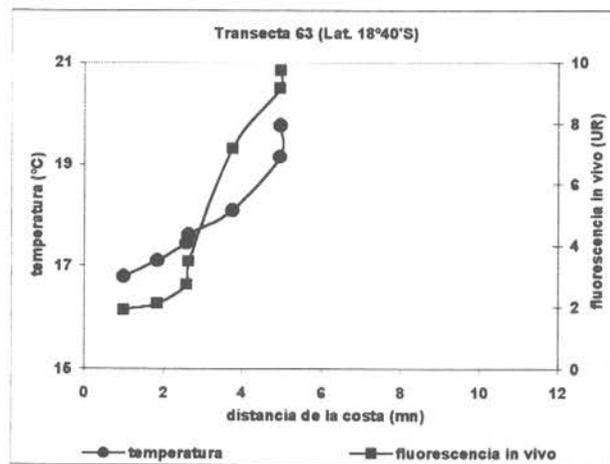
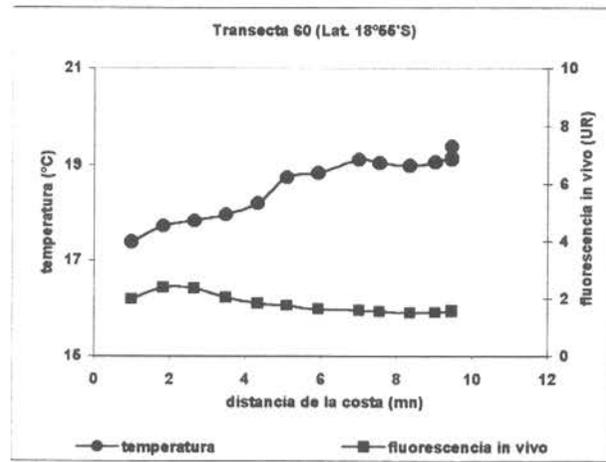


Figura 24. Distribución horizontal de la temperatura (°C) y la fluorescencia in vivo (UR), transectas 60 a la 66. Crucero RECLAN 0001.

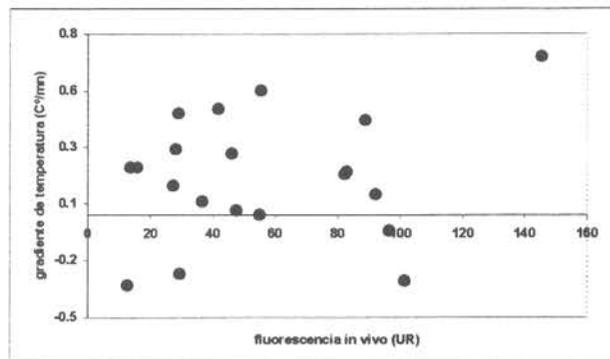
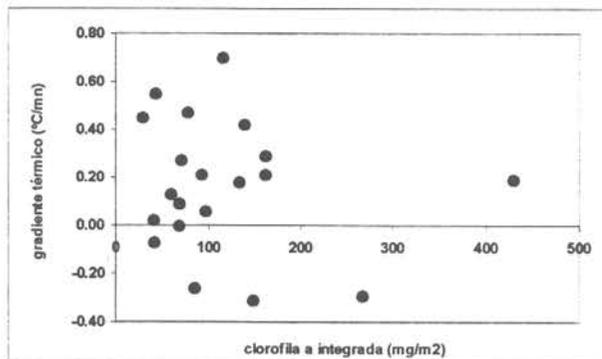
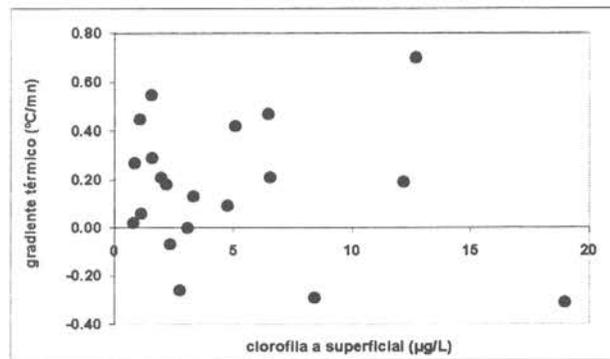
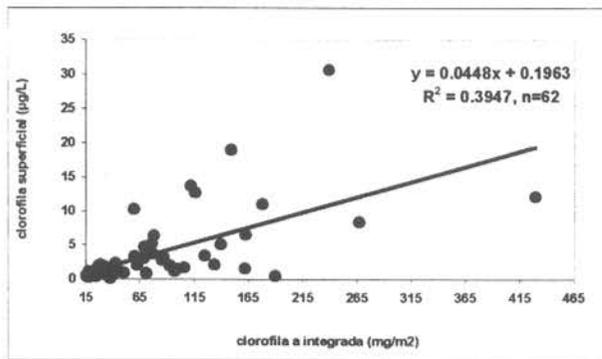
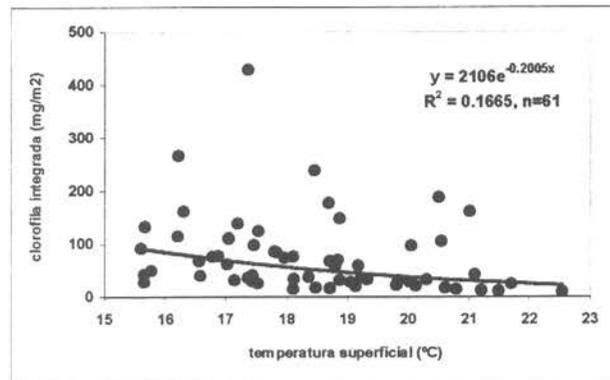
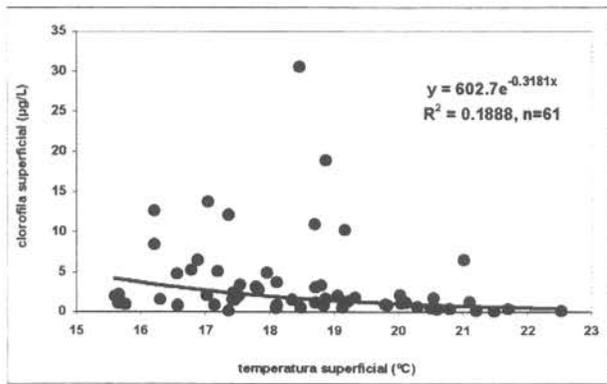


Figura 25. Diagramas de relaciones funcionales entre la biomasa fitoplanctónica y el campo térmico. Crucero RECLAN 0001.

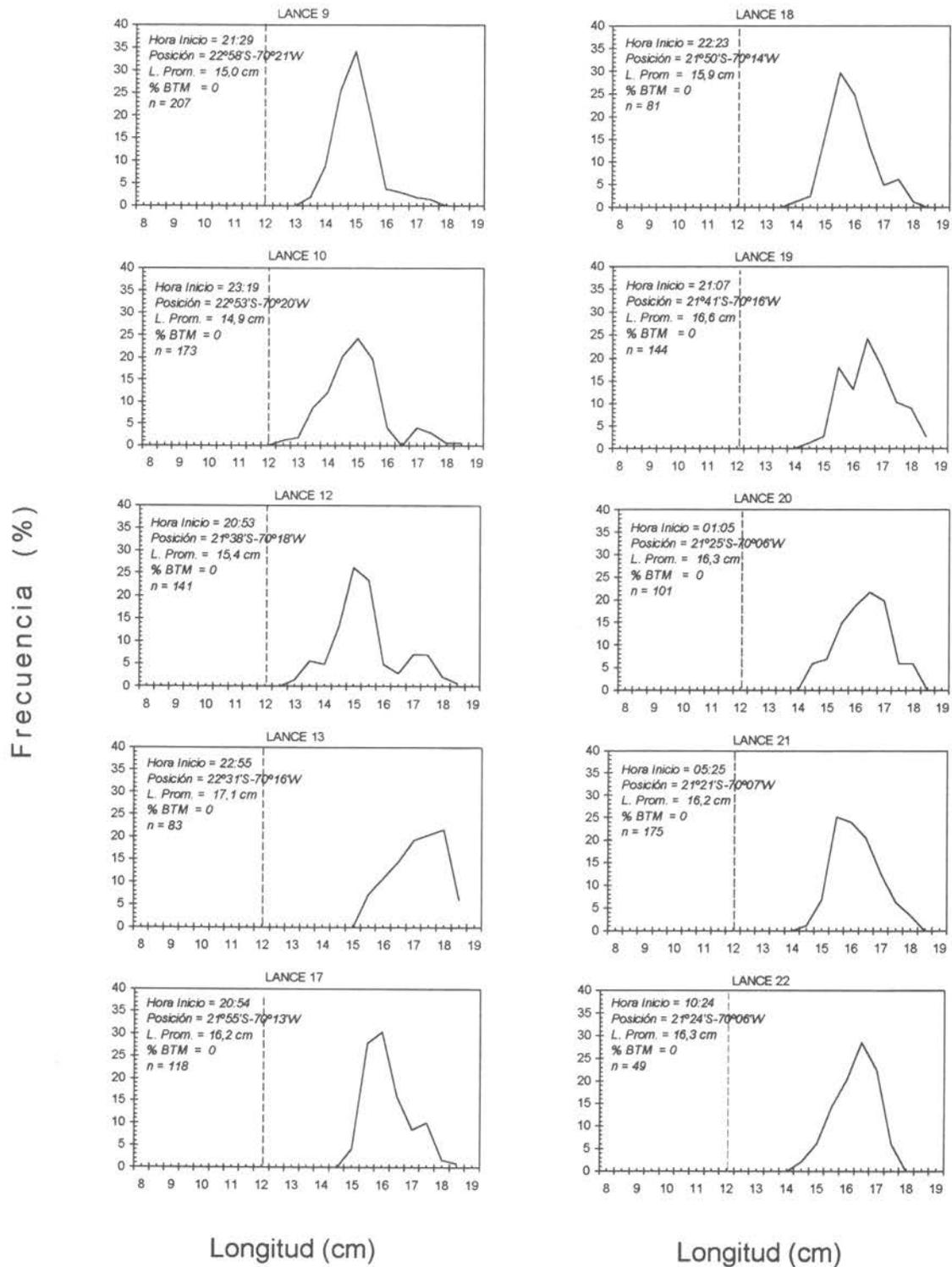


Figura 26. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN 0001 (fracción recluta ≤ 12 cm).

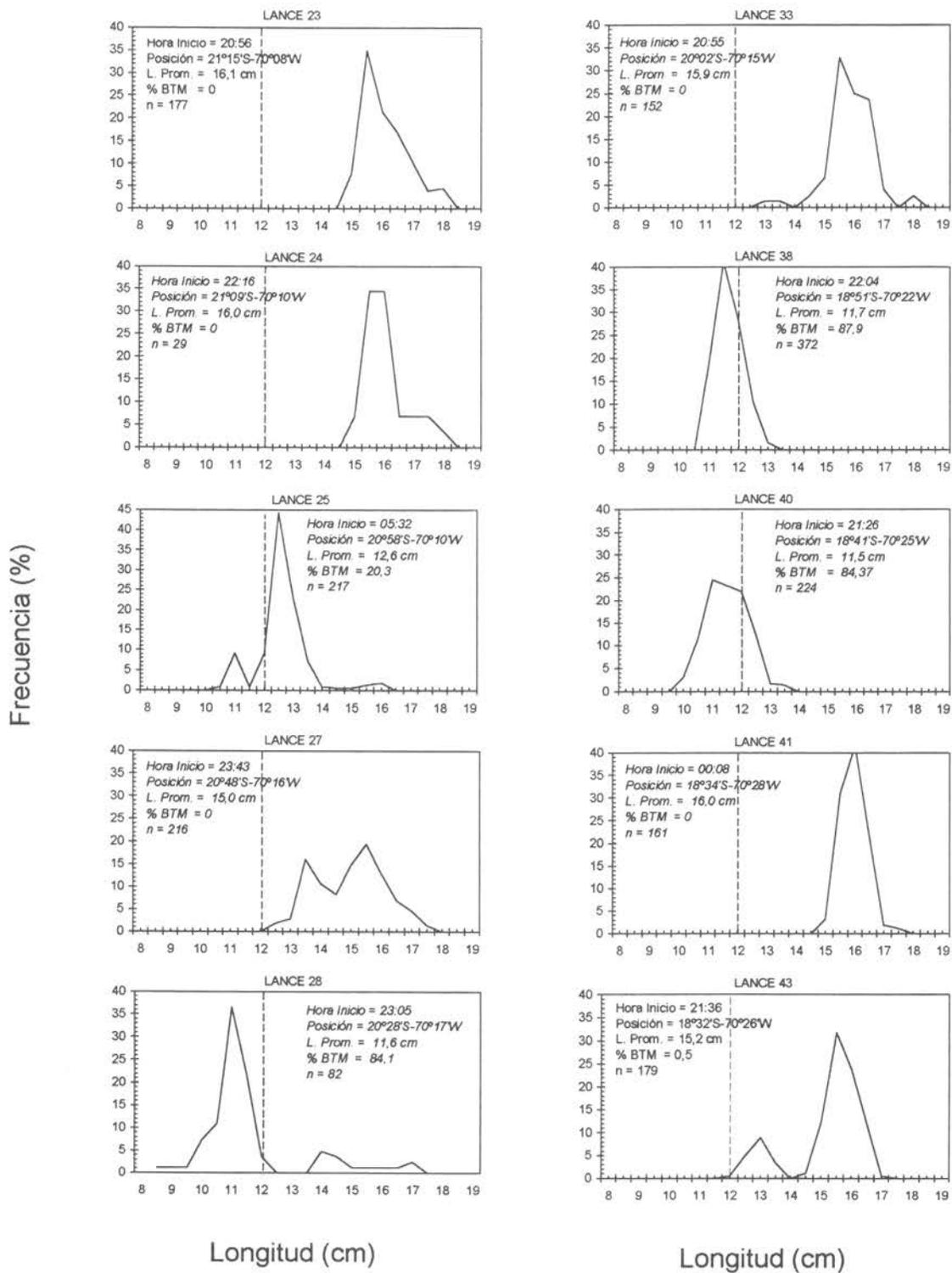


Figura 27. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta capturada con red de media agua por lances de pesca en el Crucero RECLAN 0001 (fracción recluta ≤ 12 cm).

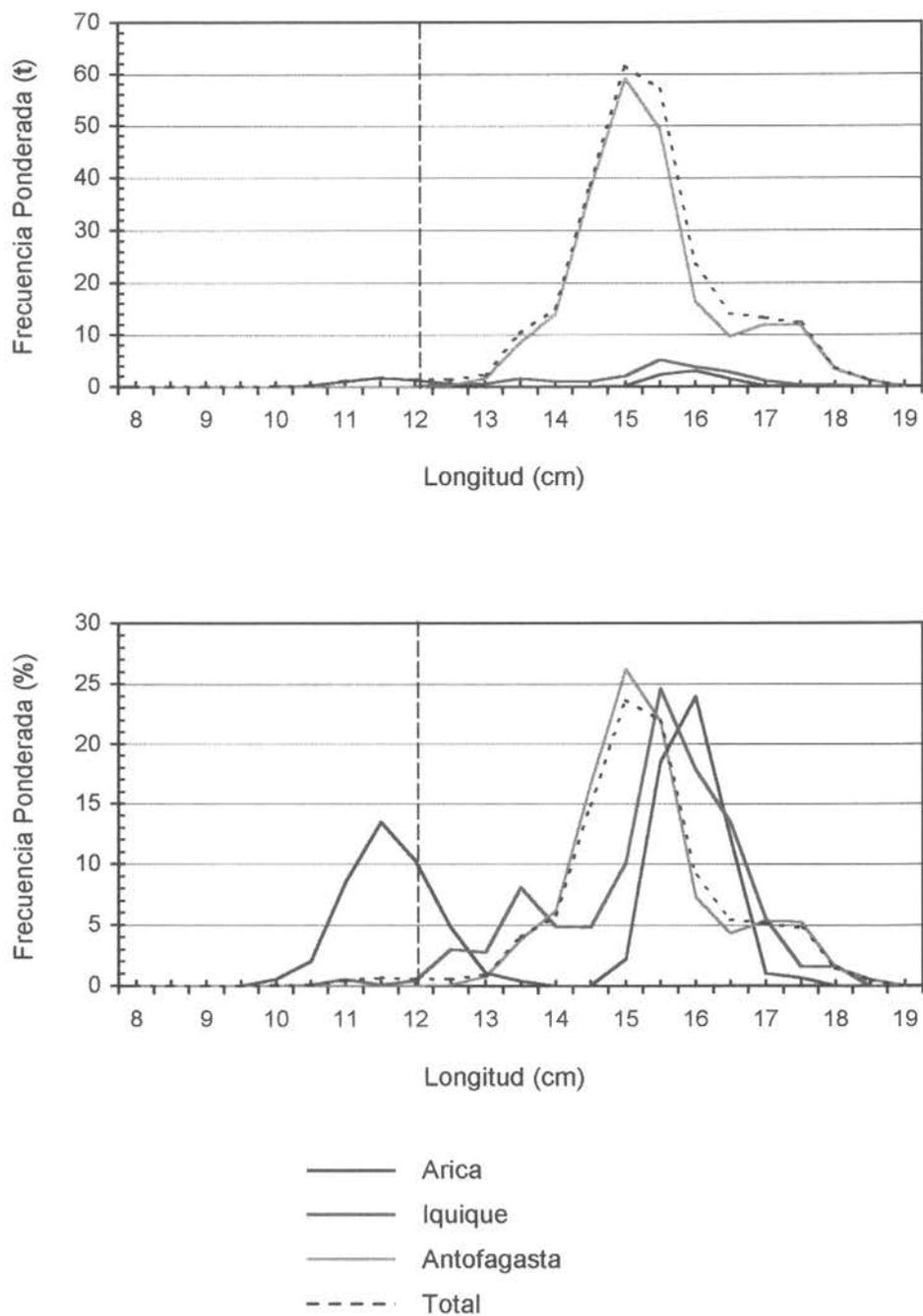


Figura 28. Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta ponderada por la captura provenientes de ejemplares capturados con red de media-agua en el Crucero RECLAN 0001 (fracción recluta $\leq 12,0$ cm). (A) Frecuencia absoluta (toneladas) y (B) Frecuencia en porcentaje.

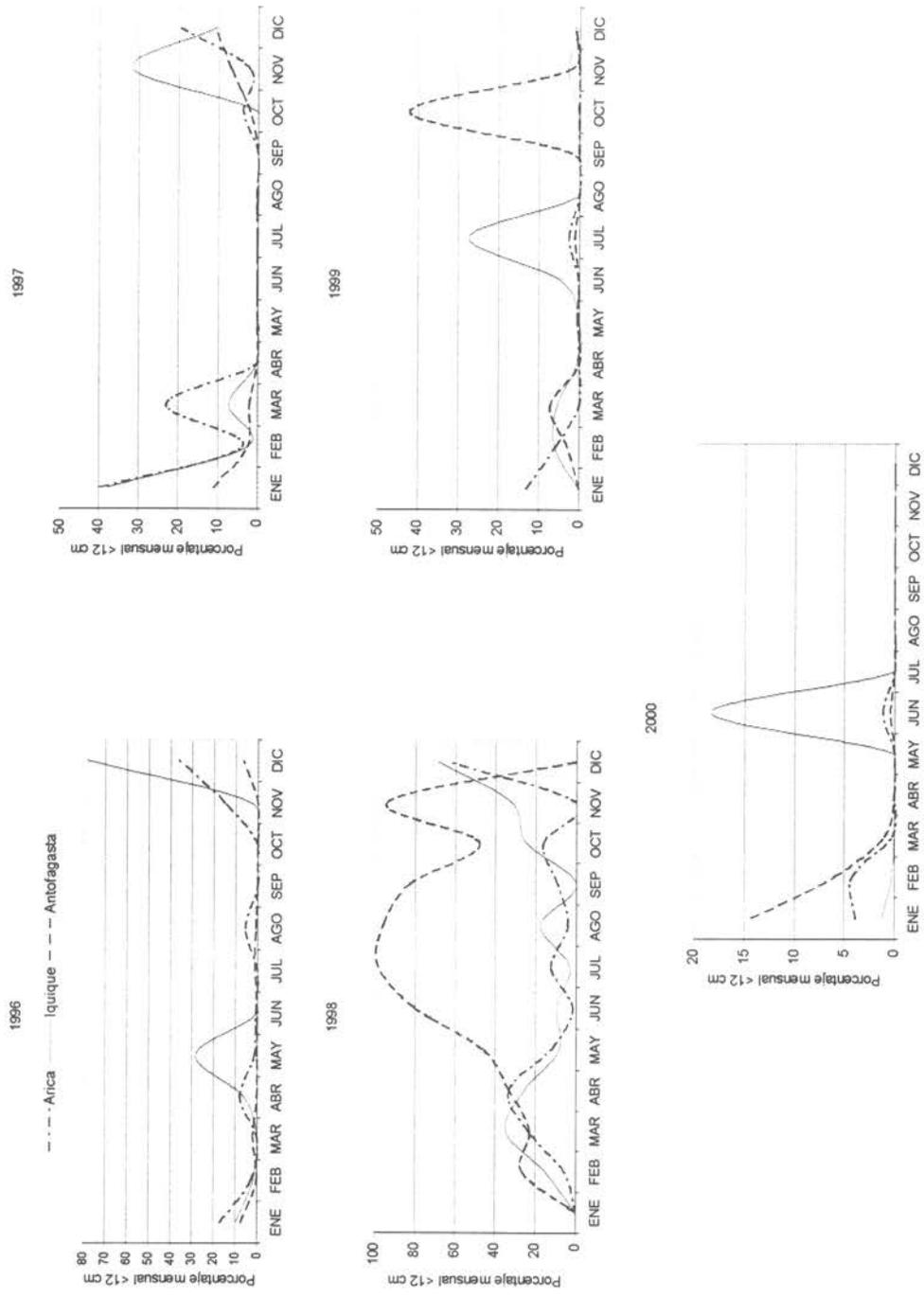


Figura 28 a. Presencia de los juveniles de anchoveta en las capturas mensuales por zona y año.

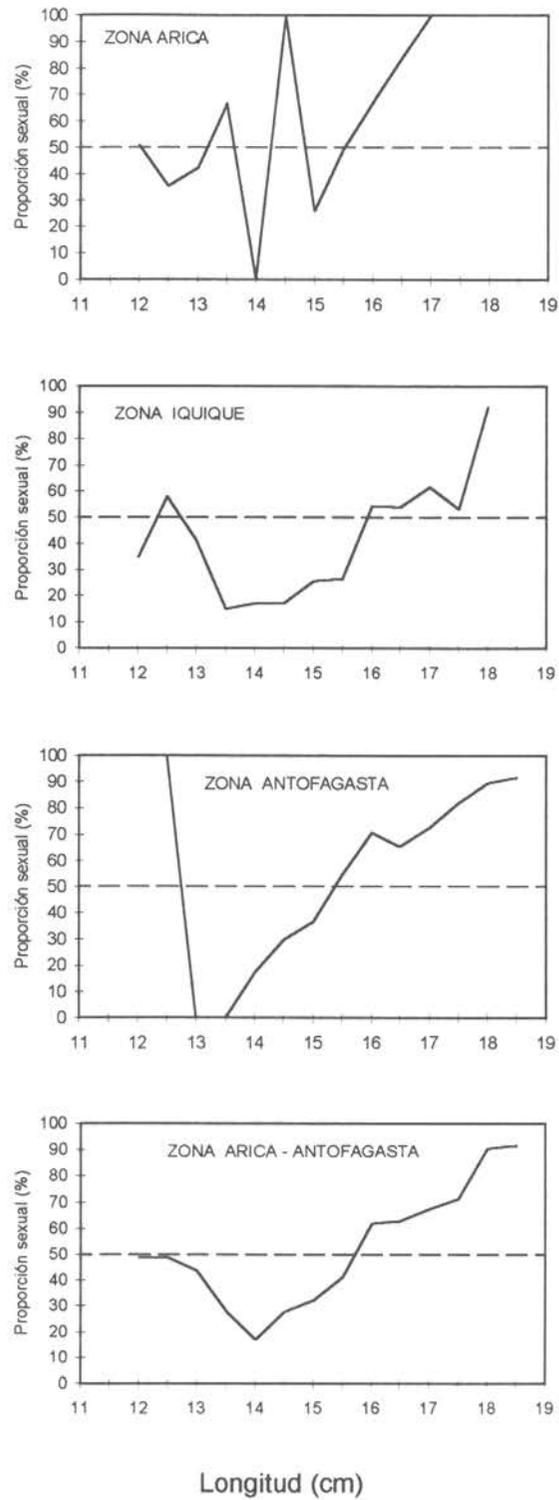


Figura 29. Proporción sexual de la anchoveta capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAN 0001.

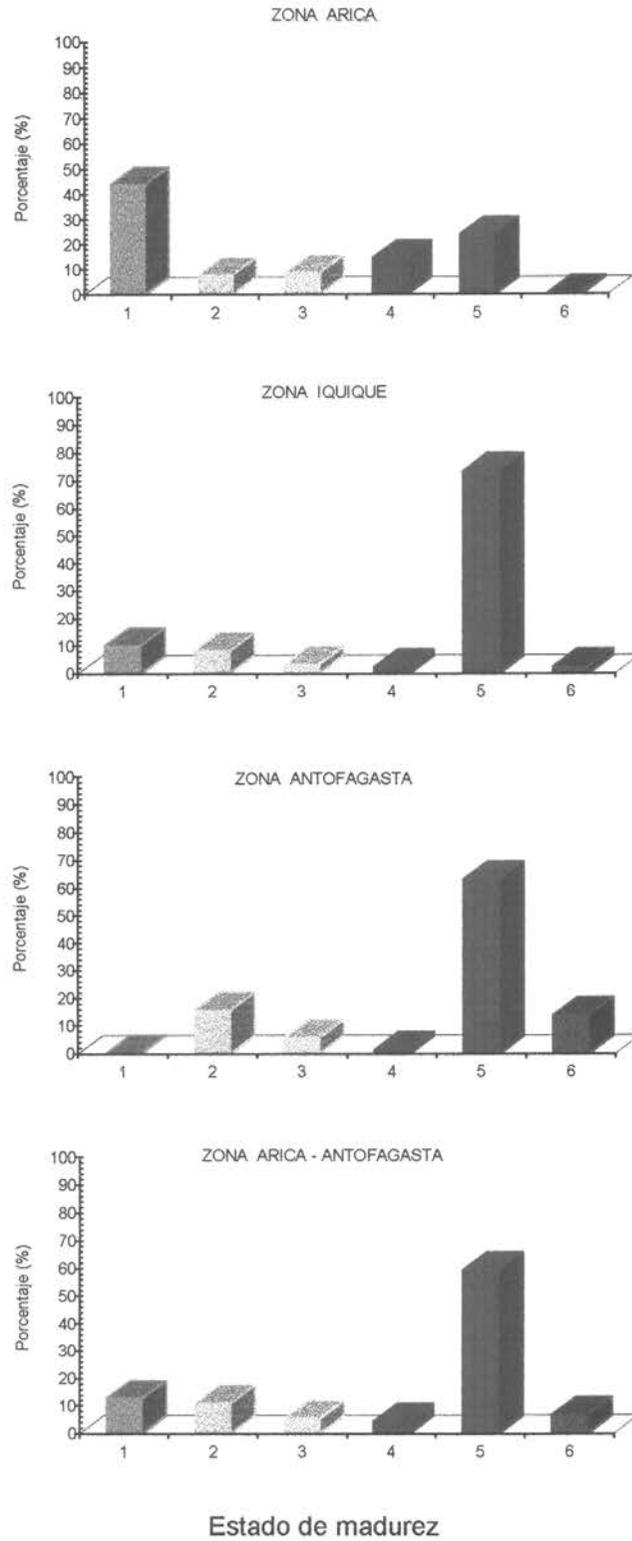


Figura 30. Estados de madurez sexual de la anchoveta capturada con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAN 0001.

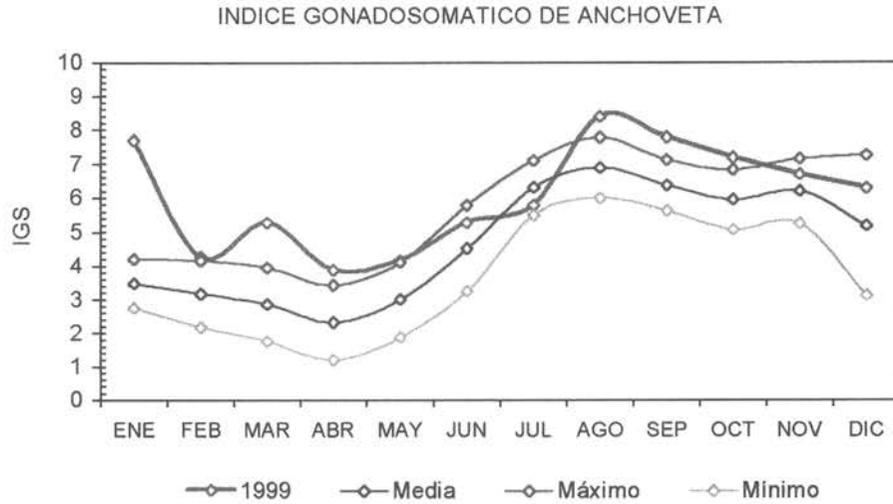


Figura 31. Patrón del índice gonadosomático de las hembras de anchoveta de la Zona Norte de Chile, período 1987-99. Los valores representan el promedio más o menos una desviación estándar.

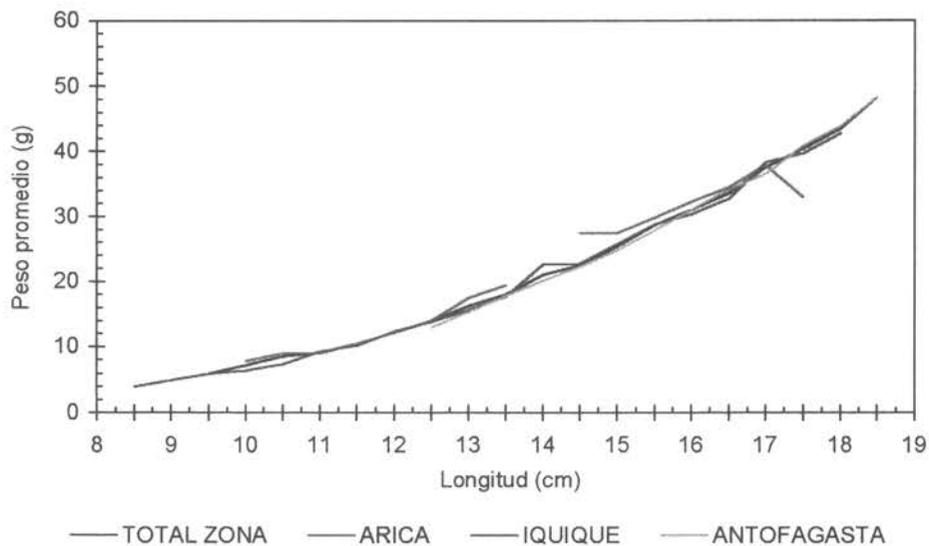


Figura 32. Pesos promedio empíricos a la talla de anchoveta obtenidos con red de media-agua por zonas de pesca en el Crucero RECLAN 0001.

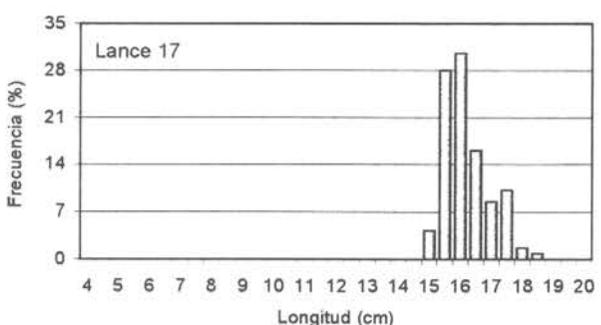
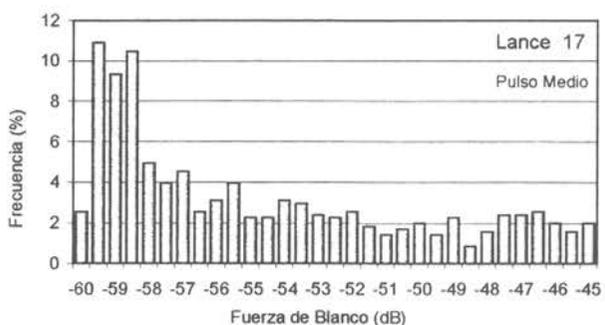
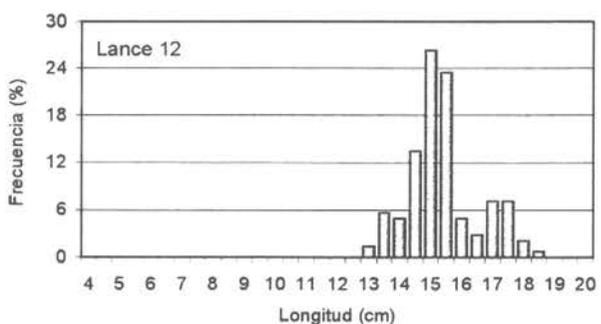
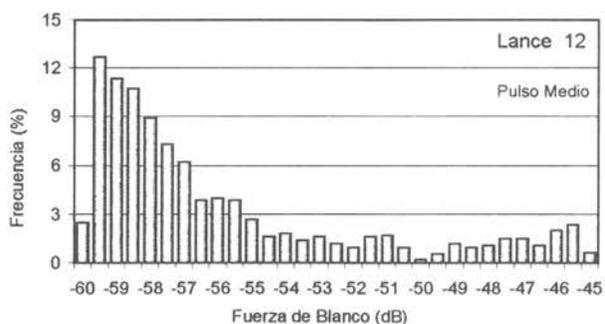
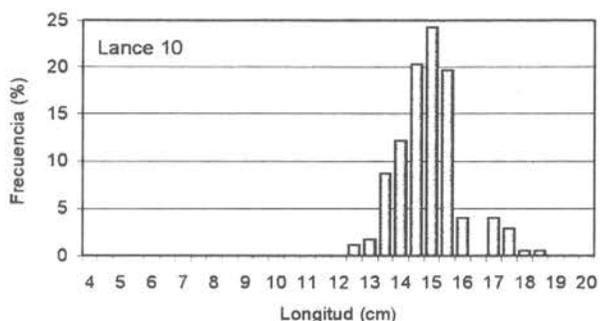
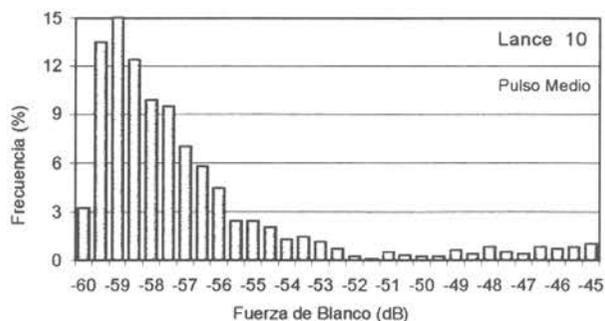
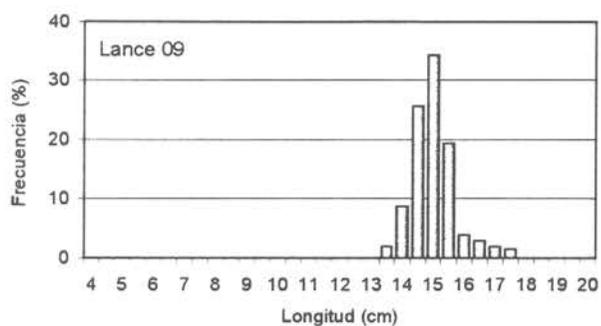
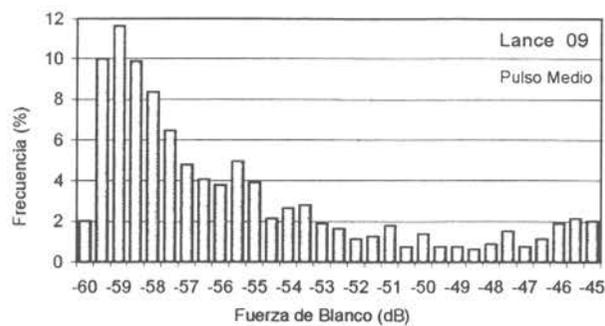


Figura 33. Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 9, 10, 12 y 17). Crucero RECLAN 0001.

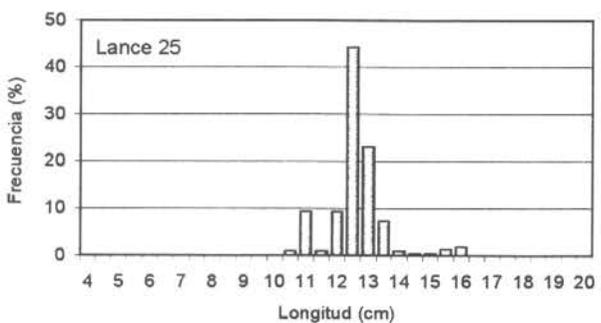
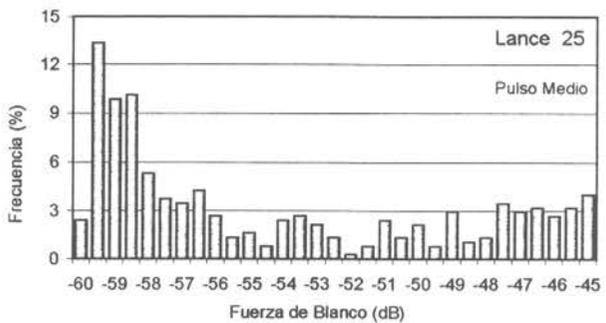
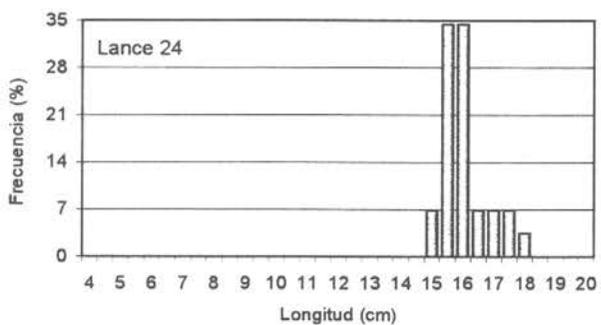
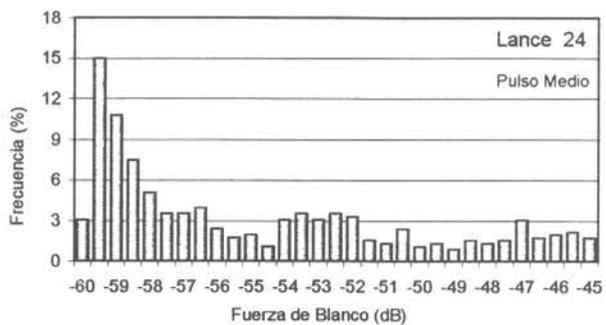
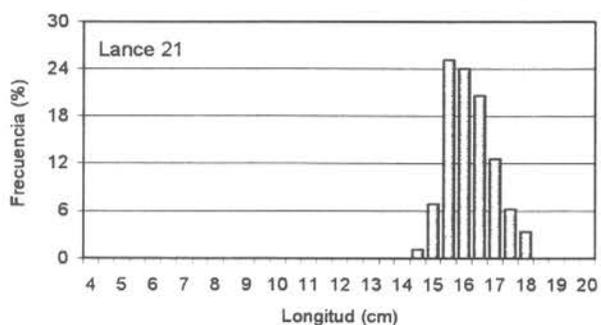
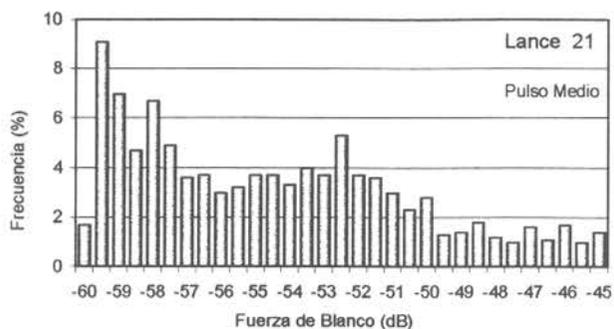
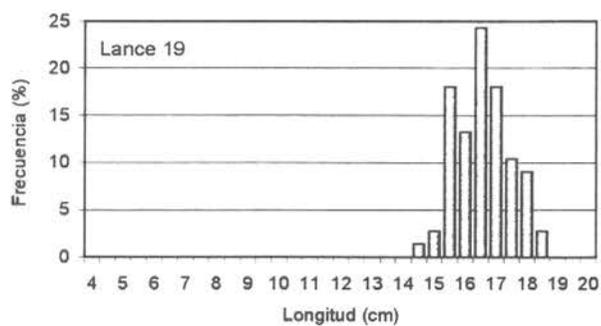
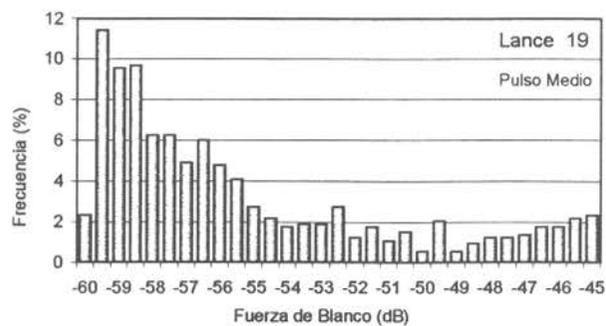


Figura 34. Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 19, 21, 24 y 25). Crucero RECLAN 0001.

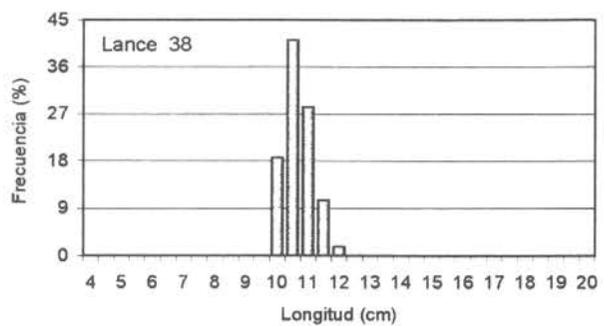
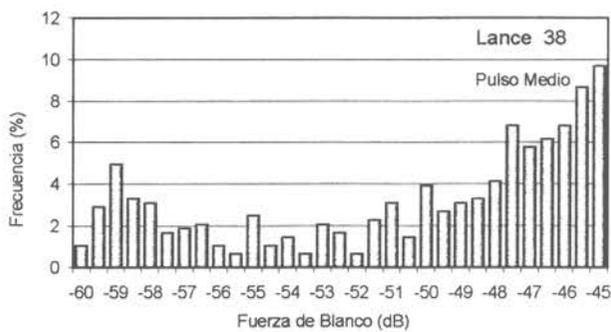
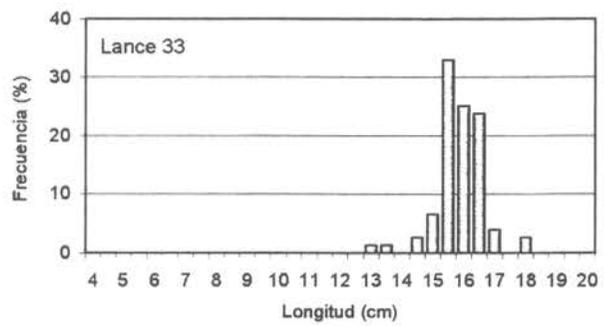
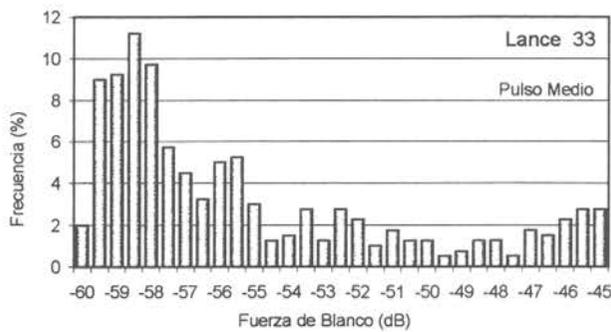
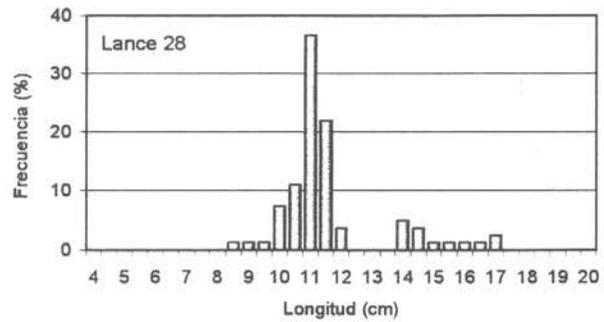
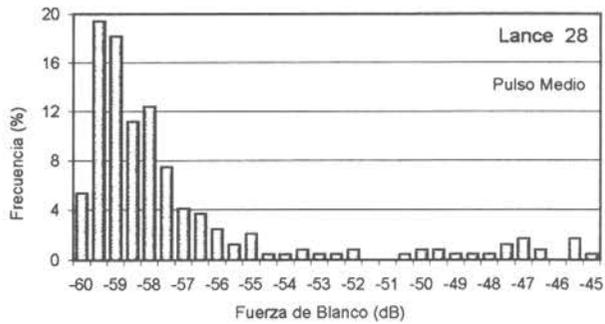
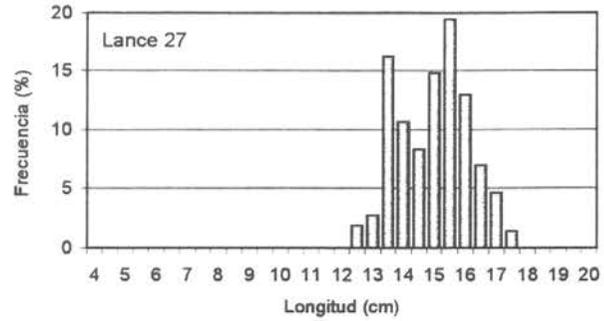
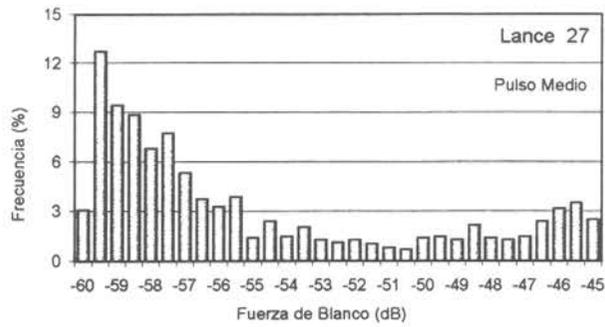


Figura 35. Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 27, 28, 33 y 38). Crucero RECLAN 0001.

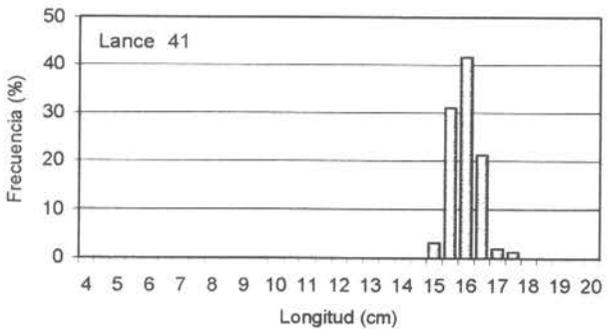
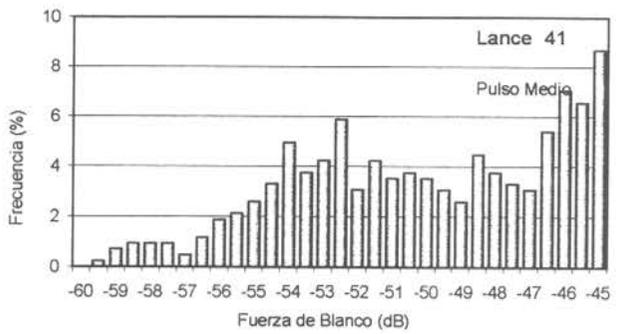
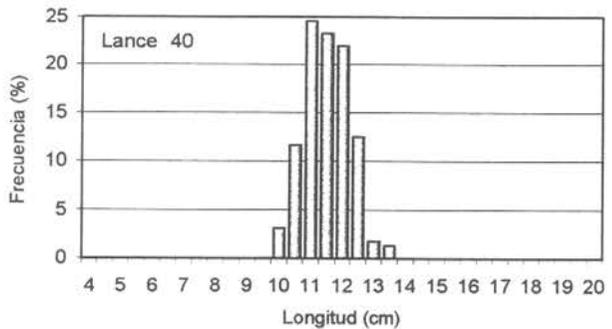
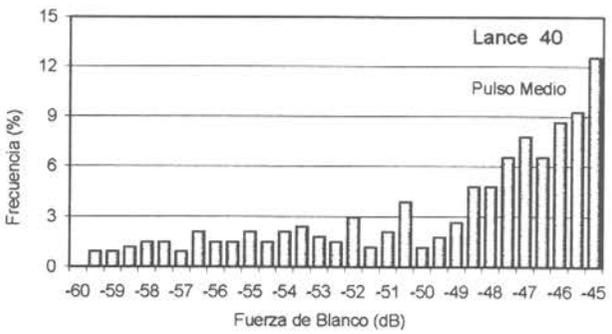
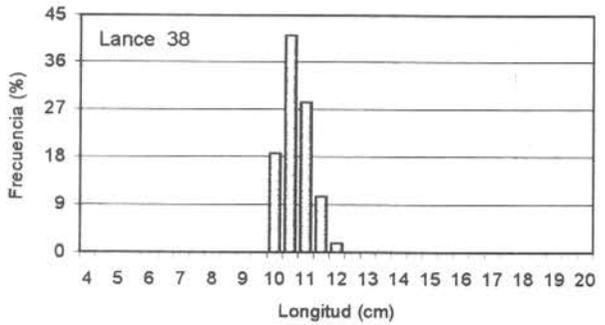
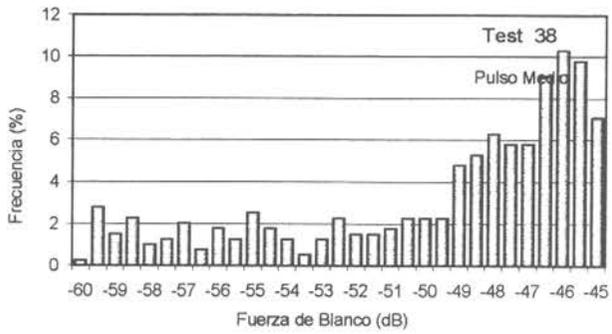
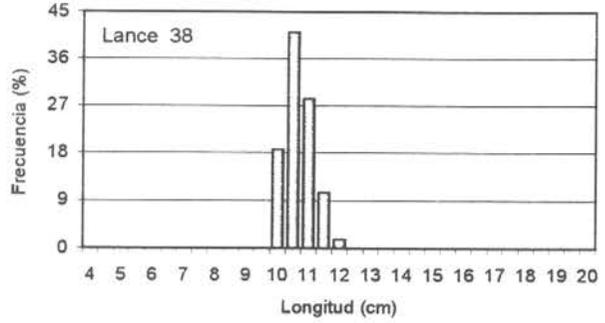
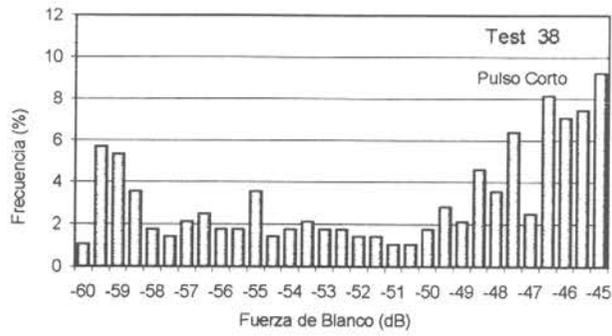


Figura 36. Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 38, 40 y 41). Crucero RECLAN 0001.

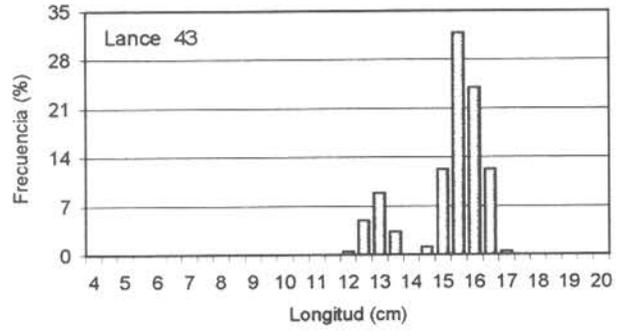
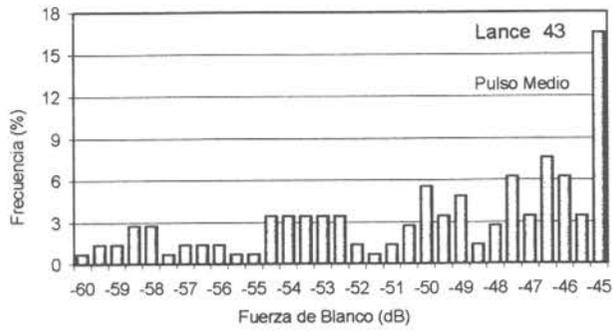
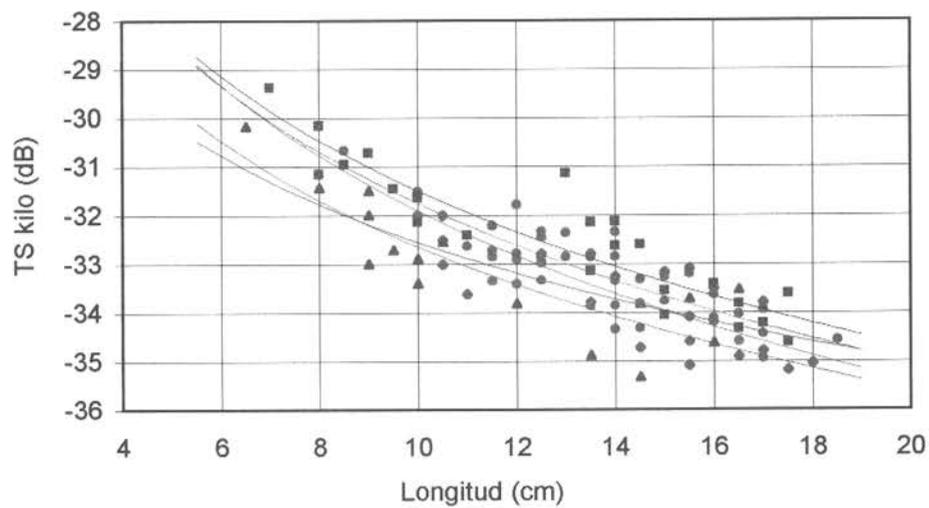
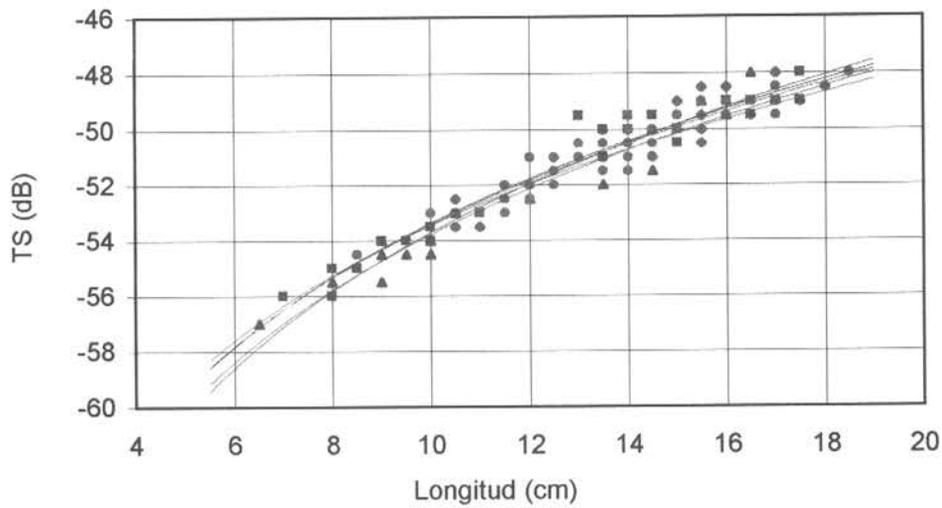


Figura 37. Histogramas de la intensidad de blanco (TS) (dB) individuales (frecuencia 38 KHz) y de la distribución de tallas de anchoveta (lance 43). Crucero RECLAN 0001.



- ◆ — RECLAN 0001
- ▲ — RECLAN 9811
- — RECLAN 9801
- — RECLAN 9611
- — RECLAN 9601

Figura 38. Relación funcional de la intensidad del blanco (TS) y la intensidad del blanco por kilo (TS kilo) con la talla (L) de anchoveta ajustadas en los cruceros RECLAN 9601, RECLAN 9611 (Castillo *et al*, 1998), RECLAN 9801 (Castillo y Espejo, 1998), RECLAN 9811 y en el presente crucero (RECLAN 0001).

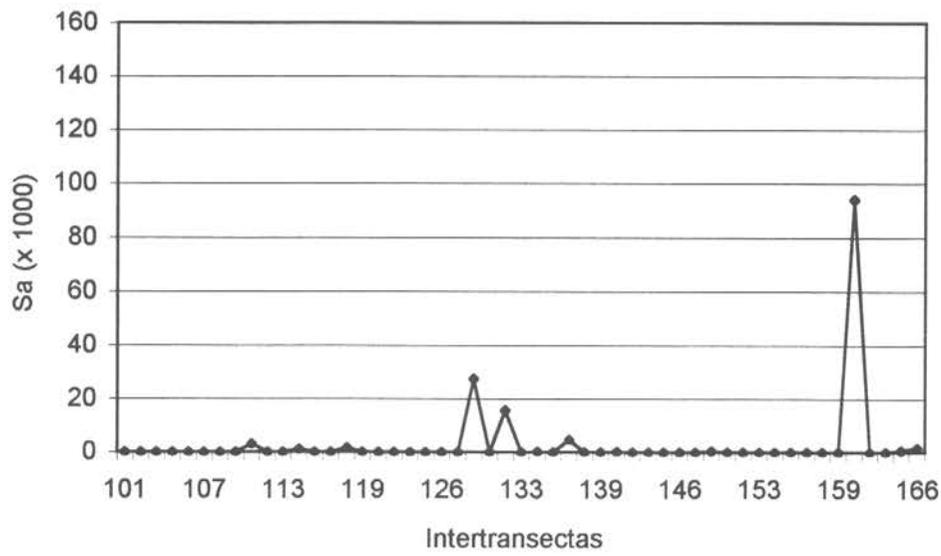
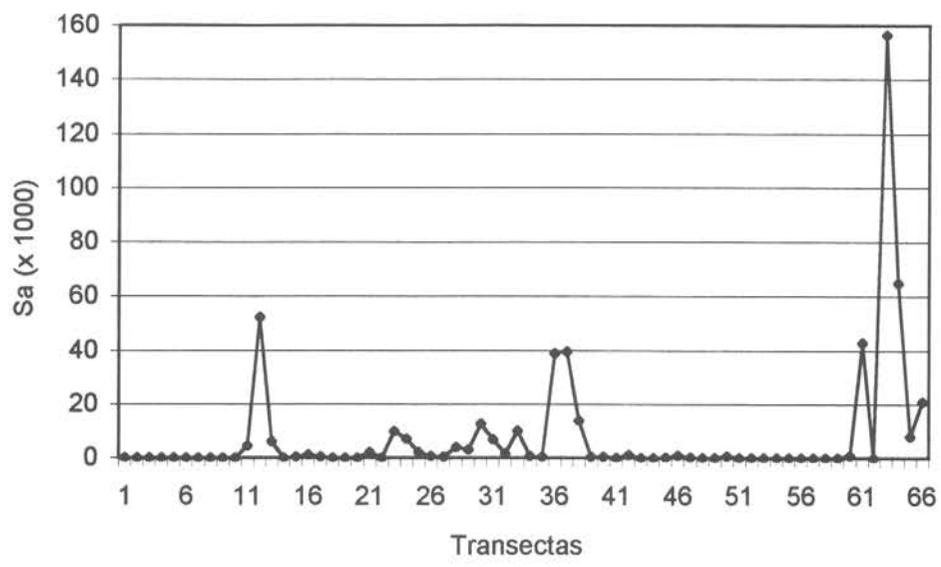


Figura 39. Lecturas acústicas (Sa) acumuladas por transectas e intertransectas. Crucero RECLAN 0001.

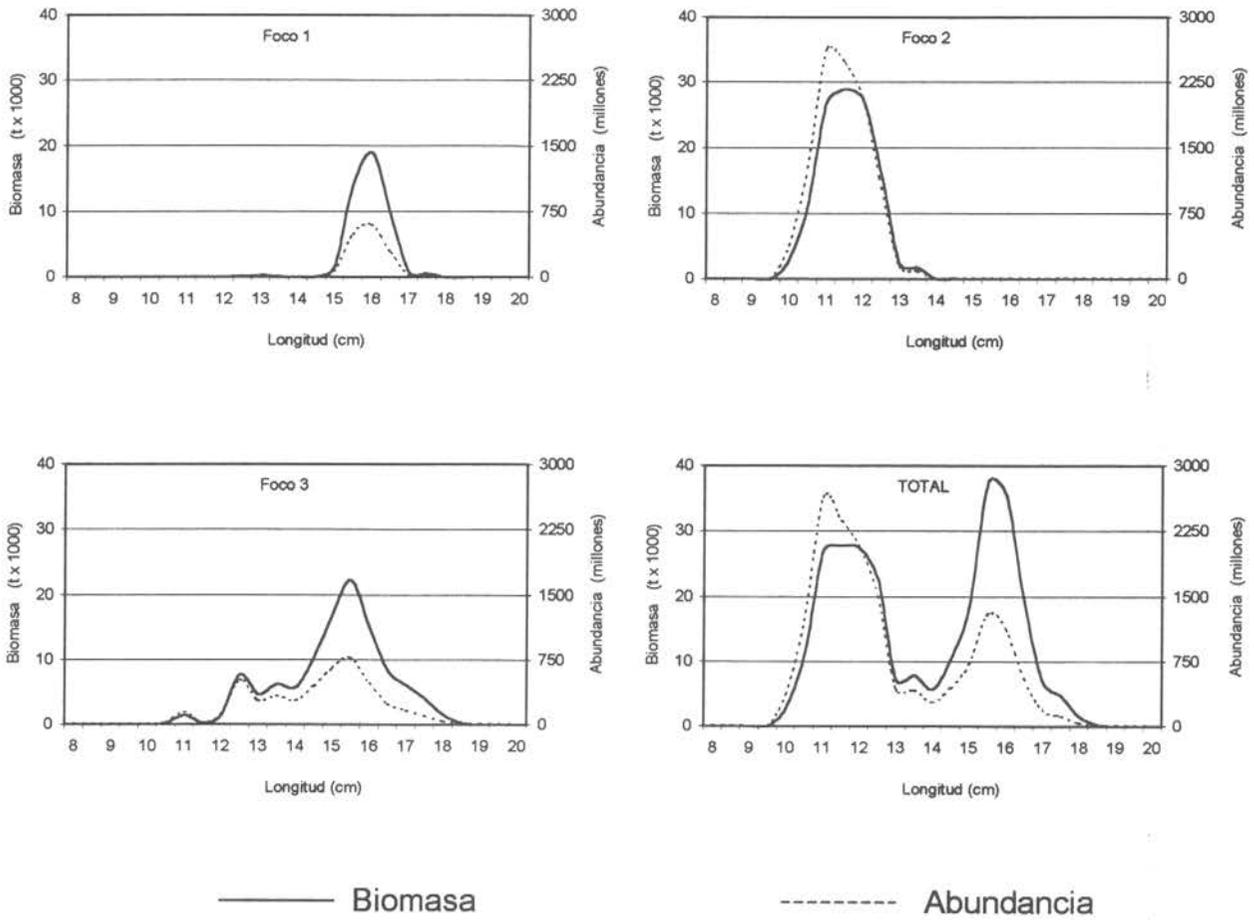


Figura 40. Biomasa en peso (miles de toneladas) y abundancia en número (millones de ejemplares) de anchoveta, según el método de las tallas. Crucero RECLAN 0001.

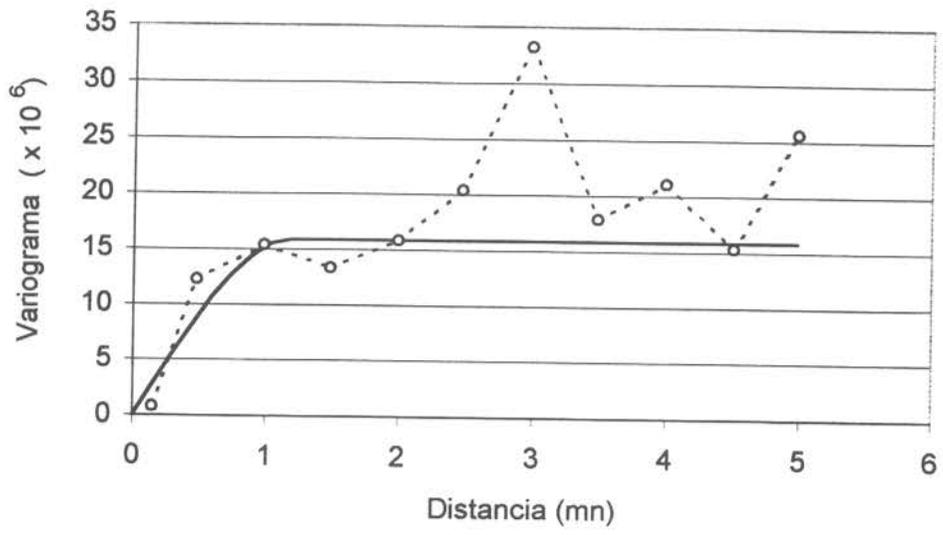


Figura 41. Variograma omnidireccional y modelo ajustado. Crucero RECLAN 0001.

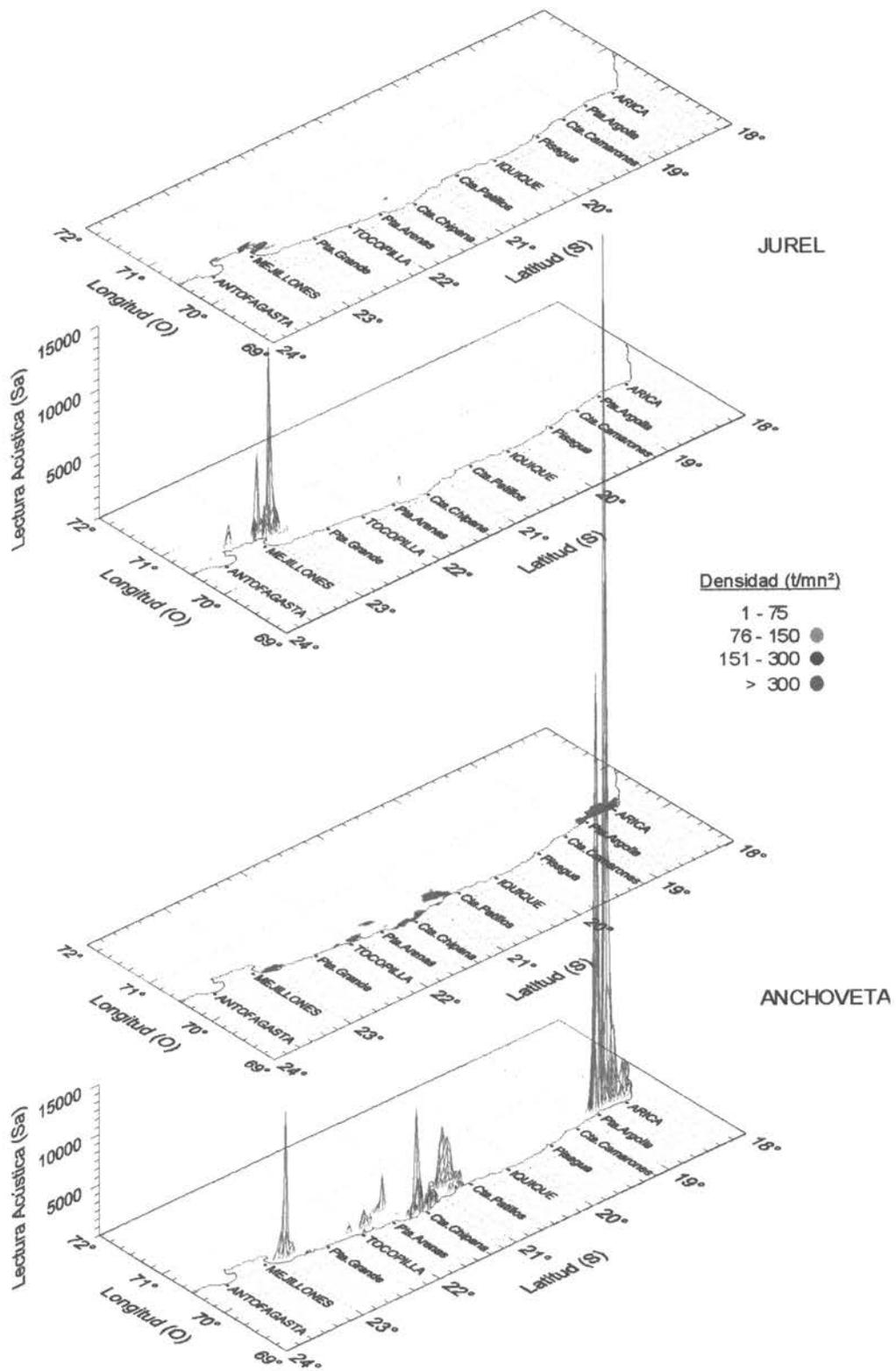


Figura 42. Distribución espacial de la biomasa de jurel y anchoveta. Crucero RECLAN 0001.

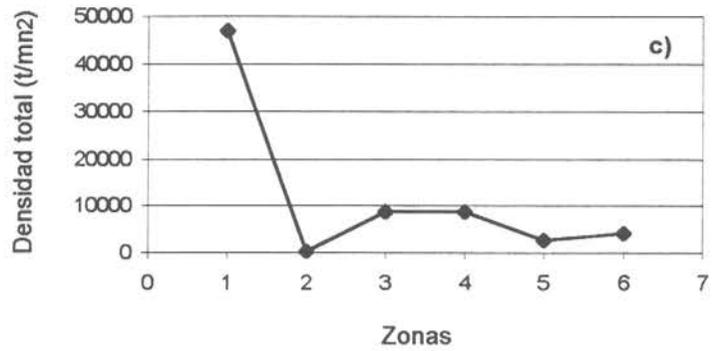
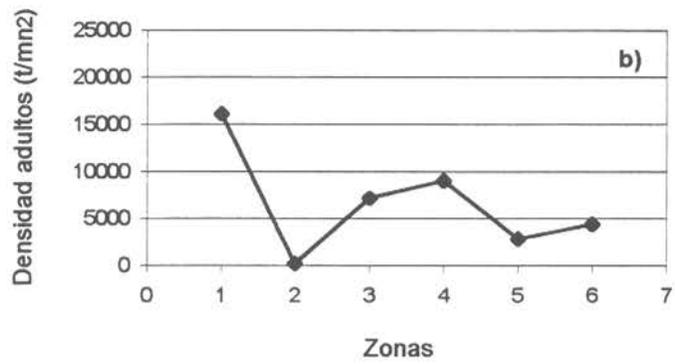
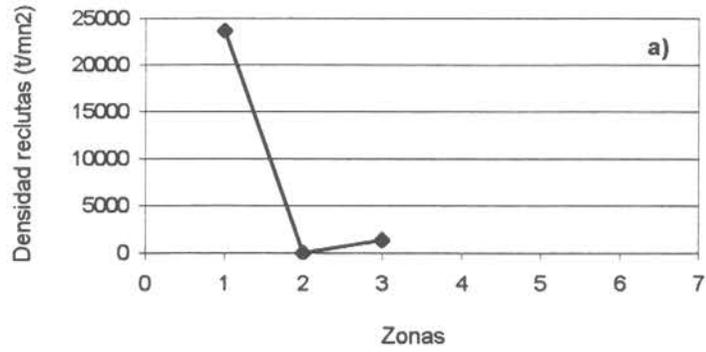
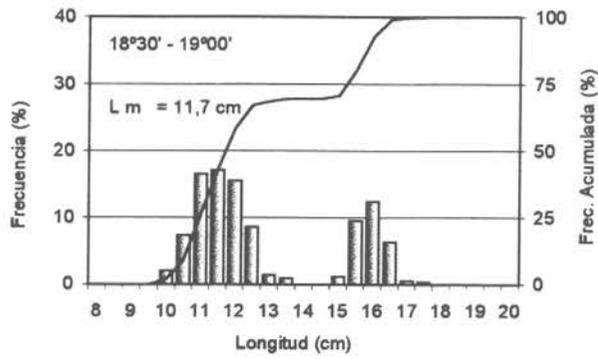
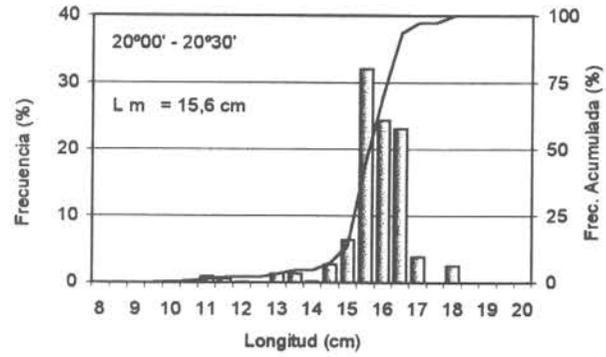


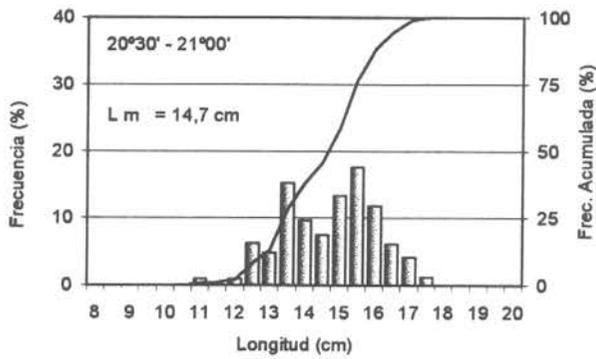
Figura 43. Estimados de la densidad de anchoveta por áreas seleccionadas: a) reclutas, b) adultos y c) total.



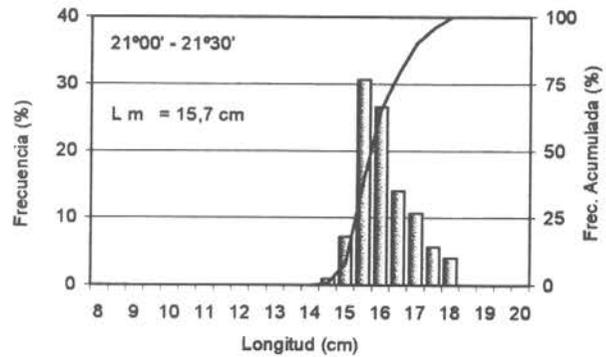
Arica – Pta. Argolla



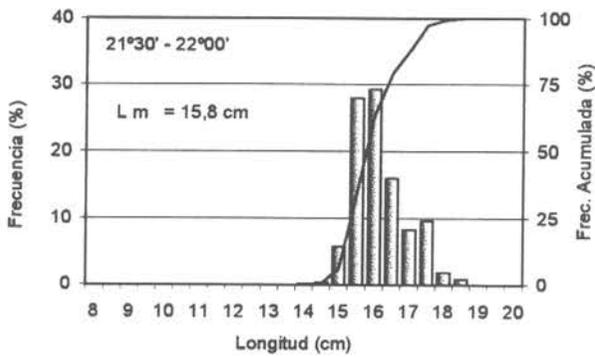
Iquique



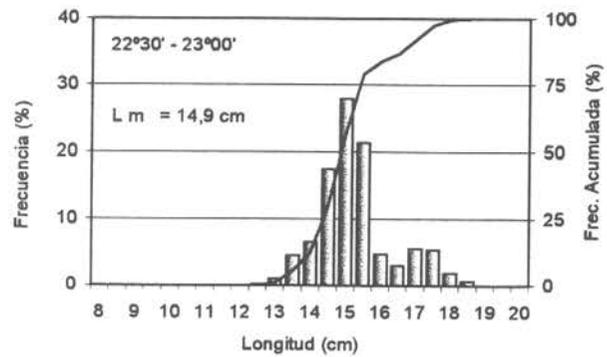
Cta. Patillos



Cta. Chipana



Pta. Arenas – Tocopilla



Cta. Hornos - Mejillones

Figura 44. Frecuencias de tallas de anchoveta estratificadas en el sentido latitudinal cada 30 mn. Crucero RECLAN 0001

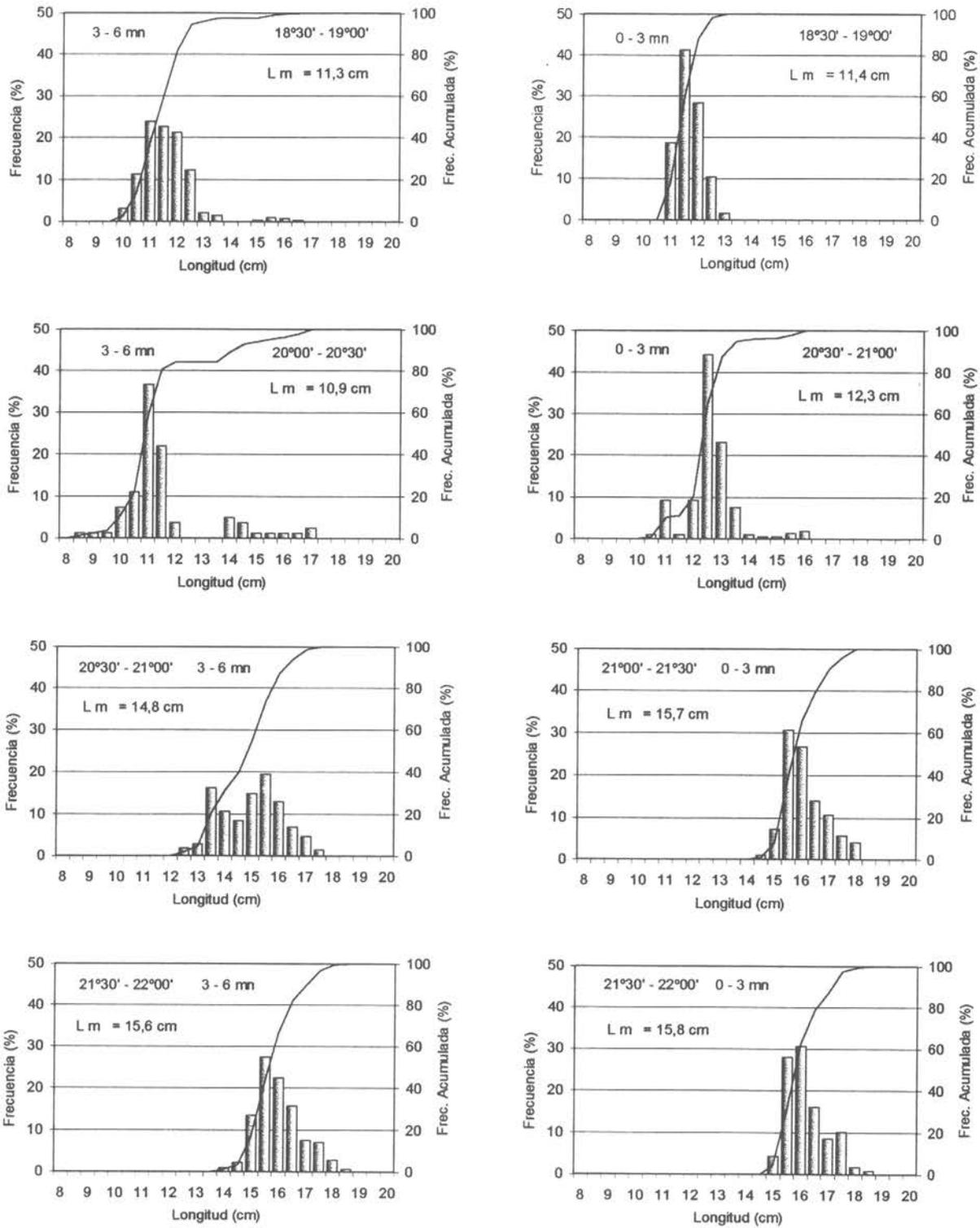


Figura 45. Frecuencias de tallas de anchoveta estratificadas en sentido latitudinal cada 30 mn y longitudinal cada 3 mn. Crucero RECLAN 0001.

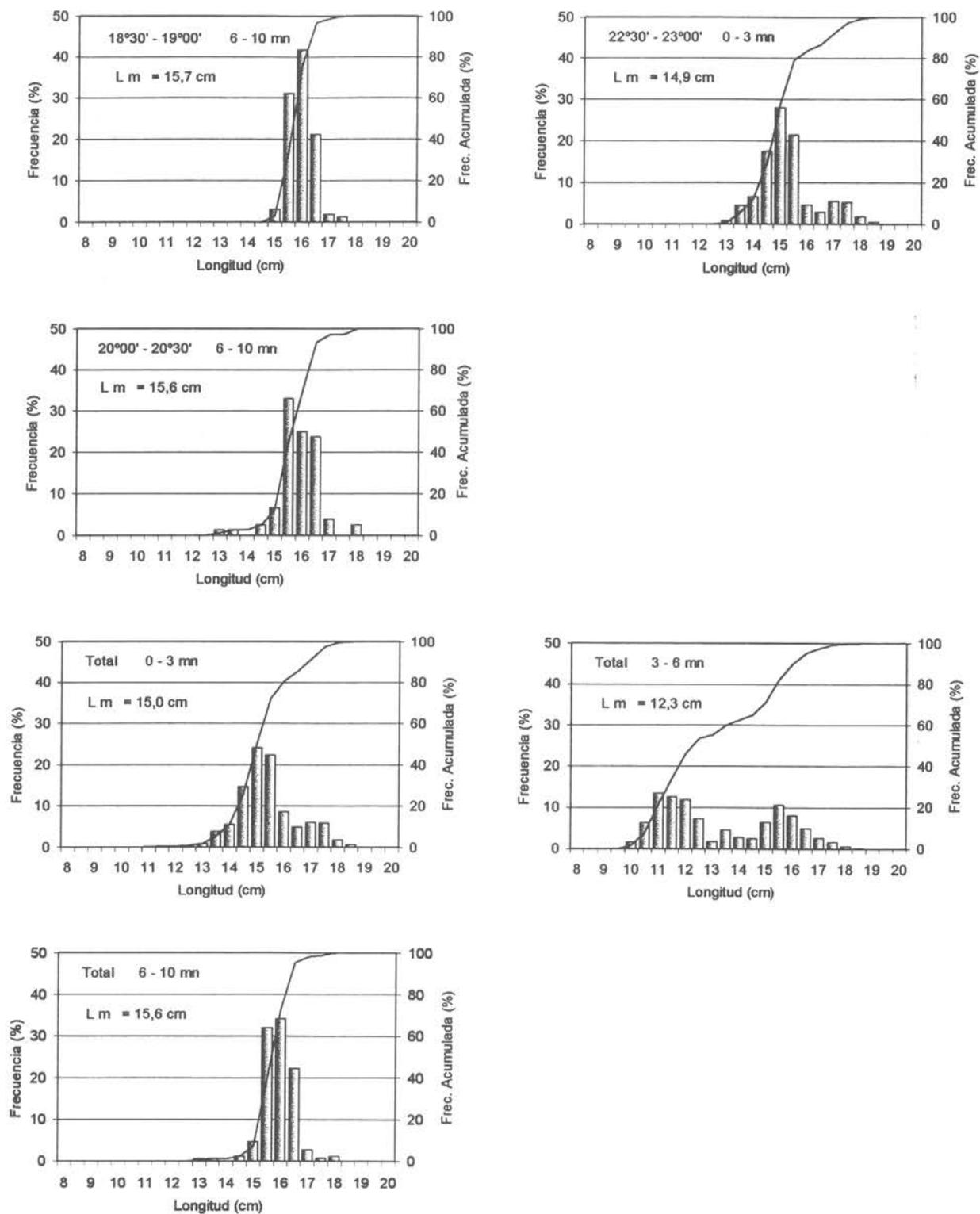
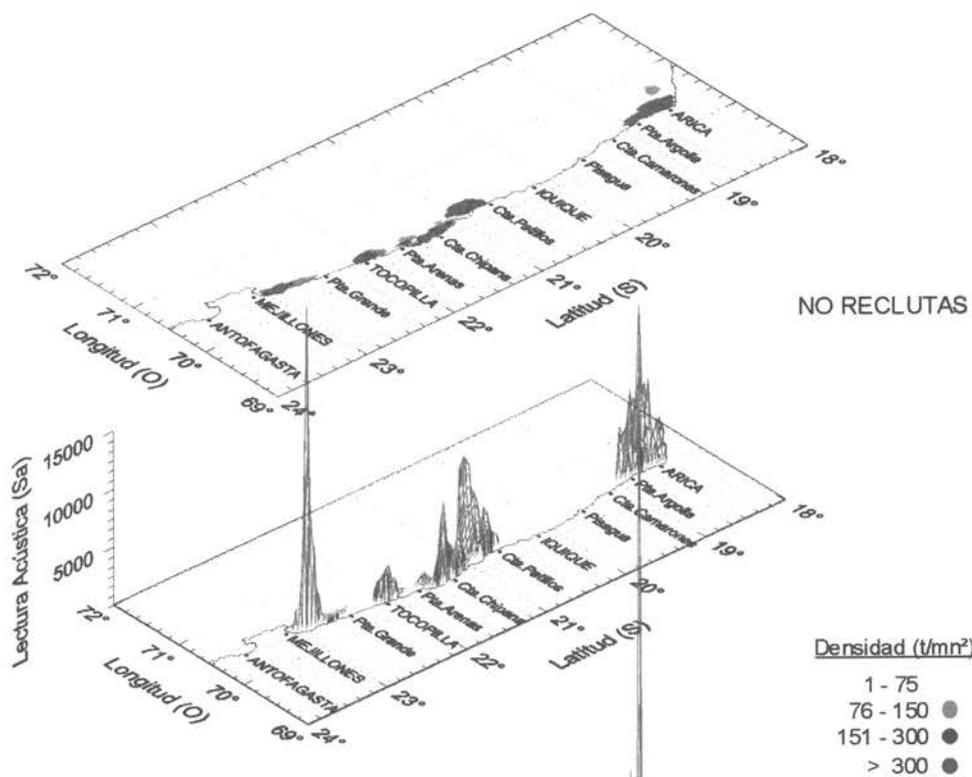


Figura 46. Frecuencia de tallas de anchoveta estratificados en el sentido latitudinal cada 30 mn y longitudinal cada 3 mn. Crucero RECLAN 0001.

a)



b)

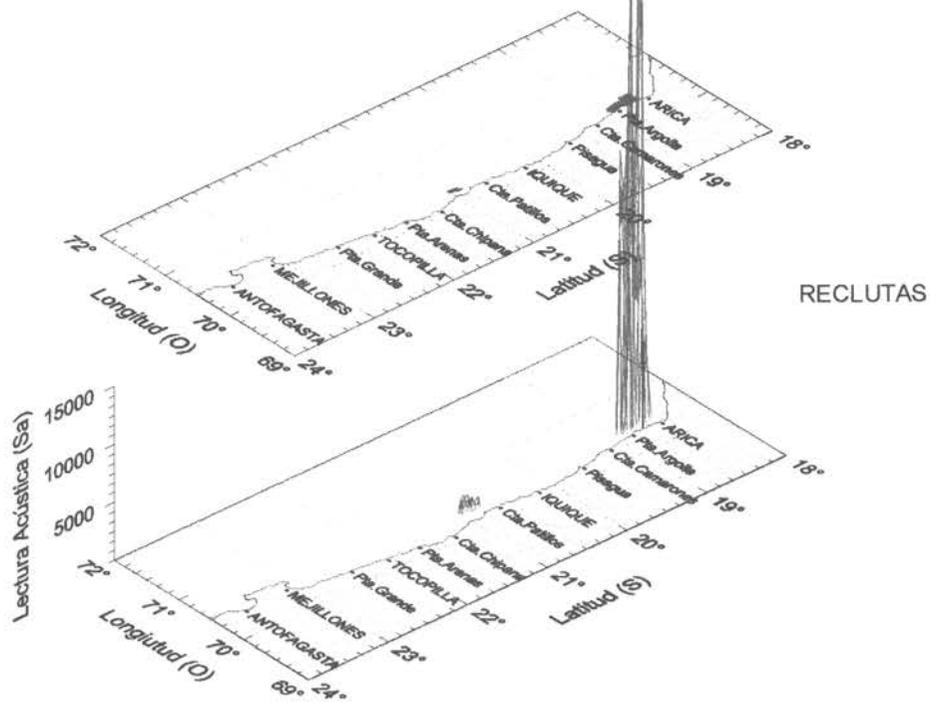


Figura 47. Distribución espacial de la biomasa de anchovet: a) reclutas y b) no reclutas. Crucero RECLAN 0001.

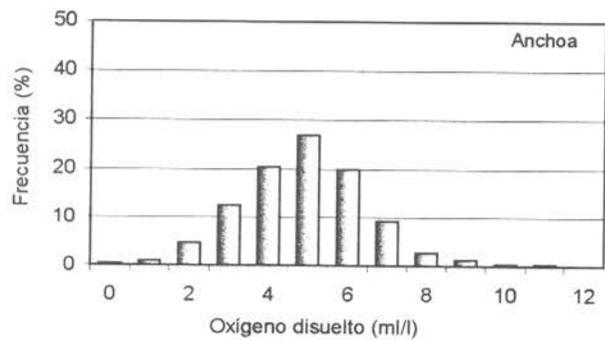
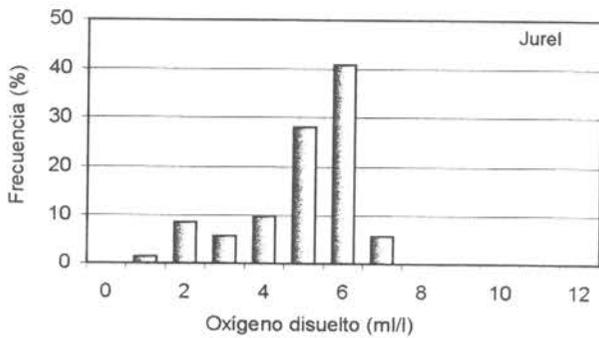
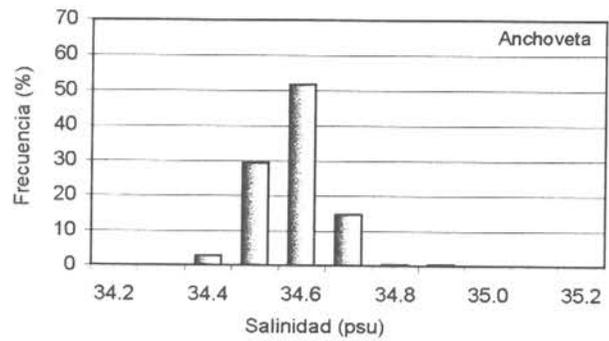
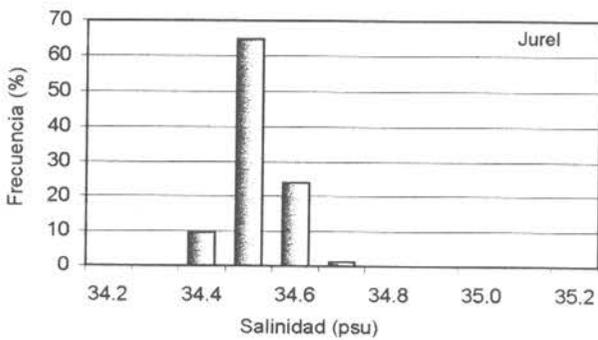
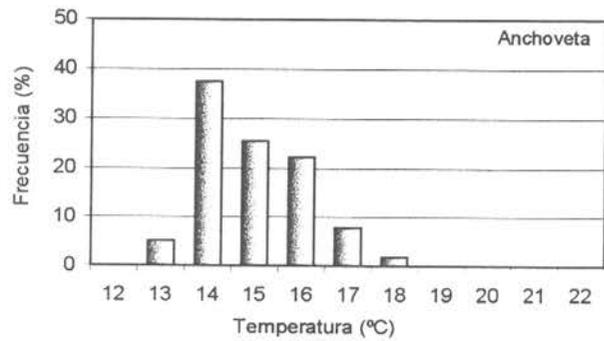
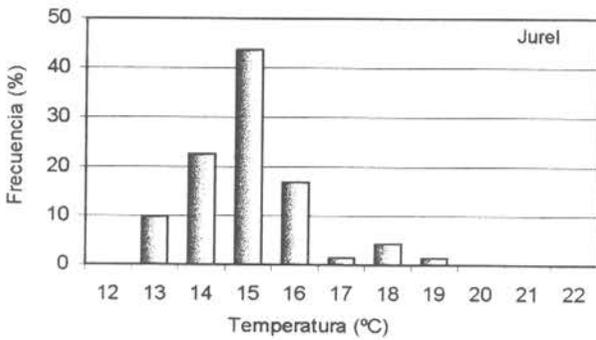
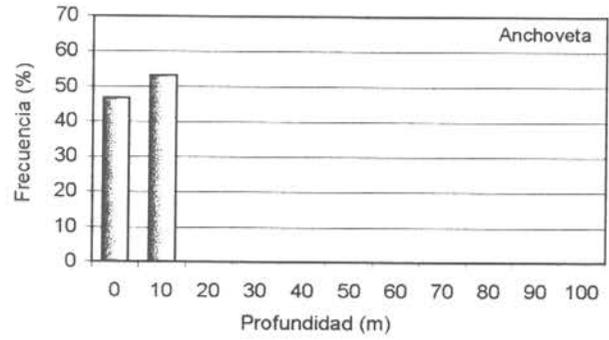
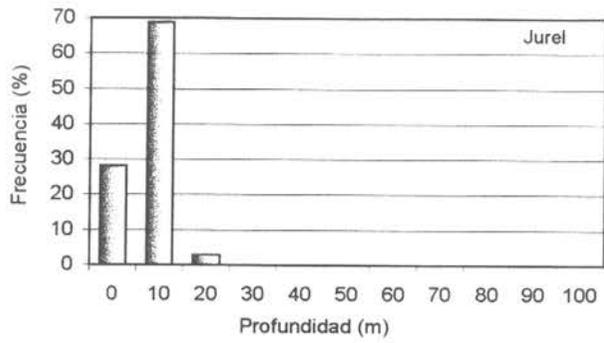


Figura 48. Distribución batimétrica, de temperatura, salinidad y oxígeno de jurel y anchoveta. Crucero RECLAN 0001.

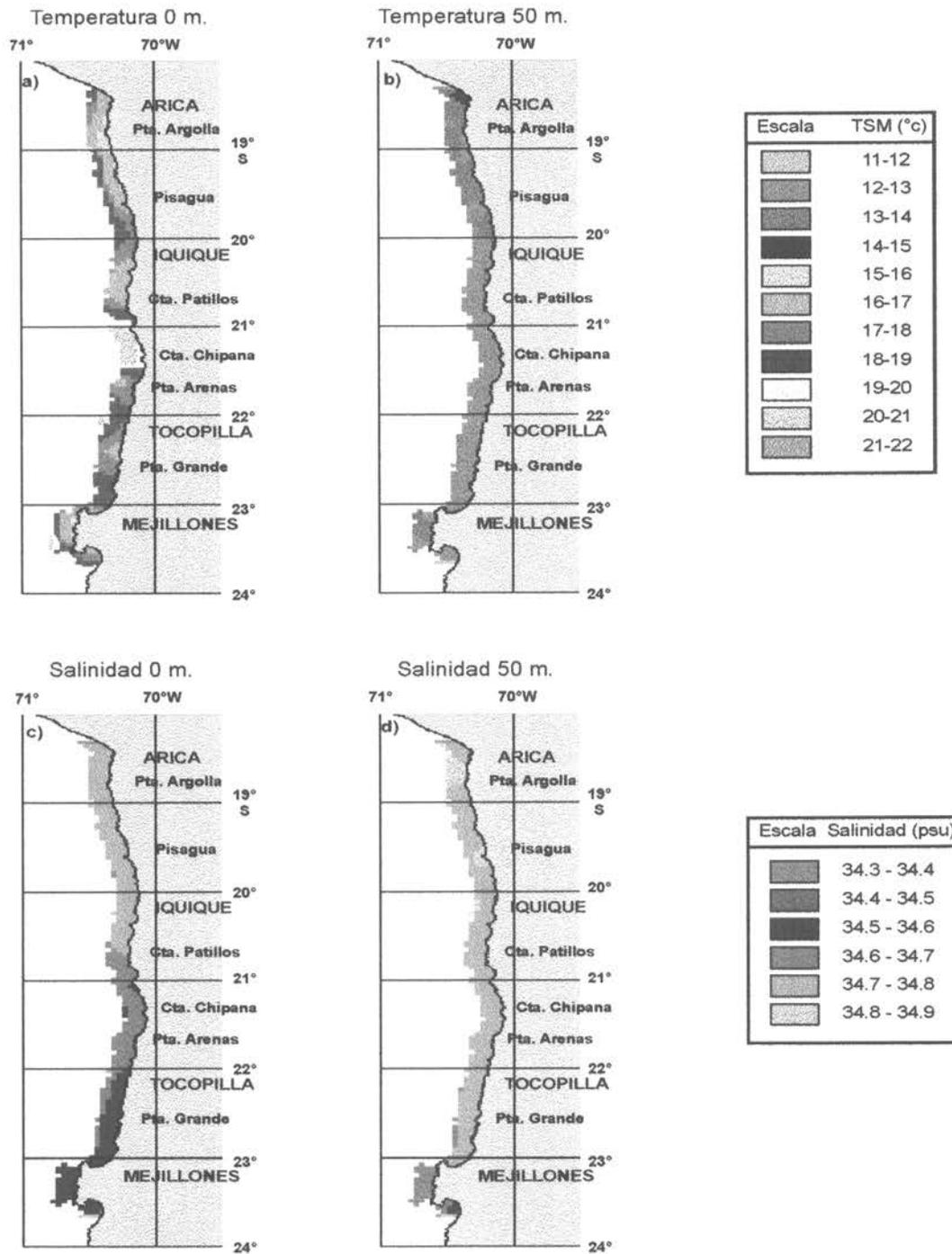


Figura 49. Distribución de: **a)** temperatura superficial (°C), **b)** temperatura a 50 m. (°C), **c)** salinidad superficial (psu) y **d)** salinidad a 50 m. (psu). Crucero RECLAN 0001.

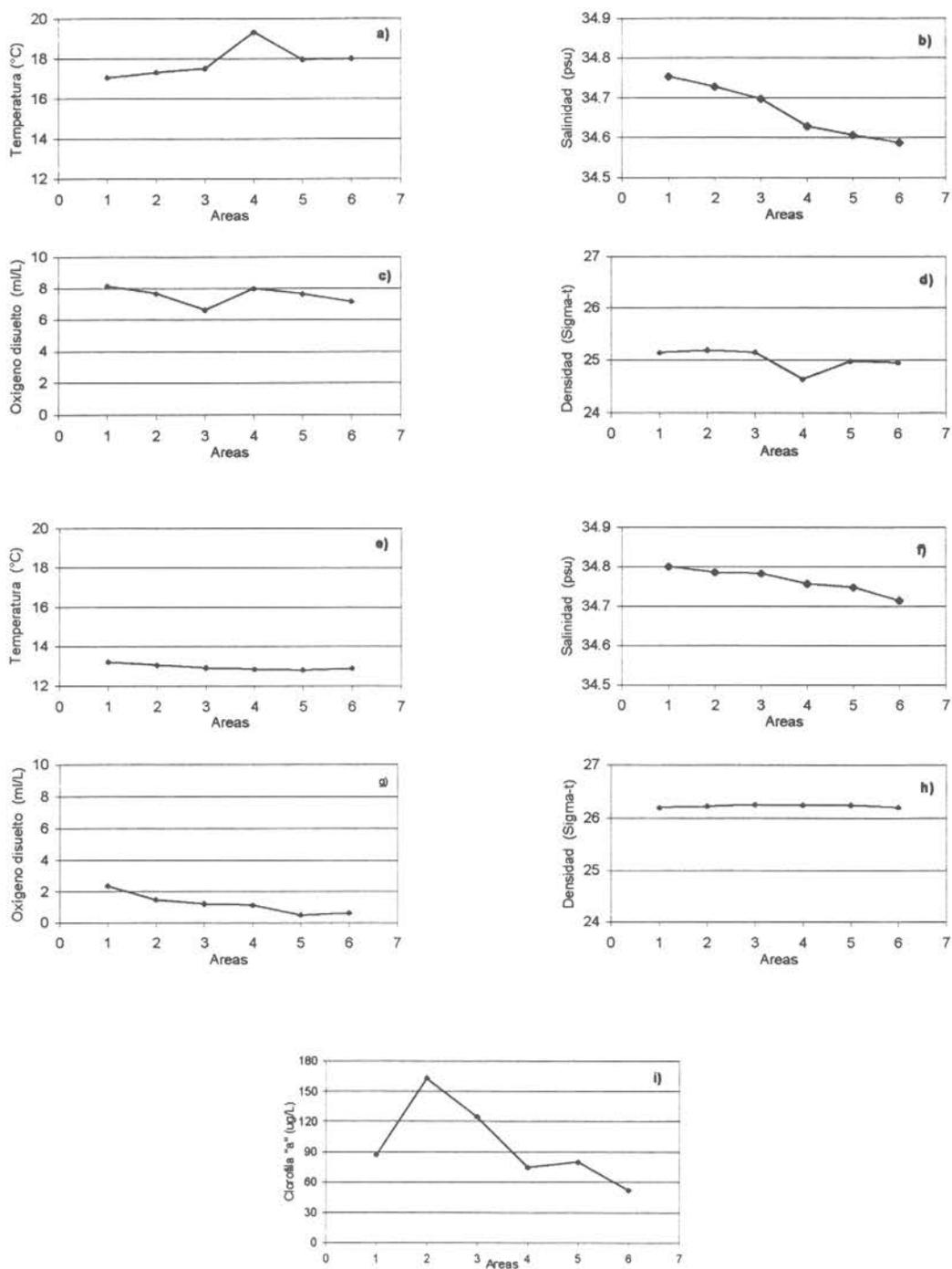


Figura 50. Estimados de las variables oceanográficas en la capa superficial: a) temperatura, b) salinidad, c) oxígeno y d) densidad; y en la capa de 50 m: e) temperatura, f) salinidad, g) oxígeno y h) densidad e i) clorofila "a" integrada.

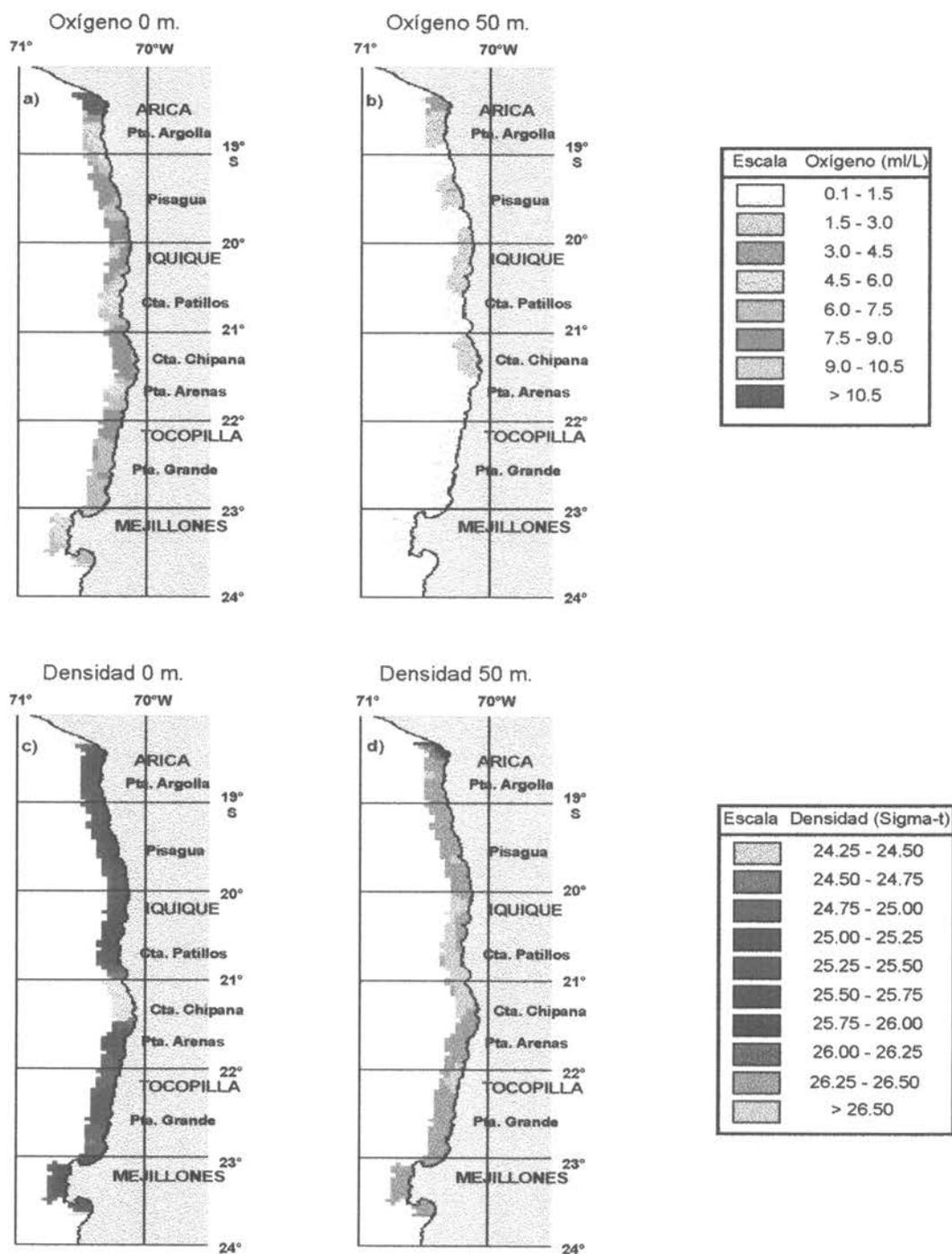


Figura 51. Distribución de: **a)** oxígeno disuelto superficial (ml/L), **b)** oxígeno disuelto a 50 m. (ml/L), **c)** densidad superficial (sigma-t) y **d)** densidad a 50 m. (sigma-t). Crucero RECLAN 0001.

Clorofila a integrada

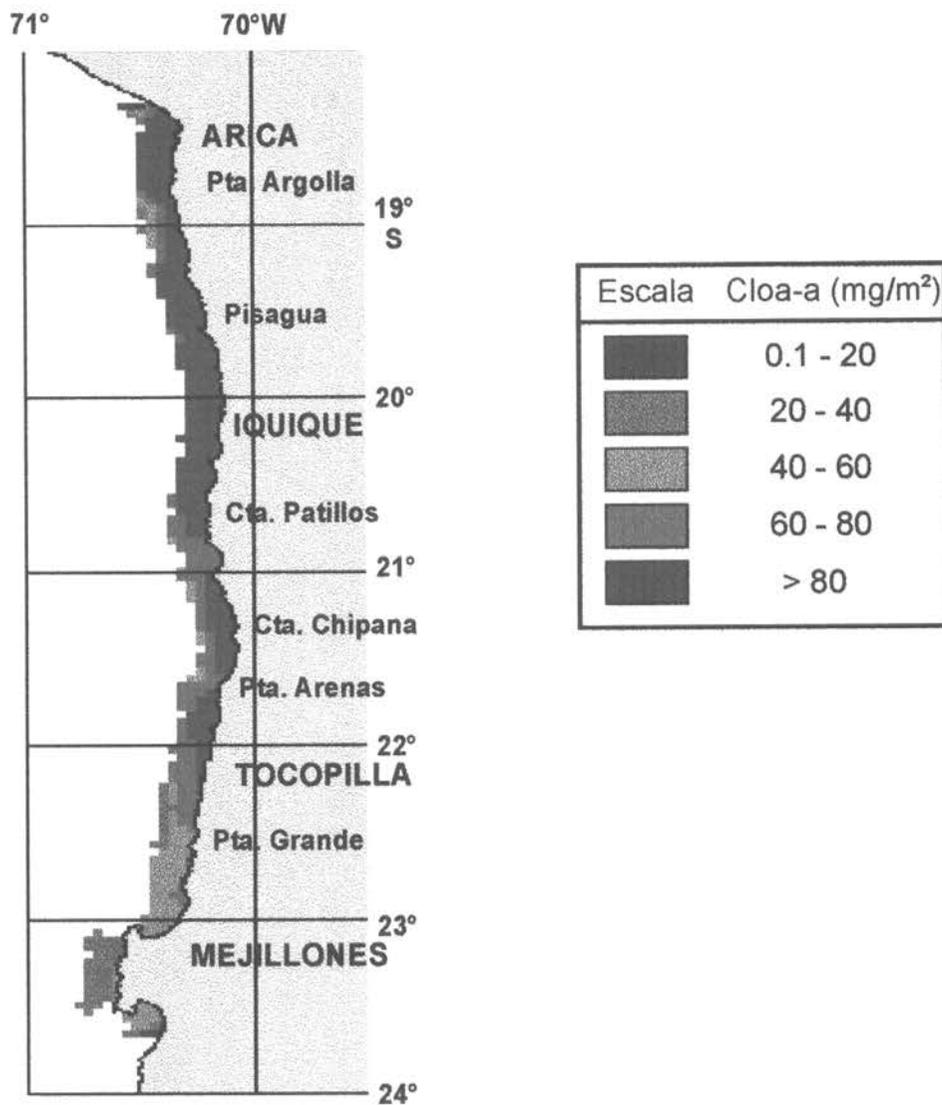


Figura 52. Distribución espacial de las clorofila "a" integrada (mg/m²). Crucero RECLAN 0001.

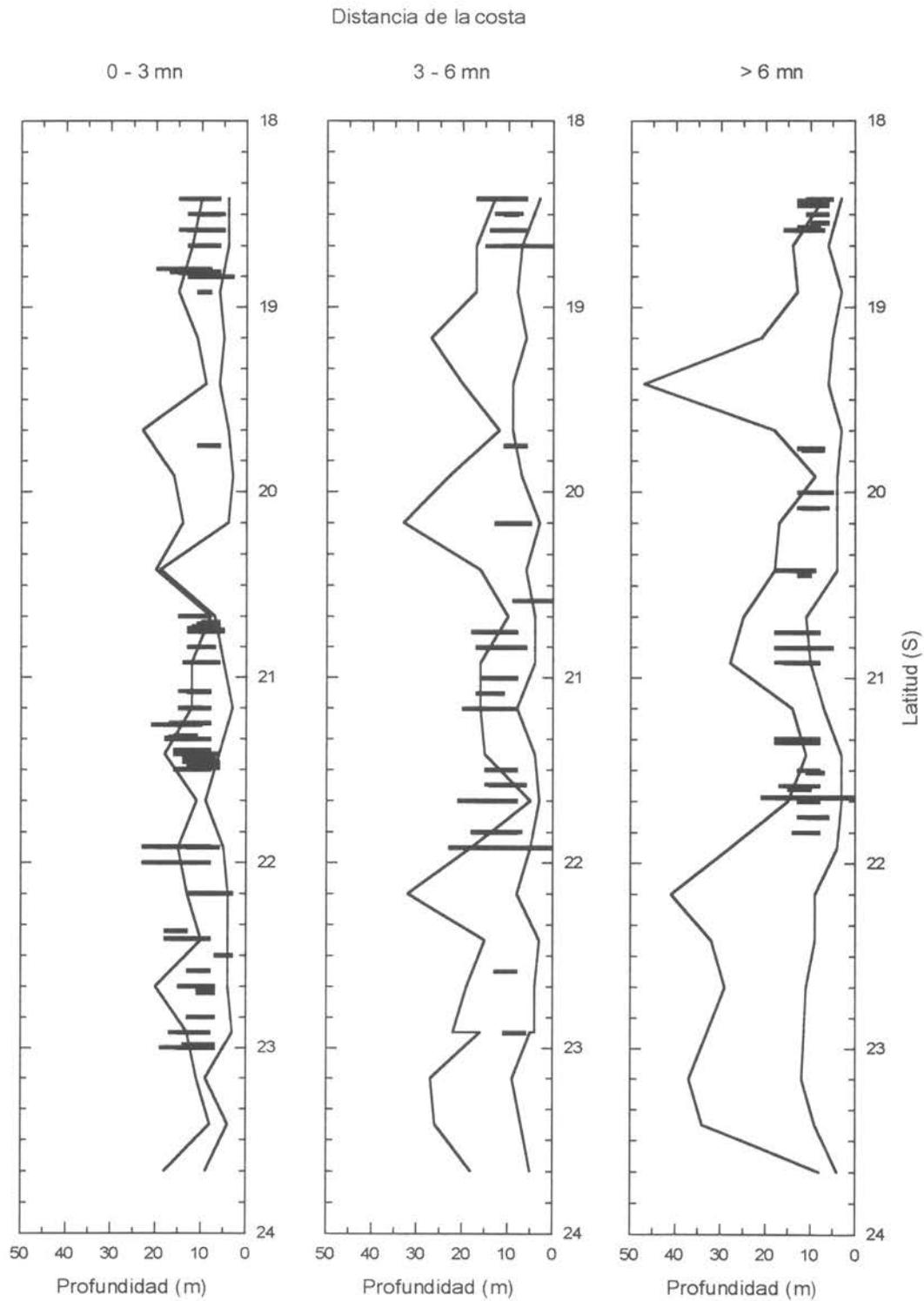


Figura 53. Distribución de las agregaciones de anchoveta con respecto a los gradientes de l inicio y término de la termoclina. Crucero RECLAN 0001.

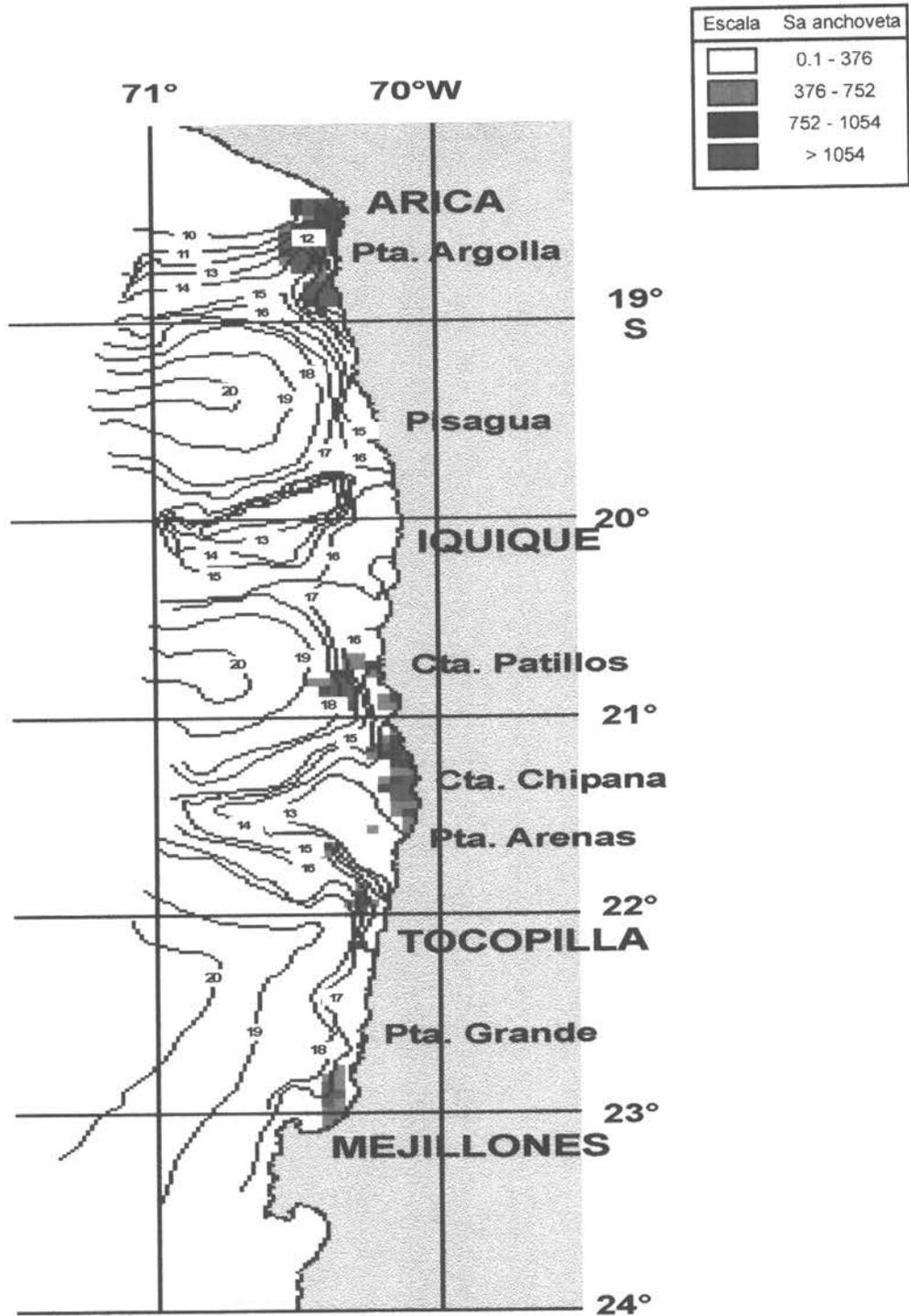


Figura 54. Distribución espacial de la anchoveta y de los veriles de la termoclina. Crucero RECLAN 0001.

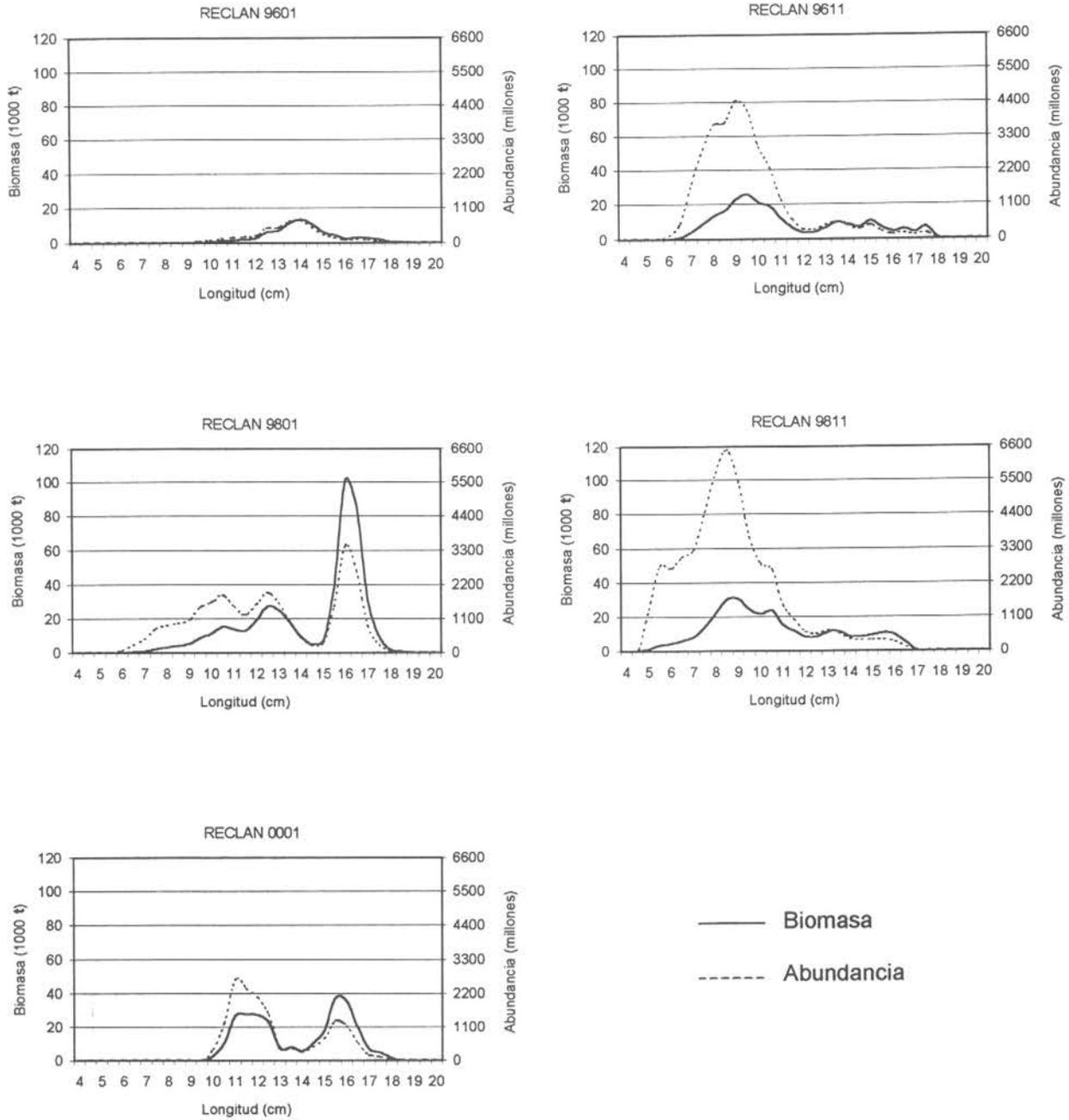


Figura 55. Biomasa en peso (miles de toneladas) y abundancia en número (millones de ejemplares) de anchoveta, según el método de las tallas, para los cruceros RECLAN 9601, 9611, 9801, 9811 y 0001..

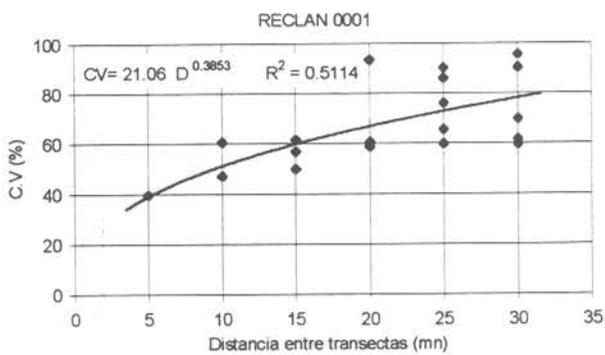
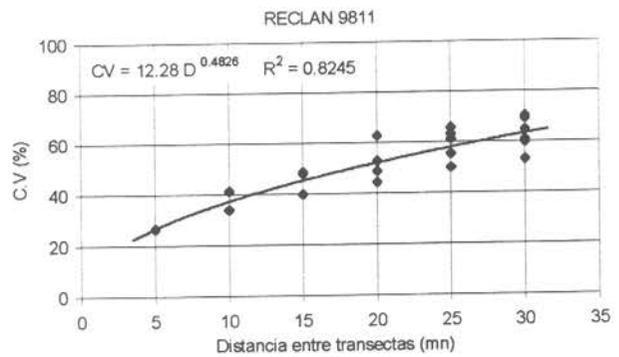
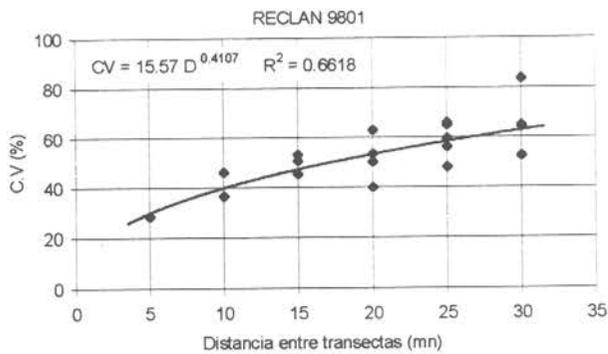
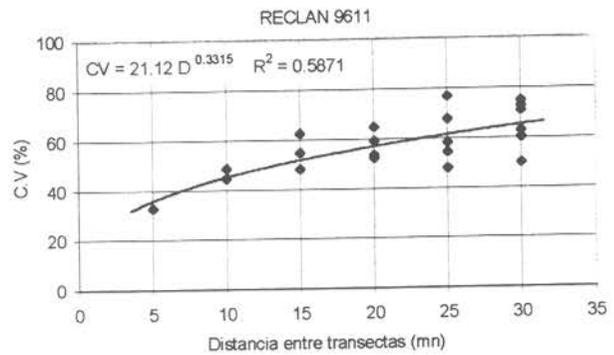
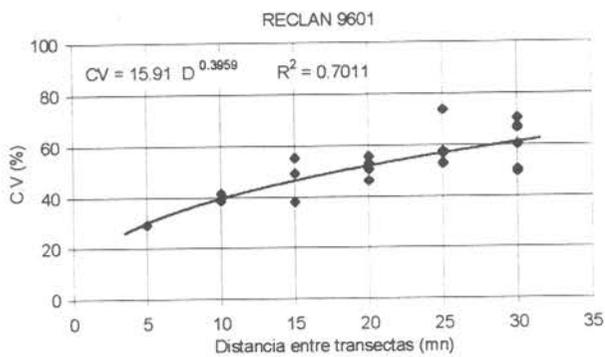


Figura 56. Relación entre los coeficientes de variación de los estimados de biomasa de anchoveta a distintas distancias entre transectas. Cruceros RECLAN 9601, 96511, 9801, 9811 y 0001.

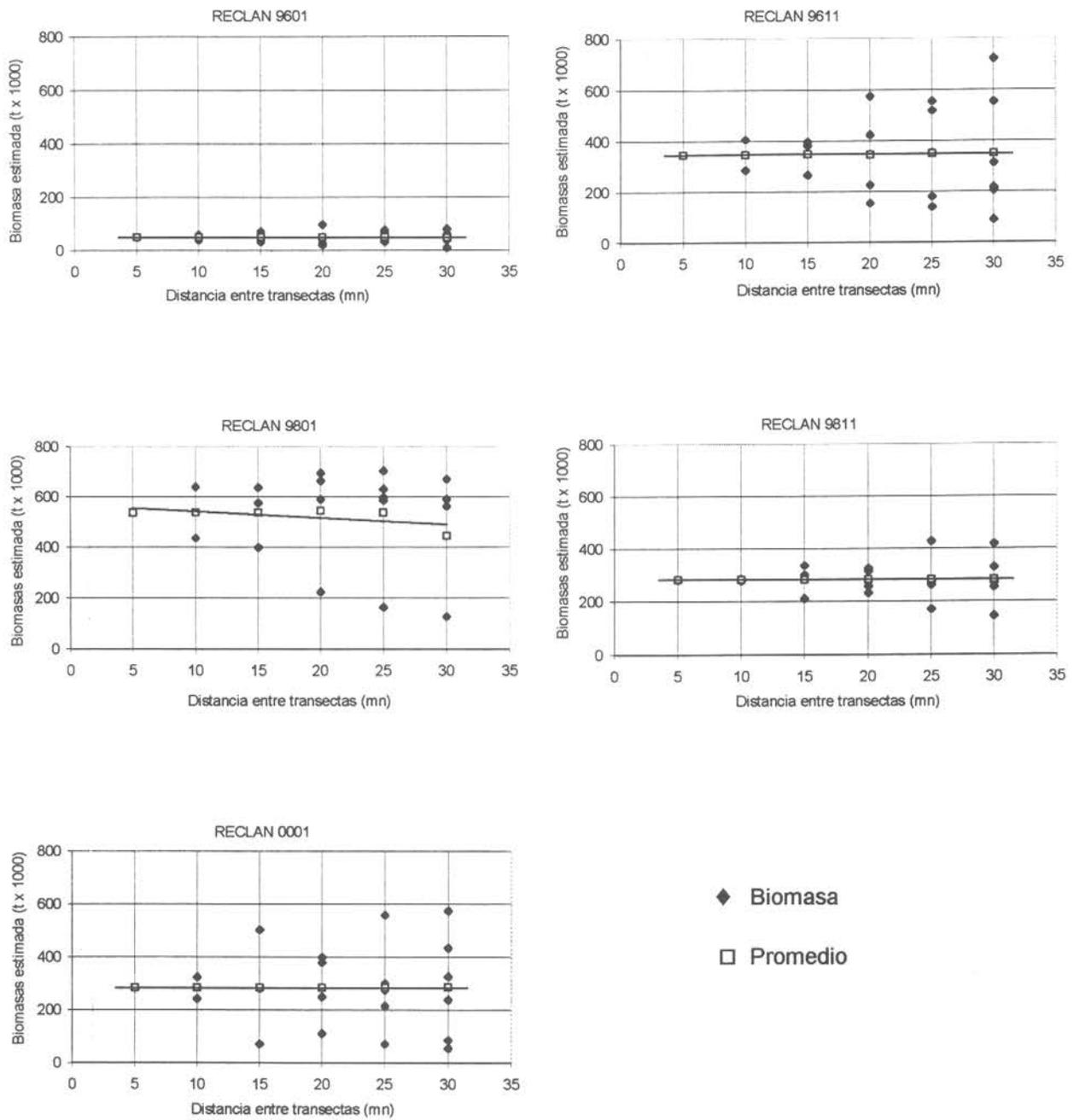


Figura 57. Relación entre los estimadores de biomasa de anchoveta a distintas distancias entre transectas. Cruceos RECLAN 9601, 96511, 9801, 9811 y 0001.

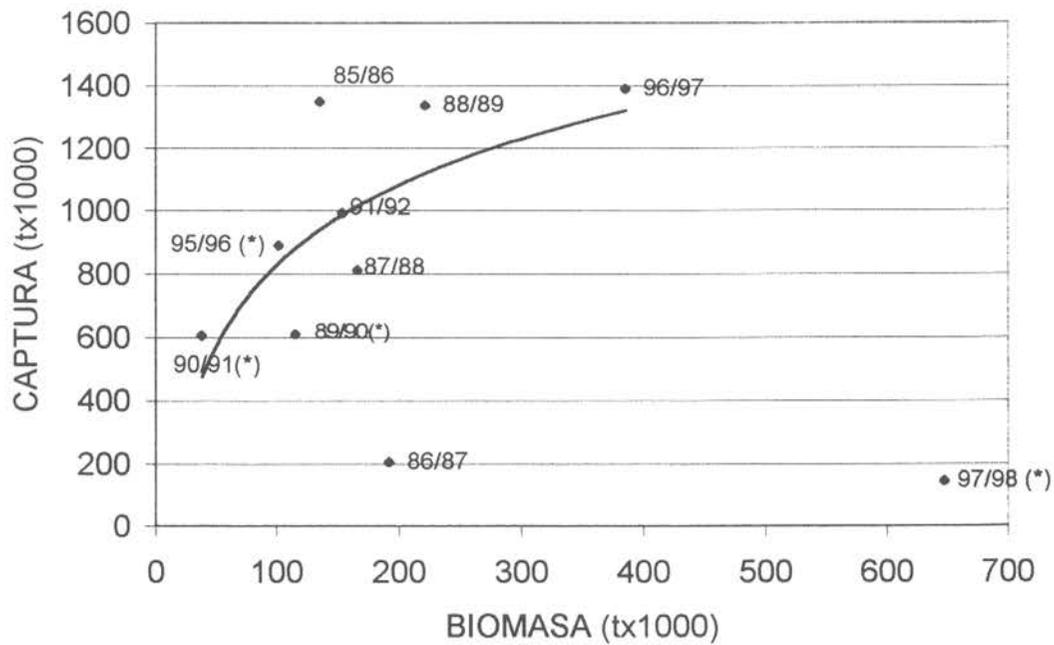


Figura 58. Relación funcional entre la biomasa de anchoveta de primavera-verano y la captura de la temporada de pesca siguiente. Los datos (*) corresponden a cruceros de verano realizados a principios del año en que se consideró la captura. Se descartaron de la relación funcional ajustada los datos 85/86, 86/87, 97/98 y 98/99

La ecuación ajustada fue :

$$C = 841,29 \text{ LOG (BIO)} - 854,21$$

$$r^2 = 0,69$$

$$n = 7$$



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

TABLAS

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. Latitudes iniciales y finales y número de pixeles de las áreas seleccionadas.

Areas	Latitud inicial	Latitud final	Nº pixeles
1	18°30' S	19 °00'S	98
2	19 °00'S	20°10' S	74
3	20°10' S	21°00'S	123
4	21°00'S	21°50' S	172
5	21°50' S	22°25' S	59
6	22°25' S	23°00'S	79

Tabla 3. Valores del gradiente de temperatura por transecta. La concentración de pigmentos corresponde a la estación de 1 mn.

tran	Est	gradiente (°C/mn)	cloa (µg/L)	feop (µg/L)	clot (µg/L)	cla int (mg/m ²)	Fliv (UR)
6	4	0.55	1.56	2.23	2.77	43.3	55.34
9	9	0.45	1.07	0.40	1.29	28.9	28.95
12	12	0.00	3.09	2.55	4.47	68.3	54.80
15	13	-0.07	2.34	2.72	3.81	42.0	96.29
18	16	0.09	4.78	2.80	6.29	68.8	92.16
21	24	0.27	0.86	1.92	1.90	71.1	46.12
24	19	0.42	5.08	3.17	6.80	139.3	88.82
27	25	0.02	0.81	0.22	0.93	41.1	47.49
30	28	0.21	6.55	0.02	6.56	162.4	15.75
33	31	0.06	1.13	0.36	1.33	97.2	36.59
36	36	0.13	3.34	0.15	3.42	59.8	27.30
39	37	0.18	2.19	0.41	2.41	133.6	82.18
42	40	0.29	1.59	0.25	1.73	162.0	28.13
45	45	0.19	12.16	0.00	11.66	429.1	82.74
48	46	-0.26	2.76	0.00	2.69	85.6	29.43
51	51	0.47	6.46	0.00	6.40	77.7	41.71
54	52	-0.29	8.42	0.00	8.22	267.1	101.30
57	57	-0.31	18.99	0.00	18.82	148.8	12.61
60	60	0.21	1.96	0.19	2.07	92.4	13.65
63	63	0.70	12.68	0.00	12.50	115.4	145.32
66	64	0.33	13.78	0.00	13.63	111.4	186.95

Tabla 4. Resumen de operación por lance de pesca en el crucero RECLAN 0001

LANCE	FECHA	HORA		POSICION DE CALADO		POSICION DE VIRADO		PROFUNDIDAD DE ARRASTRE	TSM (°C)	CAPTURA (Kg.)	
		CALADO	VIRADO	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud			ANCHOVETA	TOTAL
9	18.01.2000	21:29	22:14	22°58'52	70°21'63	22°56'04	70°20'37	7	19,2	2100,0	2100,0
10	18.01.2000	23:19	24:00	22°53'71	70°20'57	22°51'20	70°20'81	10	19,0	440,0	440,0
12	19.01.2000	20:56	21:26	21°38'81	70°18'00	22°37'22	70°17'33	5	17,8	2819,9	2914,0
13	19.01.2000	22:55	23:28	22°31'64	70°16'46	22°29'68	70°16'26	5	17,7	112,4	238,0
17	21.01.2000	20:54	21:35	21°55'60	70°13'89	21°53'54	70°14'02	5	19,5	722,2	800,0
18	21.01.2000	22:23	22:54	21°50'18	70°14'32	21°48'15	70°13'97	7	18,0	79,4	130,0
19	20.01.2000	21:07	21:47	21°41'43	70°16'05	21°39'00	70°16'60	7	18,4	38,1	92,0
20	23.01.2000	1:05	2:00	21°25'06	70°06'23	21°28'30	70°06'38	12	21,0	20,0	31,0
21	23.01.2000	5:25	6:10	21°21'10	70°07'00	21°18'30	70°06'90	7	16,6	16,6	17,0
22	23.01.2000	10:24	10:57	21°24'16	70°06'44	21°22'10	70°06'98	7	22,2	1,3	2,8
23	23.01.2000	20:56	21:26	21°15'22	70°08'02	21°13'37	70°08'66	7	21,9	82,0	82,0
24	23.01.2000	22:16	23:00	21°09'10	70°10'99	21°06'43	70°11'33	5	21,3	14,8	106,0
25	24.01.2000	5:32	6:40	20°58'20	70°10'80	20°54'50	70°10'00	5	19,9	16,0	28,0
27	24.01.2000	23:43	24:18	20°48'49	70°16,44	20°48'49	70°16'44	5	17,7	250,9	410,0
28	25.01.2000	23:05	23:38	20°28'60	70°17'50	20°28'60	70°17'50	5	19,4	0,9	160,0
33	27.01.2000	20:55	21:45	20°02'18	70°15'54	20°02'18	70°15'54	5	21,5	193,3	280,0
38	30.01.2000	22:04	22:44	18°51'08	70°22'33	18°51'08	70°22'33	5	16,7	38,0	38,0
40	31.01.2000	21:24	22:00	18°41'19	70°25'81	18°41'19	70°25'81			28,0	280,0
41	31.01.2000	24:08	24:47	18°34'85	70°28'56	18°34'85	70°28'56			239,6	240,0
43	01.02.2000	21:36	22:15	18°32'60	70°26'396	18°32'60	70°26'40	5	18,0	17,8	18,0
Total								5 - 12	16,7 - 22,2	7231,0	8406,8

Tabla 6. Estimación de parámetros de la relación longitud-peso por zona de pesca y total de la zona de estudio.
Crucero RECLAN 0001.

Parámetros	Arica	Iquique	Antofagasta	Total In-lineal	Total Modelo no lineal
a=	0,006171	0,005120	0,006921	0,007606	0,008994
b=	3,103712	3,144219	3,037847	3,004921	2,945008
R ² ajustado	0,968520	0,956707	0,907150	0,938441	0,949400
N	299	443	440	1182	1182
g,l,	298	442	439	1181	1181
RSS	1,83	2,61	1,97	13,33	
RDF	298	442	439	1181	
Sum X ²	1938,77	3242,87	3355,27	8536,92	

Comparación de b	g,l,	tc	t(g,l,;0,975)	Diferencia
Arica-Iquique	740	-18,21	1,96	D.S.
Iquique-Antofagasta	881	59,93	1,96	D.S.
Arica-Antofagasta	737	-32,16	1,96	D.S.

N.S.= no significativa

D.S.= diferencia significativa

Tabla 7. Resultados de las calibraciones hidroacústicas del sistema Simrad EK-500 del B/I Abate Molina, para la frecuencia de 38 y 120 Khz, por longitudes de pulso. Crucero RECLAN 0001.

Pulso	38 khz			120 khz		
	Corto	Medio	Largo	Corto	Medio	Largo
TS- transducergain	26.82	27.43	27.09	24.55	24.13	23.71
Sv – transducer gain	26.47	27.64	27.40	24.01	24.24	23.80

Tabla 8. 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-transducergain			Sv-transducergain		
		Corto	Medio	Largo	Corto	Medio	Largo
09.11.93	Valparaiso	26.5	27.2	27.4	26.92	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	26.19	27.0	27.2
06.01.95	Mejillones	27.0	27.6	27.8	27.08	27.7	28.1
12.07.95	Valparaiso	27.1	28.1	28.0	27.17	28.0	28.1
04.09.96	Pto. Yates	26.8	27.9	27.9	27.0	27.5	28.1
19.11.96	Mejillones	26.7	27.9	27.9	26.9	27.7	28.0
18.04.97	Valparaiso	26.8	27.5	27.6	27.3	27.7	27.8
29.12.97	Valparaiso	26.8	27.7	27.7	27.2	27.5	27.9
21.11.98	Valparaiso	26.9	27.4	27.2	27.1	27.2	27.3
15.05.99	Talcahuano	27.0	27.8	27.6	27.2	27.7	27.7
21.07.99	Valparaiso	26.5	27.6	27.7	27.3	27.5	27.5
16.09.99	Pisagua	26.6	27.5	27.7	27.2	27.5	27.3

Tabla 9. Biomasa (t), Abundancia (millones de ejemplares), Varianza $\hat{V}(\hat{B}_o)$ coeficientes de variación (CV) y error (%) del estimado de biomasa de anchoveta y de la fracción reclutas. Crucero RECLAN 0001.

Parametro	Biomasa (t)		Abundancia (millones de ejemplares)		
	Anchoveta	Reclutas	Anchoveta	Reclutas	
Biomasa(t)	306.655	107.268 (34,98%)	11.785,357 (26,02 g)	6.470,1612 (54,9%)	
ρ (t/mn ²)	154,5				
Metodo	Area (mn ²)	1.984,8			
Conglomerado	V (B)	1,319409	0,17180x10 ¹⁰	2,0009 x10 ¹⁹	1,2647x10 ¹⁹
	E (%)	61,6	62,3	62,5	49,7
	CV	0,37	0,38	0,38	0,30
Estratos	V (B)	0,8194933	0,11127x10 ¹⁰	1,2625x10 ¹⁹	0,8373x10 ¹⁹
	E (%)	48,6	51,1	49,6	40,3
	CV	0,29	0,31	0,30	0,24
Bootstrap	V (B)	0,9556605	0,04684x10 ¹⁰	1,4653x10 ¹⁹	0,9579x10 ¹⁹
	E (%)	51,6	54,0	52,6	42,5
	CV	0,31	0,32	0,32	0,26

Tabla 10. Biomasa (t), Abundancia (millones de ejemplares), Varianza $\hat{V}(\hat{B}_o)$ coeficientes de variación (CV) y error (%) del estimado de biomasa de anchoveta y de la fracción reclutas. Método Geoestadístico. Crucero RECLAN 0001.

Parametro	Biomasa (t)		Abundancia (millones de ejemplares)		
	Anchoveta	Reclutas	Anchoveta	Reclutas	
Biomasa(t)	296.584	103.745 (34,98%)	11.398,309 (26,02 g)	6.257,671641 (54,9%)	
ρ (t/mn ²)	211,2				
Metodo	Area (mn ²)	1.404			
Geoestadístico	V (B)	0,29374x10 ¹⁰	0,04684x10 ¹⁰	0,48259x10 ¹⁹	0,37895x10 ¹⁹
	E (%)	30,0	34,3	31,7	28,1
	CV	0,18	0,21	0,19	0,17

Tabla 11. Biomasa (t) y Abundancia (millones de ejemplares) por talla, según el método de las tallas. Crucero RECLAN 0001.

Talla (cm)	Abundancia (millones)	Biomasa (t)
8,0		
8,5	0,86	4,07
9,0	0,77	4,31
9,5	0,69	4,55
10,0	362,55	2.789,07
10,5	1.228,00	10.938,45
11,0	2.636,04	27.003,57
11,5	2.365,32	27.692,94
12,0	2.062,04	27.435,76
12,5	1.506,55	22.660,97
13,0	421,07	7.125,73
13,5	418,96	7.941,56
14,0	273,79	5.789,09
14,5	443,66	10.424,02
15,0	721,35	18.765,96
15,5	1.306,52	37.508,98
16,0	1.122,56	35.453,49
16,5	551,15	19.093,36
17,0	183,80	6.964,77
17,5	114,06	4.715,50
18,0	34,03	1.530,99
18,5	5,41	264,11
19,0		
19,5		
20,0		
Total	15.759,18	274.111
Reclutas	8.656,27	95.872,72

Tabla 12. Índice de ocupación de las variables ambientales respecto de la anchoveta, en porcentaje.

Areas	Capa	Temperatura (°C)										
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Superficial	0.0	0.0	0.0	5.1	20.4	28.6	29.6	16.3	0.0	0.0	0.0
2	Superficial	0.0	0.0	0.0	2.7	9.5	25.7	31.1	24.3	6.8	0.0	0.0
3	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5	37.4	21.1	14.6	7.3	0.0	0.0
4	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	16.3	23.3	14.5	32.0	11.0	0.0
5	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.9	44.1	22.0	0.0	0.0	0.0
6	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	34.2	48.1	5.1	0.0	0.0	0.0
Areas	Capa	Salinidad (psu)										
		34.0	34.1	34.2	34.3	34.4	34.5	34.6	34.7	34.8	34.9	35.0
1	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
2	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.1	68.9	0.0	0.0	0.0
3	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.4	23.6	0.0	0.0	0.0
4	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	20.9	69.2	7.0	0.0	0.0	0.0
5	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.8	59.3	11.9	0.0	0.0	0.0
6	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.9	29.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Areas	Capa	Oxígeno (ml/L)										
		0.1	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0	13.5	15.0
1	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	27.6	14.3	10.2	42.9	3.1	2.0	0.0
2	Superficial	0.0	0.0	0.0	2.7	25.7	51.4	16.2	4.1	0.0	0.0	0.0
3	Superficial	0.0	0.0	0.0	25.2	54.5	18.7	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Superficial	0.0	0.0	0.0	6.4	40.7	26.2	17.4	9.3	0.0	0.0	0.0
5	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	44.1	55.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	92.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Areas	Capa	Densidad (Sigma-t)										
		24.00	24.25	24.50	24.75	25.00	25.25	25.50	25.75	26.00	26.25	26.50
1	Superficial	0.0	0.0	0.0	16.3	8.2	73.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Superficial	0.0	0.0	0.0	16.3	8.2	73.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	25.7	27.0	23.0	17.6	0.0	0.0
4	Superficial	0.0	7.3	15.4	19.5	35.0	22.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Superficial	16.9	32.6	10.5	20.9	16.3	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Superficial	0.0	0.0	0.0	20.3	49.2	30.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 12 (continuación)

Areas	Capa	Clorofila "a" integrada ($\mu\text{g/L}$)					
		0.1-19.9	20-39.9	40-59.9	60-79.9	80-99.9	> 100
1	Superficial	28.5	4.1	8.2	9.2	13.2	36.7
2	Superficial	9.3	11.1	29.1	13.9	19.2	17.4
3	Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0
4	Superficial	0.0	21.5	22.7	22.7	10.5	22.7
5	Superficial	0.0	20.4	18.6	18.6	17.0	25.4
6	Superficial	0.0	5.0	71.0	24.0	0.0	0.0

Tabla 13. Posición de los ecotrazos respecto al gradiente superior e inferior de la termoclina.

	N ^a (*)	%
La agregación cruza el inicio del gradiente de la termoclina	39	18,1
La agregación cruza el término del gradiente de la termoclina	21	9,7
La agregación está entre los gradientes superiores e inferiores de la termoclina	149	69,0
La agregación traspasa ambos gradientes de la termoclina	0	0,0
La agregación está arriba del gradiente superior de la termoclina	4	1,9
La agregación está abajo del gradiente de la termoclina	3	1,4
Número total de agregaciones con anchoveta	216	100,0

(*) Número de agregaciones con anchoveta

Tabla 14. Coeficientes Cramer's de las cartografías de anchoveta respecto de las variables ambientales, por áreas seleccionadas.

	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6
Temperatur	0,36	0,41	0,27	0,34	0,29	0,21
Salinidad	0,27	0,36	0,29	0,31	0,34	0,23
Oxígeno	0,31	0,25	0,28	0,43	0,25	0,16
Densidad	0,27	0,42	0,28	0,35	0,25	0,23
Clorofila-a	0,35	0,36	0,32	0,45	0,40	0,28

Tabla 15. Matriz de correlación entre las variables: gradiente de temperatura superficial del mar (TSMGR), temperatura superficial del mar (TSMPR), gradiente de la salinidad superficial del mar (SSMGR), salinidad superficial del mar (SSMPR), gradiente del oxígeno superficial del mar (OSMGR), oxígeno superficial del mar (OSMPR), gradiente de la densidad superficial del mar (DSMGR), densidad superficial del mar (DSMPR), gradiente de clorofila a integrada (CLOAGR) y de clorofila a integrada (CLOAPR).

	TSMGR	TSMPR	SSMGR	SSMPR	OSMGR	OSMPR	DSMGR	DSMPR	CLOAPR
TSMGR									
TSMPR	0,994								
SSMGR	0,999	0,996							
SSMPR	0,999	0,996	1,000						
OSMGR	0,999	0,994	0,999	0,999					
OSMPR	0,996	0,988	0,995	0,995	0,996				
DSMGR	1,000	0,996	1,000	1,000	0,999	0,995			
DSMPR	0,999	0,994	1,000	1,000	0,998	0,994	1,000		
CLOAPR	0,064	0,038	0,059	0,060	0,072	0,090	0,059	0,063	
CLOAGR	0,230	0,213	0,224	0,226	0,228	0,244	0,225	0,228	0,831

Tabla 16. Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn²) de anchoveta en toda la zona de estudio y de la fracción recluta.

	ID (t/mn ²)	IC (%)
Anchoveta	692,2	22,3
Fracción recluta	3.666,4	6,7



Tabla 17. Análisis estadístico y de varianza de la regresión. $C = 841,29 \text{ LOG (BIO)} - 854,21$; $r^2 = 0,69$; $n = 7$.

Estadístico t de Student

Parámetro	Estimado	SE	t	$t_{(0,95;5)}$
Pendiente	841,29	253,491	3,319	2,015

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	F
Modelo	415.158,59	1	415.158,59	11,015
Residual	188.452,020	5	37.690,40	
Total	603.610,61	6	$F_{(0,95;1;5)}$	5,99