



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS F I P**

FIP - IT / 96 - 02

INFORME : ESTIMACION DEL RECLUTAMIENTO DE  
FINAL ANCHOVETA EN LAS REGIONES I Y II

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

**REQUIRENTE**

**CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP**  
Presidente del Consejo: JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ

**EJECUTOR :**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP**  
Director Ejecutivo: PABLO ALVAREZ TUZA

• agosto, 1997 •

## PERSONAL PARTICIPANTE

### Acústica

---

Jorge Castillo	Ingeniero Pesquero-Jefe de Proyecto
José Córdova	Ingeniero Pesquero
Marcos Espejo	Ingeniero Electrónico
Alvaro Saavedra	Ingeniero Pesquero
M <sup>a</sup> Angela Barbieri	Dr. Oceanografía
Sergio Lillo	Ingeniero Pesquero

### Oceanografía

---

José Luís Blanco	Oceanógrafo
Jorge Osses	Profesor de Química
Sergio Rosales	Oceanógrafo
Jaime Letelier	Oceanógrafo

### Biología

---

Patricio Barría	Magister en Cs. Biológicas
Omar Rojas	Veterinario
Wladimir Garrido	Técnico Pesquero
Gastón Rossón	Técnico
Ramón Aravena	Técnico
William Miranda	Asistente

**JEFE DE PROYECTO**

JORGE CASTILLO P.

**AUTORES**

*EVALUACION Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL  
DEL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA*

JORGE CASTILLO P.  
MARCOS ESPEJO V.  
SERGIO LILLO V.  
JOSE CORDOVA M.

*HIDROLOGIA, FLUORESCENCIA  
CLOROFILA-a Y EL RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA*

JOSE LUIS BLANCO G.  
JORGE OSSES R.

*BIOLOGIA PESQUERA*

PATRICIO BARRIA M.

## 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 en la primavera de 1996. Además, se entregan los resultados de los análisis históricos de la serie de datos históricos oceanográficos, biológicos (huevos y larvas) y pesqueros en el período 1984-94, tendientes a establecer los factores que inciden en el reclutamiento de anchoveta en la zona norte.

La evaluación directa de la biomasa de anchoveta y de la fracción reclutas, se realizó por medio de un crucero de prospección acústica y oceanográfica entre Arica y Antofagasta (Regiones I y II) a bordo del B/I "Abate Molina", entre el 18 de noviembre y el 9 de diciembre de 1996, correspondiente a la época del pico principal de reclutamiento de anchoveta en la zona norte. Los datos del análisis histórico provienen de cruceros realizados por IFOP en la zona norte en los períodos de invierno entre 1984 y 1994. La información de vientos de estaciones costeras en la zona norte, provienen de la base de datos de propiedad del IFOP.

Se incluyen dos anexos, en uno de ellos se entregan los descriptores de los datos almacenados en medios magnéticos. El otro anexo presenta las conclusiones del Taller Internacional realizado en Valparaíso entre el 5 y 7 de mayo de 1997, cuyo objetivo principal fue: "Analizar los factores que inciden en el reclutamiento de anchoveta en la zona norte de Chile y sur de Perú" y que contó con la participación de expertos nacionales, peruanos y el Dr. Richard Parrish de la NOAA -EEUU.

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 48 estaciones. Se efectuaron 66 lances de pesca de reconocimiento de ecotrazos y para muestreo biológico utilizando una red de arrastre a media agua con 13 mm de tamaño de malla en el copo.

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

Los principales resultados de la componente de oceanografía física indican que los valores de temperatura superficial observados en el área, respecto a registros de igual época en años anteriores, son similares que los reportados en 1971, 1980, 1987, 1988 y 1990; superiores en 1°C que los años 1969, 1970, 1972, 1974 y 1984; inferiores en 1°C que los años 1968, 1973, 1986 y 1991 e inferiores en 2°C con respecto a los años 1982 y 1983, correspondiendo estos últimos a años cálidos. La profundidad de la isoterma de 15°C, indica corresponde a los valores normales.

En superficie la masa de agua AST-1 aparece débilmente en el área de estudio, junto con el AESS participan en la mezcla de agua entre la costa y las 10 mn, desde la transecta 46 (22°S) hacia el sur el ASAA empieza a tener un mayor aporte en la mezcla. El AESS alcanza la superficie producto del ascenso en algunos sectores costeros, ésto se aprecia en las transectas 10, 19, 46, 61 y 64, en las transectas restantes el aporte a superficie de esta masa de agua es nulo o casi nulo.

La distribución de frecuencias de longitudes de la anchoveta obtenida de los 66 lances de pesca presenta dos modas centradas en los 9,0 y 15,5 cm. El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 63 y 27 %, respectivamente. El peso promedio total de las anchovetas y reclutas fue de 11,8 y 5,1 g. Sin embargo, al separar la

información por zonas de pesca, se puede apreciar claramente la existencia de diferencias significativas en las distribuciones de frecuencia.

En la zona de Arica la distribución de longitudes es bimodal donde predomina la presencia de reclutas (ejemplares menores e iguales a 12,0 cm.) siendo su porcentaje en número y peso de 58 y 23%, respectivamente. El peso promedio total de las anchovetas fue de 11,1 y 4,4 g. para la fracción de reclutas.

En la zona de Iquique existe una distribución de longitudes unimodal donde prevalecieron los reclutas (menores a 12,0 cm.) con la moda en los 9,0 cm. El porcentaje de reclutas en número y peso fué 92 y 73 %, respectivamente. El peso promedio total de los ejemplares de anchoveta fue de 6,9 y 5,5 g. para los ejemplares reclutas.

En la zona de Antofagasta la distribución de longitudes es polimodal donde prevalecieron los ejemplares adultos (mayores a 12,0 cm.) con la modas en los 14,0, 15,5 y 17,5 cm, respectivamente. El porcentaje de reclutas en número y peso es de 0,1%. El peso promedio total de los ejemplares de anchoveta fue de 27,9 y para los reclutas fue 10,0 g.

Estos resultados permiten sostener la existencia de una fuerte segregación espacial de la anchoveta por tamaños, presentándose en la zona de Arica e Iquique un foco de reclutamiento y en las zona de Antofagasta, la fracción correspondiente al stock desovante. En relación a la fortaleza de la clase anual, se aprecia un aumento del número de reclutas en comparación a 1996.

Respecto a los pesos promedios por zonas de pesca éstos presentan diferencias significativas, al igual que los pesos promedios obtenidos de los cruceros RECLAN 9501, RECLAN 9601 y RECLAN 9611, lo cual implica que existen efectos densodependientes.

En relación a los estadios de madurez, el 21% de las hembras adultas estaba en estado 3 y el 53,9 % en estado 5 (desove); información biológica de la anchoveta para esta zona y mes indica índices gonadosomáticos altos y en estado de desove.

Los resultados biológico-pesqueros señalan que en Arica e Iquique existen focos de reclutamiento, asociado a una zona de surgencia y constreñido hacia la costa por los gradientes termohalinos. En la zona de Antofagasta presentó un predominio de anchovetas adultas (stock desovante) en período de desove.

La biomasa de anchoveta en la primavera de 1996 alcanzó a 479.822 t, con un coeficiente de variación de 0,21, siendo 277 % mayor que el alcanzado en el verano de 1996 (102.010 t, valor corregido por diferencias en el TS), y es comparable con el estimado integrado en las dos subzonas en el verano de 1995 (RECLAN 9501)

La biomasa de los reclutas alcanzó a 122.643 t, con un Coeficiente de Variación de 0,41, apreciándose que el valor obtenido en el presente crucero es un 44,9 % inferior que el estimado en el verano de 1995 y sobre el 1100% superior que el valor estimado en el verano de 1996.

La abundancia de anchoveta en número alcanzó a  $3,778126 \times 10^{10}$  individuos, con un CV de 0.83 y la abundancia de los reclutas de anchoveta alcanzó a  $2,404755 \times 10^{10}$  individuos, con un CV 0,76.

La anchoveta presentó una distribución espacial altamente asociada a la costa en que los límites occidentales de las mayores concentraciones no superaron las 5 mn, presentando una alta concentración entre punta Patillo y punta Chilena, cercana a la desembocadura del río Loa. Los reclutas presentaron una segregación espacial en el sentido latitudinal y longitudinal, concentrándose hacia la costa y al norte de punta Chilena.

La distribución espacial de la biomasa en los cruceros RECLAN 9501, 9601 y 9611 permite identificar claramente que la zona del río Loa constituye una importante área de concentración de la biomasa de anchoveta, sugiriendo que en los cruceros RECLAN 9501 y 9611, este sector correspondió a un área de crianza.

En el sentido batimétrico la anchoveta en la primavera de 1996 (RECLAN 9611) se ubicó en profundidades levemente mayores que en el verano del mismo año (RECLAN 9601) (7 a 30 m, respecto a 5- 25 m), observándose que las mayores frecuencias de cardúmenes en ambos casos estuvieron asociados a las isotermas de 14 a 16°C, isohalinas de 34,6 a 34,8 psu y oxilíneas de 2 a 4,5 ml/l.

Los Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) fueron 18,9% y 640,9 t/mn<sup>2</sup>, registrándose hasta 1.596,7 t/mn<sup>2</sup> en el sector de mayor concentración.

El análisis de los factores que inciden en el reclutamiento, señala que en la relación producción anual de huevos-reclutamiento, las variables biológicas como la producción anual de huevos fue altamente significativa y los factores ambientales como las anomalías de temperatura y salinidad de septiembre fueron relevantes como fuente de mortalidad, teniendo una menor incidencia el transporte Ekman. Sin embargo el índice de turbulencia favorece la sobrevivencia de las larvas de anchoveta.

La variación del reclutamiento de la anchoveta fue explicado según el modelo de regresión múltiple en un 72%, los factores biológicos contabilizaron un 35% de esa variación y los factores ambientales un 37%. Lo anterior significa que se debe realizar un mayor esfuerzo en la investigación básica y aplicada orientada al reclutamiento, para que este conocimiento sea incorporado en modelos de carácter predictivo o explicativo útiles para la Administración del recurso. Lo anterior significa que esta línea de investigación debe desarrollarse en el país y se debe incorporar el conocimiento y la tecnología disponible en otros países.

## 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 -----	23
2.1 Objetivo 2.1 -----	23
2.2.1 Muestreo acústico -----	23
2.1.2 Calibración del sistema acústico -----	23
2.1.3 Identificación de especies -----	29
2.1.4 Procesamiento de la información acústica -----	32
2.1.5 Estimación de la biomasa -----	32
2.1.6 Estimación de la varianza -----	37
2.2 Objetivo 2.2 -----	44
2.2.1 Muestreo de las capturas de lances de mediagua -----	44
2.2.2 Muestreo biológico -----	49
2.3 Objetivo 2.3 -----	52
2.3.1 Distribución de los recursos -----	52
2.3.2 Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento -----	52

2.4	Objetivo 2.4	55
2.4.1	Indices del stock	59
<b>VII.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>63</b>
1.	Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento del período estival 1996-97	63
1.1	Viento	63
1.2	Temperatura	64
1.3	Salinidad	65
1.4	Densidad	66
1.5	Oxígeno	66
1.6	Distribución de la biomasa fitoplanctónica durante el crucero RECLAN 9611	67
1.6.1	Distribución superficial de la Clorofila-a (C <sub>loa</sub> )	67
1.6.2	Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica	68
1.7	Registros horizontales continuos de temperatura y fluorescencia <i>in vivo</i>	70
2.	Biología pesquera	73
2.1	Resultados de los lances de pesca	73
2.2	Determinación de la estructura de tamaños	74
2.3	Determinación de los pesos medios	76
3.	Estimación del reclutamiento de anchoveta en peso y número mediante métodos hidroacústicos	79
3.1	Calibración del sistema acústico	79
3.1.1	Calibración electroacústica	79
3.1.2	Determinación de la relación funcional de la intensidad de blanco (TS) respecto a la talla de anchoveta	79
3.2	Estimación de la biomasa de anchoveta	83
3.2.1	Método tradicional	83
3.2.2	Biomasa por talla (método acústico)	84
3.2.3	Estimación de la biomasa mediante geoestadística y descripción de las estructuras	84
3.2.4	Precisión de los elementos de biomasa de anchoveta	85
3.3	Distribución espacial de los recursos pelágicos	86
3.3.1	Total de especies	86
3.3.2	Anchoveta	86
3.3.3	Mote	87

3.3.4 Jurel -----	86
3.4 Indices de cobertura y densidad de anchoveta -----	87
<b>VIII. ANALISIS DE RESULTADOS -----</b>	<b>88</b>
1. Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento de anchoveta, medidos durante el crucero RECLAN 9611 -----	88
1.1 Surgencia -----	88
1.2 Temperatura y salinidad -----	89
1.3 Masas de agua -----	90
1.4 Situación sinóptica -----	91
2. Análisis histórico de las condiciones oceanográficas que afectan el reclutamiento de anchoveta en la zona norte. Período 1984-94 -----	92
2.1 Estaciones costeras -----	92
2.1.1 Viento -----	92
2.1.2 Temperatura superficial del mar -----	95
2.2 Condiciones oceanográficas medidas durante los cruceros de invierno del período 1984-94 -----	95
2.2.1 Temperatura -----	95
2.2.2 Salinidad -----	96
3. Análisis de la distribución y abundancia de los huevos y larvas de anchoveta en los inviernos del período 1984-1996 -----	96
4. Biología pesquera -----	98
5. Estimados de biomasa de la fracción recluta de anchoveta -----	102
6. Precisión de los estimados de biomasa -----	104
7. Análisis de los factores que afectan el reclutamiento de anchoveta -----	105
<b>IX. CONCLUSIONES -----</b>	<b>112</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS -----</b>	<b>116</b>
<b>FIGURAS</b>	
<b>TABLAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

### III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

- Figura 1. a) Track de navegación; b) ubicación de los lances de pesca y c) posición de las estaciones oceanográficas. Crucero RECLAN9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 2. a) Dirección e intensidad del viento; b) índice de turbulencia y c) índice de surgencia en las estaciones oceanográficas. Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 3. Distribución superficial de temperatura (°C) y anomalía de temperatura (°C). Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 4. Profundidad de la isoterma de 15°C y salinidad superficial (psu). Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 5. Distribución superficial de oxígeno disuelto (ml/l) y densidad (sigma-t). Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 6. Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 1. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.
- Figura 7. Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 10. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.
- Figura 8. Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 19. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.
- Figura 9. Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 28. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.
- Figura 10. Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 37. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.
- Figura 11. Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 46. Crucero RECLAN 9611. Diciembre 1996.

- Figura 12. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 55. Crucero RECLAN 9611. Diciembre 1996.
- Figura 13. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 61. Crucero RECLAN 9611. Diciembre 1996.
- Figura 14. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 64. Crucero RECLAN 9611. Diciembre 1996.
- Figura 15. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu). Transecta paralela a la costa a 10 mn. Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 16. Distribución vertical de densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta paralela a la costa a 10 mn. Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 17. Diagramas t-s de las transectas 1, 10, 19, 28, 37 y 46. Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 18. Diagramas t-s de las transectas 55, 61, 64 y paralela a la costa a 10 mn. Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.
- Figura 19. Ciclo estacional de turbulencia y surgencia. Periodos y o áreas con baja turbulencia y transporte hacia fuera de la costa se pueden asumir como apropiados para la sobrevivencia de las larvas. (Con datos de Mendo *et. al.* 1987)
- Figura 20. Distribución superficial de clorofila a y feofitina o feopigmentos. Crucero RECLAN
- Figura 21. Distribución de cloa clorofila y feofitina integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ). Crucero RECLAN
- Figura 22. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 1 (Lat.  $18^{\circ}23'\text{S}$ ) y 10 (Lat.  $19^{\circ}10'\text{S}$ ). Crucero Reclan.
- Figura 23. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 19 (Lat.  $19^{\circ}55'\text{S}$ ) y 28 (Lat.  $20^{\circ}40'\text{S}$ ). Crucero Reclan.

- Figura 24. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 37 (Lat.  $21^{\circ}25'S$ ) y 46 (Lat.  $22^{\circ}10'S$ ). Crucero RECLAN.
- Figura 25. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 55 (Lat.  $22^{\circ}55'S$ ) y 61 (Lat.  $23^{\circ}25'S$ ). Crucero RECLAN.
- Figura 26. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 64 (Lat.  $23^{\circ}40'S$ ). Crucero RECLAN.
- Figura 27. Perfiles horizontales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y fluorescencia *in vivo*, desde las transectas 1 a la 28. Crucero Reclan, noviembre de 1996
- Figura 28. Perfiles horizontales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y fluorescencia *in vivo*, desde las transectas 31 a la 46. Crucero Reclan, noviembre de 1996
- Figura 29. Perfiles horizontales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y fluorescencia *in vivo*, desde las transectas 49 a la 64. Crucero Reclan, noviembre de 1996.
- Figura 30. Diagramas bidimensionales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) **versus** fluorescencia *in vivo* (mV), en las transectas 1 a la 28, 31 a la 46 y 49 a la 64. Crucero RECLAN, noviembre de 1996.
- Figura 31. Distribución batimétrica de la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en las transectas 1 a la 28, 31 a la 46 y 49 a la 64. Crucero RECLAN, noviembre de 1996.
- Figura 32. Diagramas bidimensionales de la clorofila a superficial ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) **versus** la clorofila a integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ). Crucero RECLAN, noviembre de 1996.
- Figura 33. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de media-agua en la zona de Arica (lances 1-17) e Iquique (lances 19-23). La barra ubicada en los 12.0 cm. separa la fracción de reclutas y adultos.
- Figura 34. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de lances de pesca con red de media-agua en la zona de Iquique (lance 24-40). La barra ubicada en los 12.0 cm. separa la fracción de reclutas y adultos.
- Figura 35. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de media-agua en la zona de Antofagasta (lances 42-66). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.

- Figura 36. A. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de media-agua para las zonas de pesca de Arica, Iquique y Antofagasta y total Zona Norte. La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos. B. Relación longitud - peso empírica de los ejemplares de anchoveta capturados con red de media-agua para las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total Zona Norte.
- Figura 37. Estado de madurez de las anchovetas capturadas con red de media-agua para las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio.
- Figura 38. Proporción sexual de las anchovetas capturadas con red de media-agua para las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio.
- Figura 39. Comparaciones de los resultados de los cruceros RECLAN 9501, RECLAN 9601 y RECLAN 9611 referentes a la distribución de longitudes para las zonas de Arica e Iquique y relación longitud-peso obtenida de los lances de pesca.
- Figura 40. Histograma de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 4, 5 y 8). Crucero RECLAN 9611.
- Figura 41. Histograma de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 13, 19 y 22). Crucero RECLAN 9611.
- Figura 42. Histograma de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 24, 36 y 64). Crucero RECLAN 9611.
- Figura 43. Histograma de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (experimentos 1 y 2). Crucero RECLAN 9611.
- Figura 44. Histograma de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (experimentos 3 y 4). Crucero RECLAN 9611.
- Figura 45. Relaciones funcionales de la intensidad de blanco (TS) y la longitud total (L) de anchoveta para 38 khz en pulsos corto. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 46. Lecturas acústicas ( $S_a$ ) acumuladas por transectas e intertransectas. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 47. Frecuencia de tallas muestreadas en el crucero y biomasa por talla en peso. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 48. Biomasa en peso (t) por tallas en transectas e intertransectas, según el método acústico. Crucero RECLAN 9611.

- Figura 49. Biomasa de anchoveta por talla en número y peso de los cruceros RECLAN 9601 y 9611.
- Figura 50. Variograma de la distribución de anchoveta. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 51. Distribución espacial del total de especies. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 52. Distribución espacial de la abundancia de anchoveta. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 53. Frecuencia de cardúmenes de anchoveta por profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 54. Distribución espacial de la abundancia de mote. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 55. Distribución espacial de la abundancia de jurel. Crucero RECLAN 9611.
- Figura 56. Distribución espacial de anchoveta en los cruceros RECLAN 9501, 9601 y 9611.
- Figura 57a. Componente U (este-oeste) y V (norte-sur), Índice de surgencia y turbulencia del viento promedio diario en Iquique.
- Figura 57b. Anomalía mensual de la componente U (este-oeste) y V (norte-sur), Índice de surgencia y turbulencia del viento promedio mensual en Iquique.
- Figura 58. Promedio mensual de temperatura, índice de surgencia y turbulencia en Arica, Iquique y Antofagasta. Periodo 1970-1996.
- Figura 59. Promedio mensual de temperatura superficial del mar. Estaciones costeras de Arica, Iquique y Antofagasta. a) Temperatura y b) anomalía de temperatura. Línea gruesa indica promedio móvil de 12 meses.
- Figura 60. Promedio ponderado de temperatura entre 0 y 50 m de profundidad. Cruceros de invierno 1984-96.
- Figura 61. Distribución vertical de temperatura en a) a 5 millas de la costa y b) a 55 millas de la costa frente a Iquique.
- Figura 62. Promedio ponderado de salinidad entre 0 y 50 m de profundidad. Cruceros de invierno.

- Figura 63. Patrón del índice gonadosomático de las hembras de anchoveta de la Zona Norte de Chile, período 1987-96. Los valores máximos y mínimos representan el promedio más o menos una desviación estandar del promedio.
- Figura 64. Cambios interanuales de los variables ambientales (temperatura, salinidad, índice de turbulencia y transporte Ekman) en la zona de Arica-Iquique, 0-20 mn de la costa.
- Figura 65. A. Relación stock-reclutamiento de anchoveta. B. Relación producción anual de huevos reclutamiento de anchoveta.
- Figura 66. A. Relación stock - reclutamiento de anchoveta incorporando variables ambientales. B. Relación producción anual de huevos reclutamiento de anchoveta incluyendo variables ambientales.
- Figura 67. Mapas de distribución de huevos de anchoveta de los cruceros de invierno (84-96) y su relación con los promedios ponderados de temperatura entre 0 y 50 m de profundidad.
- Figura 68. Mapas de distribución de larvas de anchoveta de los cruceros de invierno (84-96) y su relación con los promedios ponderados de temperatura entre 0 y 50 m de profundidad.

## TABLAS

- Tabla 1. Categorías por densidad
- Tabla 2. Información biológico-pesquera de los lances de pesca.
- Tabla 3. Pesos promedios empíricos de anchovetas en las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio. Crucero RECLAN 9501, RECLAN 9601 y RECLAN 9611.
- Tabla 4. Estimación de parámetros de la relación longitud-peso por zonas y total zona de estudio. Crucero RECLAN 9501, RECLAN 9601 y RECLAN 9611.
- Tabla 5. Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I "Abate Molina" para la frecuencia de 38 KHz, por longitud de pulso (ms).
- Tabla 6. Valores de  $TS_{mo}$  y corregidos por el método PDF, según la talla y experimento. Crucero RECLAN 9611
- Tabla 7. Análisis de varianza de la regresión TS-L de anchoveta con 38 khz y pulso corto ( $TS = 20,206 \text{ LOG } L - 73,964$ ).
- Tabla 8. Análisis estadístico de la ecuación de regresión TS-L de anchoveta con 38 khz ( $TS = 20,206 \text{ LOG } L - 73,964$ ).
- Tabla 9. Relaciones funcionales de TS respecto a la longitud de diversos autores.
- Tabla 10. Biomasa, Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_o)$  coeficientes de variación (CV) y error (%) de anchoveta y fracción reclutas (en peso). Crucero RECLAN 9611.
- Tabla 11. Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_o)$ , coeficiente de variación (CV) y biomasa de la fracción reclutas de anchoveta. Crucero RECLAN 9611.
- Tabla 12. Biomasa de la anchoveta y de la fracción recluta en peso y número y Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_o)$ , coeficientes de variación (CV) y error (%) por el método geoestadístico y de las tallas (acústico).
- Tabla 13. Índices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) ( $t/mn^2$ ) de anchoveta en toda la zona de estudio y de la fracción recluta.

## IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 1. Objetivo general

Caracterizar y evaluar el proceso de reclutamiento del recurso anchoveta en la zona norte del país (Regiones I y II), durante el periodo correspondiente a 1996-1997.

### 2. Objetivos específicos

- 2.1 Cuantificar, mediante métodos hidroacústicos, el reclutamiento de la anchoveta, en número y biomasa, durante el período de máxima intensidad del proceso 1996-1997, en la zona que comprende la I y II regiones.
- 2.2 Determinar la estructura de tallas y los pesos medios de las categorías de tallas de la anchoveta en la zona de estudio, especialmente en los núcleos de abundancia del recurso, y estimar índices de densidad relativa juveniles/adultos.
- 2.3 Describir y analizar la distribución geográfica del recurso durante el período de máxima intensidad del reclutamiento en la zona de estudio, identificando áreas principales de reclutamiento y caracterizando su asociación con las condiciones bio-oceanográficas predominantes.
- 2.4 Realizar un análisis de los factores climáticos, bio-oceanográficos, biológicos y pesqueros que podrían estar incidiendo sobre el proceso de reclutamiento de la anchoveta en la zona de estudio en los años recientes.

## V. ANTECEDENTES

El nivel del reclutamiento de los peces pelágicos de corta vida, como la anchoveta, ha constituido un elemento de permanente estudio en la investigación pesquera, puesto que el conocimiento de su variabilidad interanual y los factores que la regulan son determinantes en la abundancia y potencialidad del stock y en la pesquería (Bakun y Parrish, 1982).

En Chile desde los comienzos de la investigación pesquera, en la década de los 60 (Brandhorst, 1965), se intuía que las variaciones de la biomasa de la anchoveta estaba asociada en forma directa con la fuerza de la clase anual (reclutas) y en forma algo más indirecta con la producción anual de huevos y el éxito del desove.

El estudio de los estados adultos de la anchoveta y a nivel de huevos han sido solucionados adecuadamente por el IFOP, mediante prospecciones acústicas y de huevos y larvas de este recurso, permitiendo de este modo conocer los dos extremos del ciclo vital de la especie, faltando aún por establecer el nivel intermedio, constituido por el reclutamiento.

El reclutamiento está íntimamente ligado al éxito del desove y a la viabilidad de sobrevivencia de las larvas, que depende en forma importante de la disponibilidad de alimento y de las condiciones oceanográficas físicas, que pueden alterar la estabilidad de las masas de agua. Al respecto Parrish **et al.** (1983), señalan que las características de baja turbulencia, débil transporte de Ekman y una plataforma relativamente estrecha, permiten que la zona norte de Chile sea adecuada para el desove de sardina y anchoveta.

Actualmente, los estudios del reclutamiento de la anchoveta en la zona norte de Chile se realizan mediante el ASP (Análisis Secuencial de Poblaciones) (Barria, 1991 y 1992; GTE, 1992, 1993 y 1994) y a partir de 1994 se han realizado evaluaciones acústicas del reclutamiento. De este modo, las estimaciones con el ASP pueden ser mejoradas incorporando información proveniente de cruceros (Hilborn y Walters, 1992) o con el diseño de modelos poblacionales que incluyen información de la distribución y abundancia obtenida mediante métodos acústicos (Methot, 1990), siendo actualmente esta tendencia una de las más modernas en el análisis del ciclo de vida de estas especies.

El conocimiento de la fortaleza del reclutamiento de una especie de vida corta, como la anchoveta, permite hacer proyecciones de captura y sensibilizar los modelos de explotación en diferentes escenarios posibles (Berth y Buttenworth, 1987), mejorando de este modo la certeza en las pronósticos (Walters, 1981).

Los antecedentes disponibles sobre el ciclo vital de la anchoveta (Fisher, 1958; Einarson y Rojas de Mendiola, 1963), permiten definir la condición de reclutas 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 reclutados a aquellos con una longitud superior a los 12 cm.

Los antecedentes de la anchoveta sudafricana (**Engraulis capensis**), conseguidos mediante 22 cruceros acústicos en el periodo 1978-1985, señalan que existe una relación entre la surgencia y la distribución de los reclutas observándose que dicho fenómeno establece límites entre los distintos stocks 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

(*Engraulis capensis*) son transportados pasivamente desde la zona de desove al área de crianza.

En el sentido temporal, el proceso de reclutamiento de la anchoveta en la zona norte de Chile se produce principalmente en los períodos estivales. Al respecto, el análisis de la composición por tallas de las anchovetas capturadas mensualmente en la zona Arica-Antofagasta en el período 1992-1995, indica que los ejemplares juveniles, inferiores a 11 cm, se presentan en la pesquería desde septiembre-octubre hasta junio, registrándose la mayor frecuencia de este rango de tallas a partir de la segunda quincena de noviembre, abarcando hasta fines de diciembre, existiendo una estratificación temporal y geográfica en el sentido latitudinal, iniciándose el proceso en Arica, para finalizar hacia fines de febrero en Mejillones.

El método acústico es el procedimiento que se utiliza para realizar la cuantificación del reclutamiento y se ha aplicado con éxito en la pesquerías de anchoveta en Sudáfrica y del herring en Noruega, además de la pesca de identificación con una red de media agua (Cruickshank, 1990; Cruickshank, Hampton y Armstrong, 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 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 hace poco aconsejable utilizar este método en términos de cuantificación absoluta del reclutamiento.

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).

En Chile los antecedentes más recientes sobre la distribución y el comportamiento de los reclutas se han conseguido en los proyectos FIP 94-35 y 95-02, 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 cardúmen de alta densidad, dispersándose durante la noche presentando agregaciones tipo estrato. Otro elemento importante lo constituye la influencia de la luz lunar sobre la distribución vertical de la anchoveta, puesto que induce un incremento en la profundidad de la agregaciones.

Dado este comportamiento se determinó que las noches con luna constituyen el momento más adecuado para efectuar la prospección acústica de esta fracción de la población, 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.

Por otra parte, se determinó que los reclutas se situaron 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 aparente relación entre la distribución espacial de los reclutas y los sectores de surgencia (Osses, 1996).

## VI. METODOLOGIA

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

La zona de estudio estuvo comprendida entre Arica ( $18^{\circ}22'S$ ) y Antofagasta ( $23^{\circ}26'S$ ), 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/l "Abate Molina" entre el 18 de noviembre y el 9 de diciembre de 1996, correspondiente a la 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 (17 de noviembre) y poco antes de la luna nueva (10 de diciembre), mientras que el muestreo oceanográfico y los lances de reconocimiento se efectuaron durante el día.

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 (Fig. 1), 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.

## 2. Metodología por objetivo

2.1 **Objetivo 2.1** Cuantificar, mediante métodos hidroacústicos, el reclutamiento de la anchoveta, en número y biomasa, durante el período de máxima intensidad del proceso 1996-1997, en la zona que comprende la I y II regiones.

### 2.1.1 Muestreo acústico

La prospección se efectuó en forma continua durante la navegación, discretizándose la información en Intervalos Básicos de Muestreo (I.B.M.) de 0,5 mn, controlados por la interfase del sistema de eointegración con el navegador satelital GPS. La información acústica registrada correspondió al valor de densidad expresado en energía retrodispersada, referida a una  $\text{mn}^2$  ( $S_a$ ), detectados dentro de los límites de integración en el intervalo básico de muestreo (I.B.M).

### 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 de referencia conocido, ubicado en el centro del haz acústico, los que deben converger hacia el valor teórico del blanco de referencia (Foote **et al.**, 1987).

Para este fin se utilizó un blanco estándar de cobre diseñado para la frecuencia de 38 KHz, según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Acústica del ICES y por el fabricante (Foote, 1981; Foote **et al.**, 1987). De acuerdo a este método es posible alcanzar un nivel de precisión de  $\pm 0,5$  dB, siendo aceptable con  $\pm 1$  dB.

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

Las mediciones se efectuaron 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:

$$G_1 = G_0 + \frac{T_{sm} - T_{sb}}{2}$$

donde:

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

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

$$G = G_s + \frac{10 \log \frac{Sa_{(t)}}{Sa_{(m)}}}{2}$$

siendo:

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

donde:

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

### 2.1.2.2 Medición del TS in situ de anchoveta

La recopilación de los datos para determinar el TS **in situ** de la anchoveta se realizó durante los lances de pesca y en sectores en los que se estableció previamente la existencia de anchoveta mediante los lances de pesca, realizándose experimentos nocturnos a bajas velocidades o con el barco detenido. En algunos de estos sitios, también se efectuaron experimentos con un transductor externo previamente calibrado, que fue sumergido a una profundidad cercana al estrato de peces a insonificar, para este objetivo se construyó un marco de hierro de forma triangular de 1,5 m de lado, intentando de este modo reducir el volumen insonificado por el haz

acústico y permitiendo un mayor número de blancos resueltos. Además se realizaron experimentos en sectores cercanos a caleta Hornos (23°00'S) con el barco fondeado.

Los datos fueron recolectados ping a ping con la frecuencia de 38 KHz en pulsos corto 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.

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

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

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

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

El TS corresponde a la ecuación:

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

donde:

TS = intensidad de blanco (dB)

$\sigma$  = área dispersante (m<sup>2</sup>)

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

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

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

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

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

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

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

siendo:

- $M_i$  = N° de blancos detectados en i-ésimo intervalo
- $N_j$  = N° de peces en el j-ésimo intervalo, centrados en  $L_j (M_i, N_j)$ .
- $X_{ij}$  = Función PDF de los intervalos cercanos a la moda principal
- $Mm_i$  = Acumulado de la función PDF, para el i-ésimo intervalo

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

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

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

donde:

TS = intensidad de blanco (dB)

L = longitud total (cm)

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

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

siendo:

$TS_{kg}$  = intensidad de blanco (dB/kg)

w = peso del pez (kg).

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

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

### 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:

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

donde:

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

### 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 japonés, denominada Nichiro, con una abertura vertical en la boca de 40 m, adecuada para la pesca de peces de pequeño tamaño (> 5 cm) con tamaños de malla en el copo de 1,3 cm ("tipo anchovetera"). Esta red fué utilizada con portalones Suberkrub de 4,6 m<sup>2</sup> de área, que puede ser arrastrada a nivel de la superficie del mar a una velocidad de 4,0 nudos y está amantillada con flotadores especiales para incrementar la flotación en la relinga.

No obstante lo anterior, a bordo se dispuso de otra red de 4 paneles de diseño escocés modificado con una altura en la boca de 4 a 6 m y que es utilizada con portales de aluminio tipo Hidrofoil.

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 I.B.M's 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.

Con el fin de establecer la posible estratificación en el sentido longitudinal de los reclutas de anchoveta, los lances de pesca de mediana se realizaron en cuadrículas de 7,5 mn en latitud por 3 mn en longitud. De este modo cada cuadrícula cubrió a lo más dos transectas de prospección acústica, proyectándose un total de 123 cuadrículas en toda la zona de estudio, programándose para el crucero cubrir el 56,9% de las cuadrículas con un total de 70 lances de pesca. Aún cuando la ubicación de estos lances dependió de la presencia de agregaciones susceptibles de ser capturadas, para cumplir con el objetivo de estudiar la posible estratificación de las tallas de los reclutas de anchoveta se siguió un sentido general en zig-zag.

#### 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 I.B.M., las profundidades máximas y mínimas de la agregación, la posición geográfica de cada I.B.M., 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 :

$$B = A \cdot R \cdot C_b$$

donde:

A = área de estudio en millas náuticas cuadradas

$\hat{R}$  = 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:

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

siendo la razón ( $\hat{R}$ ) correspondiente a las lecturas acústicas del ecointegrador ( $S_a$ ) por I.B.M., calculándose según:

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

donde :

n = número de transectas de la muestra

$x_i$  = densidad de la transecta i-ésima.

$y_i$  = número de I.B.M. en la transecta i-ésima.

La lectura acústica del ecointegrador por I.B.M. corresponde a la expresión:

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

donde:

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

#### b) Fracción recluta

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

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

donde:

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

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

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

donde:

$Y_{l(k \leq k_0)}$  = peso de los reclutas en la captura del lance de pesca, donde  $k_0 = 12$  cm.

$P_l$  = peso total de la captura en el lance de pesca.

$l_0$  = número de lances.

La biomasa en número de los reclutas se calcula según:

$$B_N = \frac{B}{w}$$

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

### 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 Biomasa por talla (método acústico)

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

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

$$N_k = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{Sa_j \cdot f_k}{4\pi \sum_{i=1}^i T f_i \cdot 10^{\frac{(a_1 + b_1 \log L_i)}{10}}}$$

La biomasa en peso a la talla se calcula según:

$$B_k = N_k \cdot a_1 \cdot L_k^b$$

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 en relación a la selección de la muestra sistemática. En este contexto, se obtienen al menos tres estimadores alternativos de varianza  $\hat{V}(R)$  estando el estimador para la varianza de la biomasa estimada ( $\hat{B}$ ), expresado por:

$$V(B) = A^2 \cdot V_2(R)$$

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

$$V_1(R) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{ny} (s_x^2 + R^2 s_y^2 - 2R s_{xy})$$

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

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

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

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

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

$$(B - t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{V_1(R)} ; B + t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{V_1(R)})$$

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

$$Y_2(R) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{n} \frac{R^2}{(n-1)} (s_x^2 + s_y^2 - 2 s_{xy})$$

donde:

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

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

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

$$(B - t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{V_2(R)} ; B + t_{1-\frac{\alpha}{2}} A \sqrt{V_2(R)})$$

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

$$V_s(R) = \frac{I}{(G-1)} \sum_{i=1}^G \left( R_i - \bar{R} \right)^2$$

donde:

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

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

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

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

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

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

y donde,

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

siendo  $\phi^{-1}$  la función inversa de la distribución normal estándar y  $Z_\alpha$  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:

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

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

$$\gamma(S,S) = \frac{1}{n^2} \sum_s \sum_{\mu} \gamma(x_s - x_{\mu})$$

$$\bar{\gamma}(S,V) = \frac{1}{n} \sum_a \int_{\beta} \gamma(x_a - y) dy$$

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

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

La varianza  $\sigma^2_s$  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  $(\bar{\gamma}(S,V) \text{ y } \bar{\gamma}(S,S))$ , de los cuales estos últimos no pueden ser calculados sin recurrir a un modelo de variograma.

La varianza  $\sigma^2$  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  $\bar{\gamma}(S,I)$ .

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:

$$V[B_{rl}] = B^2 V[P_{rl}] + P_{rl}^2 V[B] - V[P_{rl}]V[B]$$

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:

$$V(P_{rl}) = \frac{1}{l_0} \left[ \frac{1}{y^2} S_{Y(k \leq k_0)}^2 + P_{rl} S_y^2 - 2 P_{rl} S_{Y Y(k \leq k_0)} \right]$$

donde:

La varianza de los pesos de reclutas es:

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

La varianza de los pesos por talla es:

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

La covarianza de los reclutas y peso total es:

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

donde:

$l_0$  = número de lances

$Y$  = peso de la anchoveta

### b) Varianza de la biomasa de reclutas en número

La varianza de la biomasa en número se calcula según:

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

donde:

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

$\hat{V}(B)$  = 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:

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

donde:

$\hat{V}(B)$  = varianza de la abundancia

$\hat{B}$  = Abundancia

t = test de Student

$\alpha$  = nivel de significación.

Coefficiente de variación:

$$CV = \frac{\sqrt{F(B)}}{B}$$

**2.2 Objetivo 2.2 Determinar la estructura de tallas y los pesos medios a la 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 la siguiente estrategia de muestreo en las capturas provenientes de los lances de pesca a mediagua realizadas por el B/I "Abate Molina".

### **2.2.1 Muestreo de las Capturas de Lances de Mediagua**

En las capturas obtenidas en cada lance 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 en 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 el área  
 n : muestra de ejemplares en el lance  
 X : captura en número de ejemplares en el lance.  
 Y : captura en peso 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:

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

### a2. Estimador de la varianza de $p_{hk}$

$$\begin{aligned} V(p_{hk}) &= \left( \frac{1}{t_h} - \frac{1}{T_h} \right) \frac{1}{t_h - 1} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{X_h^2} (P_{hkl} - p_{hk})^2 + \\ &+ \frac{1}{t_h} \frac{1}{T_h} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{X_h^2} \left( \frac{1}{n_{hl}} - \frac{1}{N_{hl}} \right) S_{hl}^2 \end{aligned}$$

donde:

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

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

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

$$\bar{W}_{hl} = \sum_{j=1}^{n_{hj}} \frac{W_{hjl}}{n_{hl}}$$

## b. Pesos medios a la talla

### 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

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

donde:

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

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

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

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

donde:

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

**c. Expansión al área total**

**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 $w_k$

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

## d. Coeficientes de variación e intervalos de confianza

Los coeficientes de variación se calculan siguiendo el procedimiento siguiente

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

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

Los intervalos de confianza se obtienen, como

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

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

## 2.2.2 Muestreo biológico

Sobre la base de la muestra de los ejemplares obtenidos, se recolectó la siguiente información: longitud total, peso total, peso esvicerado, estado de madurez y sexo.

El proceso de muestreo a bordo, permite que cada ejemplar en la muestra de longitud sea pesado con y sin vísceras, identificando el sexo y el estado de las gónodas.

### 2.2.2.1 Tamaño de la muestra

Considerando el procedimiento establecido anteriormente, se muestreó la totalidad de los lances de pesca a bordo del B/I "Abate Molina", se determinó 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, a los cuales se determinó la longitud total, peso total, peso eviscerado, sexo y estado de madurez. Este tamaño de muestra excede el número estándar que se utiliza en el muestreo de peces pelágicos.

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

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

$$P.S = \frac{Y_i}{Y}$$

donde:

$Y_i$  = número de anchovetas hembras

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

#### 2.2.2.2 Relación longitud/peso

Para analizar la relación entre la longitud y el peso de las anchovetas se utilizó el análisis de regresión lineal simple, el cual estima los parámetros de las curvas vía mínimos cuadrados ordinarios. Para ajustar las curvas se empleó un modelo multiplicativo potencial, dado que la variable peso se relaciona con la variable longitud a través de una relación potencial, el modelo corresponde a:

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

donde:  $y$  es el peso de los ejemplares,  $x$  corresponde a la longitud de los individuos.  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los parámetros del modelo, siendo el primero el intercepto o la constante, y el segundo la pendiente o coeficiente de regresión, que en términos biológicos corresponde al índice o tasa de crecimiento relativo.

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

$$H_0 = \beta_1 \text{ es igual a } \beta_2$$

$$H_1 = \beta_1 \text{ distinto a } \beta_2$$

Para verificar si existen diferencias significativas entre los modelos ajustados, se realizó un análisis estadístico tendiente a verificar específicamente si existen diferencias entre los coeficientes de regresión estimados. Para esto se utilizó la siguiente expresión:

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

donde:

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

donde:

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

donde  $RSS_1$  y  $RSS_2$  corresponden a la suma de cuadrados residual 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 Objetivo 2.3. Describir y analizar la distribución geográfica del recurso durante el período de máxima intensidad del reclutamiento en la zona de estudio, identificando áreas principales de reclutamiento y caracterizando su asociación con las condiciones bio-oceanográficas predominantes.**

### **2.3.1 Distribución de los recursos**

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

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

dónde:

I = intervalo de densidad.

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

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

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

#### **2.3.2.1 Estaciones y datos oceanográficos**

Las estaciones de muestreo oceanográfico se efectuaron a 1, 5 y 10 mn de distancia de la costa, realizándose un total de 66 estaciones oceanográficas (Fig. 1c).

Se obtuvieron registros verticales de temperatura y salinidad 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. Las muestras para análisis discreto de oxígeno disuelto y clorofila a fueron obtenidas a las profundidades de 0, 5, 10, 25, 50, 75 y 100 m.

Los registros de temperatura fueron comparados con datos discretos obtenidos con termómetros de inversión y la salinidad fue analizada con el método de inducción (UNESCO, 1981a). Para este crucero no se observaron desviaciones de importancia en ningún sensor continuo, por lo que no fue necesario aplicar un factor de corrección.

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 metodología descrita por Carpenter (1965).

### 2.3.2.2 Datos de viento

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

$$M_x = t_y / f$$

donde:

$t_y$  = Coacción del viento sobre la superficie en la dirección norte sur

$t_y = r_a C_d v |W|$

$r_a$  = densidad del aire ( $1.25 \text{ Kg/m}^3$ )

$C_d$  = coeficiente de arrastre (0.0013)

$v$  = componente norte sur de la velocidad del viento

$|W|$  = Magnitud de la velocidad del viento

$f$  = Parámetro de Coriolis =  $2 \Omega \text{ Sen } \varnothing$

$\Omega$  = Velocidad angular de la tierra

$\varnothing$  = Latitud del lugar

### 2.3.3.3 Asociación entre las variables oceanográficas físicas y los reclutas

Se realizará un análisis descriptivo entre las variables oceanográficas y los reclutas, presentando la distribución batimétrica en secciones verticales correspondientes a cada transecta con las variables oceanográficas señaladas.

Se presentarán histogramas con la frecuencia de los cardúmenes (%) respecto a las variables temperatura y salinidad. Con el propósito de tener un indicador de las variables del hábitat de anchoveta se efectuarán análisis estadísticos de correlación múltiple.

Se estudiará la correlación espacial de la distribución de las variables oceanográficas  $T^\circ$ ,  $S$  y  $C_{loa}$  respecto a la distribución de los reclutas de anchoveta, utilizando métodos geoestadísticos y análisis de correlación cruzada.

**2.4 Objetivo 2.4 Realizar un análisis de los factores climáticos, bio-oceanográficos, biológicos y pesqueros que podrían estar incidiendo sobre el proceso de reclutamiento de la anchoveta en la zona de estudio en los años recientes.**

El análisis del reclutamiento en relación a los factores climáticos, oceanográficos, biológicos y pesqueros, es un tema de extrema complejidad, el que no ha sido resuelto para ningún recurso pesquero, en términos de cuantificar los factores claves de la sobrevivencia de los huevos y larvas hasta el reclutamiento.

Esto constituye uno de los principales aspectos de investigación que se han desarrollado a partir del paradigma de Hjort (1913 fide Peterman y Bradford, 1987); el cual planteó la hipótesis que la abundancia o fortaleza de una clase anual se establece en los primeros estadios de vida, es decir cuando la larva absorbe las reservas del saco vitelino. Esta hipótesis se basó en la observación de altas mortalidades de peces jóvenes en sus primeros estadios planctónicos, en que se encuentra extremadamente vulnerable a la inanición, predación, y transporte por movimientos de masas de agua lejos de hábitat favorables para su sobrevivencia y crecimiento.

Esta hipótesis del "período crítico" estimuló el desarrollo de investigación pesquera que intenta explicar la variabilidad interanual del reclutamiento. La hipótesis de Lasker (1978, 1985) sobre la estabilidad del océano es un caso especial del paradigma de Hjort. Lasker propuso que la turbulencia generada por el viento mezclaba la capa superficial del océano y ésto producía una alta mortalidad de las larvas de peces que se encontraban en su etapa de primera alimentación, mediante la disipación y dilución de los patches de alimento. En tal sentido Teilacker (1986) señala que ésto es consistente con sus observaciones siendo la inanición la principal causa de mortalidad para las larvas que se alimentan por primera vez, sin embargo

ésto no parece ser efectivo para larvas mayores. La segunda parte de la hipótesis de Lásker indica que las condiciones de turbulencia pueden generar clases anuales débiles.

También el conocimiento de estos procesos ha sido enfrentado desde el punto de vista de modelos de stock-reclutamiento y mediante análisis exploratorio de datos entre información biológica-pesquera y oceanográfica. Sin embargo, es necesario referirse al marco teórico del problema para derivar en el análisis exploratorio de relaciones entre las variables involucradas.

Las consideraciones clásicas de los modelos de stock-reclutamiento, indican que en la mayoría de los stock de peces se desconoce esta relación (Sharp, 1980). Sin embargo, es posible distinguir patrones que son diferentes y están relacionados con los patrones del ciclo vital del recurso, en ciertas especies el reclutamiento tiene variaciones menores y en otras virtualmente no existe esta relación o se encuentra enmascarada por ruidos ambientales y de interacciones biológicas desconocidas.

Las derivaciones de curvas de stock-reclutamiento en el modelo de Ricker, el reclutamiento es dependiente de la abundancia de la población, donde:

$$R = R1 * E * \exp(-R2 * E)$$

R1 y R2 son parámetros constantes, el número de reclutas disminuye a partir del nivel máximo (cuando  $E=1/R2$ ) hacia cero, a medida que la producción anual de huevos aumenta.

El supuesto básico de la ecuación es que la tasa de mortalidad de los pre-reclutas es una función lineal de la abundancia del stock desovante o la producción anual de huevos.

En el estudio de la relación stock desovante-reclutas, es útil la aplicación del  $\ln(R/S)$ , debido a que esta expresión representa la mortalidad total y puede ser descompuesta para cada uno de los estadios de desarrollo. Es decir, el número de huevos liberado en el desove está relacionado con el reclutamiento mediante una tasa de mortalidad total.

$$\ln(R/E) = -M_{total}$$

Si se conoce la fecundidad común ( $f$ ) del stock desovante( $S$ ), tenemos que:

$$E = f \cdot S$$

Al combinar ambas ecuaciones obtenemos:

$$\ln(R/S) = \ln f - M_{total}$$

Esta expresión es una herramienta útil para estudiar los efectos del stock desovante con las variaciones ambientales y su incidencia en el reclutamiento. En particular el reclutamiento puede ser analizado por el número inicial de huevos que fue liberado por unidad del stock (lo cual a su vez puede ser función de otras variables) y la tasa de sobrevivencia hasta el reclutamiento.

La mortalidad de la cohorte durante sus diversos estadios puede obtenerse:

$$\ln(R/S) = \ln f - (M_1 + M_2 + M_3 \dots)$$

Donde  $M_{total} = M_1 + M_2 + M_3$ , y cada una de las mortalidades tiene en el largo plazo un promedio y su varianza correspondiente (i.e distribución de probabilidades), la cual es condicional de tales factores del stock adulto (e.g canibalismo), densidad larval (competencia), densidad de alimento, depredación, temperatura, transporte Ekman, etc.

Un cambio en cualquier  $M_i$  tiene un efecto sobre el reclutamiento, independiente del estado de desarrollo, el número actual de larvas puede ser totalmente diferente en las diversas etapas. La distribución de probabilidades de  $\ln(R/S)$  puede ser extremadamente complicada. Pueden existir fuertes covarianzas entre los valores secuenciales de  $M_i$ .

Por ejemplo, el éxito de primera alimentación de la larva requiere de concentraciones adecuadas de alimento, lo cual indica una alta asociación del éxito de alimentación entre estos eventos. Por ejemplo, los peces juveniles tienen requerimientos de densidad de alimento menores a los estadios de larva. A través de observaciones empíricas o de estudio de los mecanismos causa-efecto, es factible derivar estas distribuciones de probabilidades las cuales reducen en forma apreciable nuestra incertidumbre del proceso de reclutamiento.

En el caso de no disponer de información sobre la producción anual de huevos se puede aplicar el modelo de Ricker utilizando el stock desovante de manera proporcional a la producción de huevos. En este caso la expresión que se utiliza es la siguiente:

$$\ln(R/S) = \ln a + a_1 * S + a_2 X_1 + a_3 X_2 + \dots + a_n X_{n-1}$$

Esta expresión se estima mediante una regresión múltiple cuya limitación de variables independientes está acotada por la serie de observaciones (11 años). Este modelo fué aplicado por Bakun y Parrish(1980) a la sardina de California, con excelentes resultados. Donde las variables ambientales fueron tamaño del stock desovante, índices de upwelling en la latitud 30°N y latitud 39°N, índice de stress del viento en la latitud 30°N y 33°N.

El enfoque tradicional del reclutamiento se enfrentaba relacionando el tamaño del stock desovante con los reclutas, sin embargo existía un porcentaje alto de la variación del reclutamiento que no ha sido explicada. Con el presente enfoque metodológico es factible explorar las variaciones del reclutamiento en función de varias variables físicas y biológicas, las cuales se esperan que reduzcan la incertidumbre del reclutamiento.

Estas variables pueden ser obtenidas de distintas fuentes de información. En el caso particular de la anchoveta de la zona norte de Chile, IFOP tiene las series de las variables biológicas, pesqueras y oceanográficas que se pretenden integrar en el modelo de reclutamiento. Las que se pueden agrupar en:

#### **2.4.1 Indices del stock**

##### **2.4.1.1 Reclutamiento**

Corresponde a la estimación de la abundancia anual del reclutamiento en peso y número según el método ADAPT para el período 1984-1996 ( Barría, 1997 )

### 2.4.1.2 Biomasa del stock

Corresponde a la estimación de la abundancia total y del stock desovante, obtenido según el método ADAPT para el período 1984-1996.

### 2.4.1.3 Temperatura

Los registros de temperatura del mar se obtuvieron de interfase 0-50 m de profundidad desde la costa hasta 20 m y corresponde a la zona de Arica, las series de cruceros invernales de IFOP, para el período 1984-1994.

### 2.4.1.4 Salinidad

Las estimaciones de salinidad considera información de la capa 0-50 m, obtenidos en los cruceros invernales del período 1984-1994

## a) Índices meteorológicos y oceanográficos

### a1. Vientos

Se elaboró una serie para el índice de surgencia (transporte Ekman), valores que permitieron analizar la variación temporal y la influencia de los principales procesos oceanográficos y su relación con la intensidad del reclutamiento del recurso anchoveta (Arcos y Navarro, 1986; Cury y Roy, 1989; Freon y Yañez, 1995; Fuenzalida, 1989, 1990 y 1994; Lluch-Belda *et. al.*, 1991; Mendelson, 1989; Peterman y Bradford, 1987; Shelton y Hutchings, 1990).

**a2. Turbulencia**

Índice de mezcla inducida por el viento, se calculó elevando al cubo la velocidad del viento durante el periodo de desove (agosto), se define a la turbulencia como la tasa a la cual el viento entrega energía mecánica al océano, produciendo una mezcla turbulenta en la columna de agua superior y que es aproximadamente proporcional a la tercera fuerza o cubo de la velocidad del viento.

Índice de turbulencia =  $(W^3)$  = cubo de la velocidad del viento

**a3. Transporte Ekman ( $M_x$ )**

Se define como la masa de agua transportada perpendicular al viento inducido por la fuerza horizontal que ejerce el viento sobre la superficie del océano (Bakun y Parrish, 1980, 1982), a través de una franja de cierta amplitud que va desde la superficie al fondo de la capa de Ekman, siendo ésta la capa superficial directamente afectada por el viento de decenas de metros (Barber y Smith, 1981).

Este índice se basa en lo señalado por Ekman, en que el transporte de masa por unidad de ancho de la superficie del océano es dirigido  $90^\circ$  a la izquierda (Hemisferio Sur), de la dirección perpendicular a la cual el viento está soplando y está relacionado con la magnitud de la coacción o stress del viento.

**a3. Anomalía**

Con los datos de viento diario de Iquique se calculó el promedio mensual de cada mes y el del periodo 1982-1996, con el objeto de obtener la anomalía se determinó la diferencia entre el valor mensual y el promedio de largo plazo para las componentes U (norte sur) y V (este-oeste), la Turbulencia y el Índice de Surgencia.

## VII. RESULTADOS

### 1. Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento del periodo estival 1996-97.

#### 1.1 Viento

Los vientos medidos en las estaciones durante el desarrollo del crucero correspondieron principalmente a vientos del 3<sup>er</sup> cuadrante con una intensidad media de 3,73 m/s y una máxima de 10,29 m/s (20 nudos) (Fig. 2a). Entre Arica e Iquique la intensidad media fue de 3,25 m/s con un máximo de 5,14 m/s (10 nudos), en tanto que entre Iquique y Antofagasta la intensidad media fue de 3,99 m/s y el máximo de 10,29 m/s (20 nudos). Se observaron diferencias con respecto a la dirección promedio en dos sectores, entre Pisagua e Iquique producto de un debilitamiento en la intensidad y un cambio de la dirección del 3<sup>er</sup> cuadrante al 2<sup>do</sup> y el área entre las transectas 37 y 42 donde se presentó una disminución de la intensidad y un cambio del 3<sup>er</sup> al 4<sup>to</sup> cuadrante.

El índice de turbulencia tuvo una intensidad media de  $116 \text{ m}^3/\text{s}^3$  y un valor máximo de  $1089 \text{ m}^3/\text{s}^3$  al sur de Mejillones, la mayor parte del área de estudio presentó valores de este índice menores a  $150 \text{ m}^3/\text{s}^3$  (Fig. 2b). En tanto que el índice de surgencia presentó una intensidad media de  $301 \text{ m}^3/\text{s}/1000 \text{ m}$  de costa, un valor mínimo de  $-115 \text{ m}^3/\text{s}/1000 \text{ m}$  de costa y un máximo de  $1684 \text{ m}^3/\text{s}/1000 \text{ m}$  de costa, el mínimo en la estación 18, ubicada frente a Pisagua a las 10 mn, y el máximo en la estación 63 frente a la Península de Mejillones. La mayor parte del área presentó un índice de surgencia entre 50 y  $620 \text{ m}^3/\text{s}/1000 \text{ m}$  de costa (Fig. 2c).

## 1.2 Temperatura

La temperatura superficial presentó valores entre 14,14 y 21,47 °C, con aguas frías en la zona costera, principalmente entre Mejillones y Antofagasta, registrándose la menor temperatura en esta área. La temperatura superficial incrementa desde la costa hacia el área oceánica, aunque las líneas no son completamente paralelas a la costa (Fig. 3).

La anomalía de temperatura superficial respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds (1982) fluctuó entre -5.04 y 1.77 °C con una media de -0.94 °C, los menores valores encontrados corresponden a sectores costeros, en especial entre Mejillones y Antofagasta. Las anomalías positivas se encontraron en dos intrusiones de aguas oceánicas de temperatura superior a los 20°C (Fig. 3).

La isoterma de 15°C que representa la base de la termoclina, se profundiza desde la costa hacia el área oceánica y de Norte a Sur, alcanzando su mayor profundidad entre Mejillones y Antofagasta (40 m), en el resto del área de estudio la profundidad de la isoterma (Fig. 4) fluctuó entre 5 m en la costa y 25 m en el límite oeste de la zona de estudio.

La estructura vertical de los primeros 100 m de profundidad y entre la costa y las 10 mn (Figs. 6 a 15), presenta una capa de mezcla entre 5 y 10 m de espesor, bajo ella y hasta los 30 m como promedio se encuentra la termoclina. Esta se presenta con un gradiente vertical de aproximadamente 4°C/10m, con isotermas casi horizontales, con la excepción de la transecta 61 (Estaciones 61, 62 y 63) (Fig. 13) en la que las isotermas interceptan la superficie, bajo esta capa de máximo gradiente la temperatura desciende monotónicamente.

Latitudinalmente la temperatura a una distancia de 10 mn de la costa (Fig. 15), muestra claramente la variación de la termoclina, con una mayor profundización en el sector sur del área de estudio (al sur de los 23°S), bajo la termoclina y hasta los 500 m de profundidad la isotermas presentan un gradiente del orden de 1°C/100 m.

### 1.3 Salinidad

La salinidad superficial presenta valores entre 34,37 y 34,88 psu con una media de 34,70 psu, disminuyendo desde el norte hacia el sur, el mínimo se encontró en la estación 46 ubicada al norte de Tocopilla y el máximo en la estación 21 ubicada al norte de Iquique a 10 mn de la costa (Fig. 4), no observándose gradientes horizontales.

La estructura vertical en los primeros 100 m de la columna de agua entre la costa y las 10 mn (Figs. 6 a 14), presenta mayores valores en superficie, los que disminuyen a los 10 m de profundidad, formando un núcleo de baja salinidad de unos 20 m de espesor, principalmente entre las 5 y 10 mn, posteriormente los valores aumentan hasta alcanzar un máximo a los 150 m. Al sur de los 21°30'S los valores de superficie disminuyen notoriamente.

Latitudinalmente y a 10 mn de la costa (Fig. 15) se observa el mínimo de salinidad que se encuentra en superficie al sur de los 23°S y que se hunde en su desplazamiento hacia el norte, bajo este mínimo, resalta un núcleo con valores mayores de 34,8 psu, centrado a 150 m, el cual tiene un espesor de cerca de 250 m en el límite norte y de cerca de 80 m en el sur. Bajo esta capa de máximos valores la salinidad disminuye suavemente hasta alcanzar como promedio los 34,6 psu a 500 m de profundidad.

#### 1.4 Densidad

La densidad superficial ( $\sigma_t$ ) (Fig. 5) disminuye en términos generales desde la costa hacia las 10 mn. la menor densidad fue de 24,21 y se encontró en la estación 45 al norte de Tocopilla, mientras que la mayor fue de 25,78 en la estación 11 al norte de Pisagua. Los valores de densidad están relacionados a los cambios en temperatura, más que a las variaciones en salinidad. En la vertical, tanto latitudinal como longitudinalmente, el campo de densidad sigue el comportamiento del campo de temperatura (Figs. 6 a 14 y 16).

#### 1.5 Oxígeno

La concentración superficial de oxígeno disuelto (Fig. 5) se incrementa desde la costa a las 10 mn. con núcleos de aguas con valores menores de 4 ml/l en el área costera. El mínimo superficial fue de 2.09 ml/l y se encontró en la estación 6 ubicada al sur de Arica, en tanto que el máximo se encontró en la estación 1 con 7.44 ml/l (a 10 mn frente a Arica). La concentración promedio fue de 4,80 ml/l.

Entre la costa y las 10 mn y la capa de los primeros 100 m se aprecia que las isolíneas de oxígeno tienden a ser horizontales con ascensos y descenso hacia la costa, siendo el más importante el observado en la transecta 61 en que las líneas tienden a estar inclinadas con una pendiente aproximada de 45°, lo que indica el ascenso de aguas pobres en oxígeno en la zona costera (Figs. 6 a 14).

Latitudinalmente, se aprecia una capa superficial con concentraciones sobre 0,5 ml/l, la cual tiene un espesor de cerca de 30 m en el límite norte y de aproximadamente 100 m en el sur. Bajo esta capa la columna de agua es menor de 0.5 ml/l y recién sobre los 22° S aparece entre 400 y 500 m un núcleo con concentraciones mayores de 0.5 ml/l (Fig. 16).

## 1.6 Distribución de la biomasa fitoplanctónica durante el crucero RECLAN 9611.

### 1.6.1 Distribución superficial de la Clorofila-a (C<sub>loa</sub>)

En el plano horizontal superficial la clorofila a (c<sub>loa</sub>) (Fig. 20) formó núcleos de alta concentración relativa, o sea altos para este muestreo pero sin compararlos con otros años, en localidades tales como Arica ( $> 1$  hasta  $2 \text{ mg/m}^3$ ), Pisagua ( $< 5 \text{ mg/m}^3$ ) norte de Tocopilla ( $1$  a  $3 \text{ mg/m}^3$ ) y Península de Mejillones ( $1 \text{ mg/m}^3$ ). En términos globales no se midió valores de c<sub>loa</sub> inferiores a  $1 \text{ mg/m}^3$ , en toda la zona, formándose una zona de continuidad en aquellas áreas en las que no se formó núcleos de importancia. Productos de degradación tales como los feopigmentos (o feofitinas) (Fig. 20) presentan la misma distribución, pero cuantitativamente inferior. Desafortunadamente, no se puede comparar estos valores con otras épocas debido a que no se cuenta con registros de c<sub>loa</sub> para la zona, pero si se puede considerar que, en general, la biomasa fitoplanctónica superficial es baja e indicativa de procesos leves de producción biológica. Pero esto debe ser corroborado con estudios de producción.

La c<sub>loa</sub> integrada (Fig. 21) solo presentó dos núcleos de concentración superior a  $100 \text{ mg/m}^2$ , uno ubicado al norte de Pisagua (Lat.  $19^{\circ}10'S$ ) y el otro al sur de Iquique (Lat.  $20^{\circ}55'S$ ), en términos globales el rango medio para toda la zona estuvo entre  $20$  y  $>100 \text{ mg/m}^2$ . Entre Tocopilla y Mejillones no se observó la presencia de concentraciones significativas de c<sub>loa</sub> quedando en su mayoría bajo un régimen de baja concentración. Respecto de los feopigmentos, estos presentan máximos ubicados en aquellas zonas en las que se observó los máximos de c<sub>loa</sub> y los rangos de biomasa estuvieron entre  $50$  a  $80 \text{ mg/m}^2$ . No obstante lo anterior, se observó que en las cercanías de Península de Mejillones (Lat.  $23^{\circ}S$ ), estos valores son mas altos que la c<sub>loa</sub>, indicando la probabilidad que

la masa de agua presente este recién surgida. Lo que podrá ser corroborado o negado con la información de la distribución vertical.

### 1.6.2 Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica

Para el área en estudio, se observó que los núcleos de alta concentración (i.e.  $> 3 \text{ mg/m}^3$ ), se ubicaron preferentemente entre los  $18^\circ$  y  $21^\circ 25'$  de latitud sur (Figs. 22, 23 y 24). Al sur de los  $22^\circ$  de latitud sur (Figs. 24, 25 y 26), la cloa tiende a distribuirse mas homogéneamente en toda la transecta realizada, con valores de cloa iguales o cercanos a  $1,5 \text{ mg/m}^3$ .

En términos específicos se puede decir que en la transecta 1 (Lat.  $18^\circ 23'S$ ) (Fig. 22) el máximo núcleo con valores de  $6 \text{ mg/m}^3$ , se observó a 10 mn de la costa y a 10 m de profundidad. Debe ser destacado que valores relativamente altos de cloa (i.e.  $> 1 \text{ mg/m}^3$ ), se distribuyeron hasta los 50 m. Esta situación permite la presencia de una zona de alta concentración desde los 5 hasta los 50 m, en el rango 1 a  $6 \text{ mg/m}^3$ . Los feop presentaron la misma distribución batimétrica y en el rango de 1,5 a  $4 \text{ mg/m}^3$ . Se observó que bajo los 25 m los feop tienden a ser más altos que la cloa, esto podría deberse a la acumulación y degradación de cloa debido a una fuerte estratificación o a la presencia de algún pigmento fotosintético que induce a errores en la cuantificación de cloa. La distribución cuasi homogénea de la cloa en toda la transecta en esta latitud, es un patrón típico el cual ha sido encontrado en los otros dos cruceros de reclutamiento, realizados en verano.

En la transecta 10 (Lat.  $19^\circ 10'S$ ) (Fig. 22), la cloa a diferencia de la transecta 1, tiende a formar un núcleo costero, con valores que llegan hasta lo  $10 \text{ mg/m}^3$  a 10 m de profundidad. Este núcleo formó un gradiente pronunciado de cloa en

sentido este-oeste, llegando a valores de  $4 \text{ mg/m}^3$ , a 10 mn de la costa. Valores de cloa mayores de  $1 \text{ mg/m}^3$  llegaron hasta los 25 m de profundidad. Los feop presentan el mismo patrón de distribución al descrito en términos globales en la transecta 1, con valores en el rango 0,5 a  $3.5 \text{ mg/m}^3$ .

En la transecta 19 (Lat.  $19^\circ 55' \text{ S}$ ) (Fig. 23) y 28 (Lat.  $20^\circ 40' \text{ S}$ ) (Fig. 23) la cloa disminuye considerablemente respecto de las transectas 1 y 10, con valores iguales o inferiores a  $2 \text{ mg/m}^3$ . Con núcleos de máximos tanto a una como a 10 mn de distancia de la costa. Los feop tienden a distribuirse más profundamente, esto está asociado a problemas de cuantificación que no se pueden resolver con la metodología utilizada.

En la transecta 37 (Lat.  $21^\circ 25' \text{ S}$ ) (Fig. 24), la cloa no formó núcleos bien definidos, pero la biomasa fitoplanctónica es alta, con valores que llegaron hasta los  $5 \text{ mg/m}^3$ . Es llamativa la presencia de un núcleo de alta concentración de cloa a 25 m en la costa, lo que induce un gradiente pronunciado a esa profundidad y cuya influencia llegó hasta aproximadamente los 50 m. Los feop no presentan un patrón definido de distribución.

Al sur de los  $22^\circ$  de la latitud sur, el patrón observado superficialmente, es decir una baja pronunciada en la concentración de cloa, se reproduce en sentido vertical, en términos de una disminución significativa de la cloa, con núcleos subsuperficiales no superiores a los  $2.5 \text{ mg/m}^3$  en las transectas 46 (Lat.  $22^\circ 10' \text{ S}$ ) y 55 (Lat.  $22^\circ 55' \text{ S}$ ) (Figs. 24 y 25), a 5 y 10 mn de la costa, respectivamente.

La transecta 61 (Lat. 23°25'S) (Fig. 25) presentó características propias de sistemas poco productivos u oligotróficos, con valores de cloa inferiores a 1 mg/m<sup>3</sup>, con la excepción de un núcleo poco significativo de 1 mg/m<sup>3</sup> a 1 mn de la costa. En la transecta 64 (Lat. 23°40'S) (Fig. 26), la cloa aumenta levemente y forma un núcleo sub-superficial con un máximo de 2 mg/m<sup>3</sup>.

Como resultado general se puede decir que la biomasa fitoplanctónica disminuye al sur de los 22° de latitud sur. Mientras que al norte de ésta, la cloa tiende a formar gradientes significativos de cloa, los que están presentes en forma subsuperficial en prácticamente toda la transecta analizada.

### 1.7 Registros horizontales continuos de temperatura y fluorescencia in vivo

Para determinar la presencia de frentes costeros térmicos, se utilizará el criterio de diferencias de temperaturas entre puntos que no esten separados más de 1 mn. Se considerará como frentes costeros aquellas zonas que presenten variaciones superiores a 0,5°C. La salinidad, como en los otros dos cruceros realizados, no presentó ningún gradiente significativo al nivel de 0,1 parte por mil, por lo que esta variable no será utilizada como indicativa de frentes costeros.

Desde las transectas 1 a la 28 (Lats. 18°23'S a 20°40'S) (Fig. 27), se observaron gradientes térmicos significativos en las transectas 10 (Lat. 19° 10'S) con 1°C de diferencia entre las 5 y 5,5 mn; 13 (Lat 19°25'S) ésta presentó una diferencia de temperatura de aproximadamente 1 °C en un tramo no superior a 0,5 mn.

Estos frentes permiten la formación de agregaciones de fliv con máximos que van desde 3 mV en la transecta 13 a 4,5 mV en la transecta 13 (Lat. 19° 25'S) (Fig. 27) de un máximo de fluorescencia **in vivo** (fliv) que llegó hasta los 4 mV (o unidades relativas (UR)), la distribución del campo de fliv fue desde la zona costera hasta aproximadamente 2 mn de distancia de la costa. Manteniéndose registros superiores a 1 mV de fliv en toda la transecta.

Desde las transectas 25 (Lat. 20°25') a la 28 (Lat. 20°40'S) (Fig. 27) no se formaron gradientes térmicos significativos, con valores que sobrepasan 1 °C de diferencia de temperatura solamente en la transecta 25. Esta situación no permitió la formación de núcleos con registros significativos de fliv, los que en ningún caso superaron 1 mV.

En las transectas 31 a la 46 (Lats. 20°55'S a 22°10'S), sólo se formaron gradientes significativos en la transectas 37 (Lat. 21° 25'S), 40 (Lat. 21°40'S) y 43 (Lat. 21° 55'S), con valores promedio de 0,5 a 1 °C de variación (Fig. 28). Respecto del campo de fliv para las mismas transectas (Fig. 28) se registraron valores de hasta 5 mV en la zona de gradiente más oceánico de la transecta 37, en la transecta 40 se formó una zona de altos registros de fliv de hasta 4,5 mV en el borde interno del frente. En ambos casos la presencia de estos frentes permite que en prácticamente toda la transecta se registren valores superiores a 1 mV.

En la transecta 37 (Lat. 21°25'S) (Fig. 28) se observó una situación anómala, debido a que la temperatura comenzó a disminuir pasadas las 8 mn, desde 19,5 a 17 °C. Esto permitió que el registro de fliv aumentara significativamente de 1 a 4 mV, formando un máximo en el borde externo de este gradiente. Obviamente es discutible posicionar este máximo de fliv en forma externa, pero la extensión de la

transecta no permite discriminar si la posición del máximo de fliv respecto del frente es interna o externa. En las transectas restantes (i.e. 31, 34 y 46), no se registraron gradientes térmicos ni valores de fliv de importancia.

En las transectas 49 a la 64 (Lats.  $22^{\circ}25'S$  a  $23^{\circ}40'S$ ) (Fig. 29), se formaron gradientes significativos de temperatura, especialmente en las transectas 49 (Lat.  $22^{\circ}25'S$ ) y 61 (Lat.  $23^{\circ}25'S$ ) con un gradiente promedio de  $2^{\circ}C$ , entre las 2 a 3 mn de la costa. No obstante esta situación, en toda la zona no se presentan valores de fliv que indiquen acumulaciones significativas de biomasa fitoplanctónica (Fig. 29), lo que ya fue observado para la distribución superficial de cloa descrita anteriormente,

La situación que podría explicar esta baja acumulación de biomasa, a pesar de la existencia de frentes térmicos pronunciados, es que pueden ser aguas surgidas recientemente y que por lo tanto no han podido acumular biomasa en concentraciones significativas. Un excepción a esto aunque leve, se registró en la transecta 64 (lat.  $23^{\circ}40'S$ ), en donde los registros de temperatura indicaron la presencia de un frente térmico posicionado en forma atípica y semejante al descrito anteriormente para la transecta 37.

Como una manera más amplia de observar la asociación entre frentes costeros y la acumulación de biomasa, se relacionaron los valores de temperatura y fliv en gráficos bidimensionales (Fig. 30). Los resultados indican que los mayores registros de fliv estuvieron asociados a valores de temperatura inferiores a  $20^{\circ}C$ , entre las transectas 1 a la 46. Entre las transectas 49 a la 64, no existe ningún asociación entre la fliv y la temperatura, manteniendo la fliv un comportamiento monotónico, en todo el rango de temperatura registrado.

A modo general, es posible señalar que la biomasa fitoplanctónica presentó los valores más altos, entre las transectas 1 a la 28 (Fig. 31), con valores de concentración que alcanzan los  $8 \text{ mg/m}^3$  entre los 5 y 10 m, pudiendo alcanzar los  $2.5 \text{ mg/m}^3$  a 25 m. La posición subsuperficial de estos máximos, no permite que la información superficial de biomasa sea indicativa de la estructura biológica de toda la columna de agua. Esto puede ser observado con claridad, cuando se asocia la cloa superficial con la integrada (Fig. 32), en la que no se observa ninguna relación entre estas dos variables para estas transectas.

En las transectas 31 a la 46 (Fig. 31) la cloa tiende a situarse casi homogéneamente entre la superficie y los 10 m con valores que ocasionalmente llegan a  $4 \text{ mg/m}^3$ , con la excepción de un valor cercano a  $6 \text{ mg/m}^3$  a 25 m pero que no es representativo de la tendencia general. Esta distribución permite una asociación leve ente la cloa superficial y la integrada.

En las transectas 49 a la 64 (Fig. 31) la situación es diferente a lo anterior, con concentraciones inferiores a  $2.5 \text{ mg/m}^3$ , con los máximos situados a 10 m. Esta distribución cuali y cuantitativa no permite que en la zona se registren valores significativos de cloa integrada, siendo en su mayoría inferiores a  $50 \text{ mg/m}^2$  (Fig. 32).

## 2. Biología pesquera

### 2.1 Resultados de los lances de pesca

La distribución geográfica de los lances de pesca efectuados durante el crucero de investigación se muestran en la Fig. 1. En el área se efectuaron un total de 66 lances de pesca de los cuales 35 fueron exitosos (53%).

Las pescas de identificación se realizaron con una red de arrastre a media agua con tamaño de malla en el copo de 1,3 cm (tipo anchovetera). La captura permitió obtener los aportes porcentuales de cada especie y la estructura de tallas y peso a la talla de las especies dominantes en las capturas, con especial énfasis en anchoveta. De esta forma se determinó la fracción de reclutas de anchoveta presente en cada lance de pesca, aplicada a las lecturas acústicas asignadas a esta especie.

Los lances de pesca tuvieron una duración promedio de 47,8 minutos, y se efectuaron entre la superficie y los primeros 20 metros de profundidad. La velocidad de arrastre en promedio fue de 3,6 nudos, recorriendo una distancia promedio de 2,9 mn.

En la Tabla 2 se resume la información biológica pesquera de los lances de pesca. La captura total alcanzó a 7.731 kg, de los cuales 5.601 kg (72,4 %) correspondieron a la especie anchoveta, los que fueron capturados en 31 lances de pesca.

Se aplicó un esfuerzo total de 52,53 horas de arrastre, con un rendimiento promedio por lances positivos de 316,63 kg/hr de pesca total y de 229,39 kg/hr de pesca para anchoveta.

## 2.2 Determinación de la estructura de tamaños

En la zona de Arica se efectuaron 17 lances de los cuales 7 fueron exitosos (41 %). La distribución de longitudes por lance de pesca indica un predominio de ejemplares menores a 12 cm en la totalidad de ellos a excepción de los lances 3, 4 y 12 en los cuales predominan ejemplares adultos mayores a los 12 cm de longitud total (Fig. 33).

Cabe mencionar que para la zona de Arica la distribución total es bimodal con ejemplares entre 5,5 y 18,0 cm. de longitud y con modas centradas en los 8,5 y 15,0 cm. Todos los lances se efectuaron a los 0 m. de profundidad de la relinga superior de la red de arrastre de mediagua. Los pesos promedio para la fracción recluta y adultos fueron de 4,4 y 11,1 g, respectivamente.

En la zona de Iquique se efectuaron 23 lances de pesca de los cuales 15 fueron exitosos. La distribución de longitudes señala que en la totalidad de ellos predominaron reclutas menores a 12 cm de longitud total. La distribución de tamaños para la zona de Iquique presenta un recorrido entre los 5,5 - 19,0 cm, es unimodal con una moda centrada en los 9,0 cm, el porcentaje de reclutas en número y peso en la totalidad de los lances es de un 91,0 y 73,0 %, respectivamente (Fig. 36 A). Todos los lances presentaron una distribución unimodal con ejemplares mayores a los 6,0 cm. de longitud total y modas centradas entre los 10,0 y 11,0 cm (Figs. 33 y 34). En la zona de Iquique los pesos promedio para la fracción recluta y total fueron de 5,5 y 6,9 g., respectivamente.

En Antofagasta se efectuaron 26 lances de pesca de los cuales 8 fueron exitosos (30%). En esta área de pesca predominaron los ejemplares adultos 99,9% (Fig. 36 A)

Las anchovetas adultas estaban en estado 3 y 5 en un 30 y 61 %, respectivamente. Todos los lances de pesca presentaron una distribución de longitudes multimodal con ejemplares mayores a los 12,0 cm de longitud total. La distribución de longitudes para la zona de Antofagasta tiene tres modas en los 14,0, 15,5 y 17,5 cm, respectivamente. El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 0,1 %, respectivamente. Los pesos promedio para la fracción recluta y total fueron de 10,0 y 27,9 g, respectivamente.

La distribución de frecuencias de la totalidad de los lances de pesca efectuados en el crucero RECLAN9611, tiene una distribución bimodal, con modas en los 9,0 y 15,5 cm y un recorrido entre los 5,5 y 19,0 cm (Fig. 36A). El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 63,2 y 27,0 %, respectivamente. Los pesos promedios para la fracción reclutas y total fueron de 5,1 y 11,8 g, respectivamente.

### 2.3 Determinación de los pesos medios

Para las diferentes zonas de pesca se estimaron los pesos promedios empíricos por clase de longitud, obtenidos directamente del muestreo de los lances de pesca (Tabla 3 y Fig. 36B). Al efectuar la comparación del coeficiente de regresión que mide la tasa de crecimiento relativo de los ejemplares capturados en los cruceros RECLAN9501, RECLAN9601 y RECLAN9611, se determinó que existen diferencias significativas en el valor de la pendiente de la relación longitud-peso (Tabla 4). Los ejemplares colectados en el crucero RECLAN9611 tienen en general pesos mayores que las anchovetas capturadas en 1995 y principios de 1996 (Tabla 3 y Fig. 36B).

Al efectuar el mismo análisis para las zonas de pesca de Arica, Iquique y Antofagasta se obtuvieron diferencias significativas en los coeficientes de la regresión longitud-peso; en particular la zona de Antofagasta muestra diferencias significativas con las

zona de Arica e Iquique. Sin embargo, la zona de Arica e Iquique no muestran diferencias significativas en las pendientes de regresión (Tabla 4). Los ejemplares adultos capturados en Arica e Iquique en noviembre de 1996 tienen mayor peso promedio que los ejemplares de Antofagasta, éstos presentan una menor tasa de crecimiento relativo, lo cual está relacionado al desarrollo de las gónadas.

Los estados de madurez de la anchoveta se analizaron por zona de pesca. Para la zona de Arica se observa que las hembras se encuentran en un estado más avanzado del proceso reproductivo, el 52,9% se encuentra en estado 5 (desovando) y solamente un 12% en estado 2 (Fig. 37). En la zona de Iquique se encontró que 52,2% de las hembras en estado 2 y solamente un 28,4% en estado 5. En la zona de Antofagasta las hembras de anchoveta se encontraban en los estadios 3 y 5, con una representatividad de un 29,3% y el 61,0%, respectivamente.

En la zona de estudio, se analizaron un total de 1.023 hembras de anchoveta, de las cuales presentaron los siguientes porcentajes de madurez: 13,7%, 20,7%, 7,6%, 53,9% y 3,81% se encontraron en estado 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente. Cabe mencionar que al comparar el proceso reproductivo de la anchoveta en relación a la información histórica, observamos que se encuentran dentro del patrón normal (Garrido, 1989). Los resultados del proceso reproductivo de la anchoveta de este crucero son distintos a lo reportado en el crucero RECLAN9501, en el cual se indica que un 90% de las anchovetas habían desovado, sin embargo, esta diferencia se debe a que temporalmente éste crucero se realizó en noviembre.

En este crucero se analizó la proporción sexual por cada una de las zonas de pesca y su relación a clase de longitud (Fig.38).

Para la zona de Arica se obtuvieron 552 ejemplares mayores a 12,0 cm, la proporción de hembras presentes en la captura con red de arrastre de mediagua es de  $PS = 0,53$ . Cabe destacar que los ejemplares mayores a 15,5 cm predominan las hembras.

En la zona de Iquique se capturaron un total de 241 anchovetas adultas, la proporción sexual fue de  $PS = 0,53$ . Respecto al análisis por clase de tamaño en la totalidad de las clases de longitud predominaron las hembras, a excepción de las clases de 15,5 y 16,0 cm de longitud total.

En Antofagasta en la totalidad de los lances de pesca se registran 1.041 ejemplares adultos, la proporción sexual estimada fue de  $PS = 0,56$ . En relación a la proporción sexual por tamaño se observa un marcado predominio de hembras a longitudes mayores a los 17,5 cm.

En la zona de estudio se capturaron un total de 1.834 anchovetas adultas, la proporción sexual estimada fue  $PS = 0,55$ . En relación a la proporción sexual por tamaño se obtuvo en el rango de 12,5-17,0 cm una proporción sexual  $PS = 0,5$ , no obstante a longitudes superiores predominan las hembras. Una explicación del cambio de proporción sexual a longitudes mayores se debe al estado de gravidez de las anchovetas, las cuales son más vulnerable al arte de pesca. Esta situación ha sido descrita también en la pesquería de cerco por Aranís (1986).

Al comparar las distribuciones de longitud de las anchovetas capturadas en los cruceros RECLAN9501, RECLAN 9601 y RECLAN 9611 por zonas de pesca, se observa una drástica disminución de un 85% a un 54% y últimamente subió a un 58,5%. De igual forma en Iquique disminuyó el porcentaje de recluta en enero de

1996 de un 28% a un 10%, sin embargo a fines de 1996 se cuantificó un incremento de reclutas a un 91,5% ( Fig. 39).

También en los pesos promedio de la anchoveta se aprecian diferencias significativas por estrato de longitud, constatándose un mayor peso promedio de las anchovetas capturadas en el último crucero. Este incremento de peso promedio de las anchovetas, se debe al estado reproductivo ( estadio 2 y 5) a diferencia que los años anteriores se encontraban en estadio 2 y 3, respectivamente. A pesar de estas diferencias no se descartan efectos densodependientes ( Fig. 39 ).

### **3. Estimación del reclutamiento de anchoveta en peso y número mediante métodos hidroacústicos.**

#### **3.1 Calibración del sistema acústico**

##### **3.1.1 Calibración electroacústica**

La calibración electroacústica del sistema EK-500 del B/I "Abate Molina", se realizó utilizando blancos estándar de cobre de 60 mm de diámetro diseñada para la frecuencia de trabajo de 38 KHz.

Las mediciones se efectuaron en Mejillones el 18 y 19 de noviembre de 1996, midiéndose la frecuencia de 38 en pulsos corto, medio y largo.

En la Tabla 5 se entregan los resultados de estos trabajos.

Los resultados históricos de las calibraciones presentan variaciones inferiores a  $\pm 0,5$  dB, indicando un adecuado nivel de estabilidad y normalidad en el funcionamiento del sistema acústico.

### **3.1.2 Determinación de la relación funcional de la intensidad de blanco (TS) respecto a la talla de anchoveta.**

De los 60 lances en que se recolectó datos de TS, sólo en 14 fue posible discriminar los ecos de anchoveta en la frecuencia 38 khz, se realizaron 5 experiencias con el barco a baja velocidad posteriormente a los lances de pesca y 3 experimentos con el barco fondeado.

En las Figs 40 a 44, se presentan los histogramas de los TS y de las respectivas tallas de los peces. Los valores modales de los TS fluctuaron entre -47 y -58 dB y al aplicarles la función PDF estos valores se modificaron entre -3,6 y 1,97 dB. En la Tabla 6 se presentan los resultados de los TS modales con las respectivas modificaciones por la aplicación de la función PDF.

De este modo, se ajustó una regresión entre los TS y las tallas de los peces filtrados por el método del PDF en la información recolectada durante los lances de pesca. En el caso de los experimentos efectuados con el barco detenido o posteriormente a los lances de pesca, no fue posible determinar una relación funcional adecuada debido fundamentalmente a que las tallas correspondientes tuvieron un rango muy estrecho, variando entre 14,0 y 15,5 cm. En todo caso, estos resultados presentaron la misma tendencia que la información obtenida en los lances de pesca, por este motivo, se ajustó una regresión común entre las dos condiciones experimentales (Fig. 45).

La regresión ajustada para la condición experimental denominada "lances", fue:

$$TS = 20,55 \text{ LOG } L - 74,4$$

$$r^2 = 0,93$$

$$n = 11$$

La ecuación común para las dos condiciones experimentales fue:

$$TS = 20,21 \text{ LOG } L - 73,95$$

$$r^2 = 0,79$$

$$n = 18$$

La ecuación estandarizada al modelo general fue:

$$TS = 20 \text{ LOG } L - 73,739$$

Se analizó la bondad del ajuste de la regresión mediante un análisis de varianza y el test t de Student. (Tablas 7 y 8).

Los antecedentes de TS "in situ" para peces pelágicos pequeños son escasos a nivel mundial y mas aún en las especies presentes en el Pacífico sur, existiendo sólo algunos resultados informados para la anchoveta (**Engraulis ringens**) por Córdova **et al.** (1995) y Castillo **et al.** (1996), los que evidentemente fueron sobrestimados por la detección de ecos múltiples en el caso del primer autor y subestimados probablemente debido a un ángulo corporal de los peces provocado por el escape de los peces al paso del barco. Castillo **et al.** (1996) informa una ecuación de TS/L para la sardina común (**Strangomera bentincki**) que se ajusta bastante bien a los resultados alcanzados en el hemisferio norte, latitudes para el arenque y clupeidos en general.

Los resultados alcanzados en el presente estudio son entre 1,36 y 1,86 dB menor que los valores informados por Foote (1987); Foote **et al** (1986); Dengol (1985) en mediciones nocturnas de Herring (**Clupea harengus**) y alrededor de 1,5 dB mayor que la ecuación informada por Halldorsoon (1983), siendo levemente inferior (0,36 dB) que la informada por Forbes (1985) (Tabla 9). Foote (1986), recopiló todos los trabajos de medición del TS disponibles a la fecha y determinó para fisóstomos o clupeidos una ecuación  $TS = 20 \text{ LOG } L - 71,9$ , que es alrededor de 2,1 dB mayor que la alcanzada en el presente trabajo.

De los resultados entregados por Barange (1994) para la anchoveta del Cabo (**Engraulis capensis**) con tallas entre 7,5 y 7,34 cm, se deduce un  $b_{20} = -75,3$ , resultando un TS alrededor de 1,3 dB menor al obtenido en el presente proyecto. Barange **et al.** (1996) informa para la misma especie un  $b_{20} = -76,1$  valor que es alrededor de 2,1 dB menor al alcanzado en el presente estudio.

El análisis anterior indica que la ecuación TS/L de anchoveta obtenida en el presente estudio, se encuentra entre las ecuaciones obtenidas para el arenque en el mar del norte y la anchoveta del Cabo en Sudáfrica, sugiriendo diferencias biológicas entre las especies que motivan las diferencias en la respuesta acústica. En este sentido, la comparación debe ser realizada respecto a los resultados presentados por Barange (1994) y Barange **et al** (1996), puesto que es el único autor que ha logrado realizar calibraciones en engráulidos.

Al contrastar los  $TS_{kg}$  de la anchoveta obtenidos en el presente estudio y se contrasta con los informados por Barange **et al.** (1996) ( $TS_{kg} = -12,15 \text{ LOG } L - 21,12$ ), se aprecia que las diferencias fluctúan entre 0,01 dB para los peces de 4 cm y 1,14 dB para peces de 12 cm, disminuyendo las diferencias de 2,1 dB observado al comparar las relaciones TS/L, sugiriendo diferencias en las relaciones de crecimiento en peso

para las dos especies, factores que podrían explicar las divergencias en ambas relaciones funcionales del TS y L.

Es necesario tener presente que las condiciones registradas durante las experiencias cumplieron adecuadamente con los requerimientos para estos trabajos.

En consecuencia y considerando lo discutido anteriormente la ecuación común TS/L para la anchoveta obtenida en el presente proyecto será utilizada para la evaluación de la biomasa.

### **3.2 Estimación de la biomasa de anchoveta**

#### **3.2.1 Método tradicional**

De acuerdo a los resultados antes expuestos y discutidos, la biomasa de anchoveta fue estimada mediante la ecuación  $TS = -73.739 + 20 \text{ LOG } L$ .

Se determinó un TS de - 52,49 dB, correspondiente a la talla media general ponderada por la frecuencia de todos los lances (11,5 cm). De acuerdo a la relación peso-longitud determinada para la anchoveta en el presente crucero, el peso correspondiente a la talla fue, 11,07 g, resultando finalmente un  $TS_{kg} = -32,93 \text{ dB/kg}$ .

De este modo, la biomasa de anchoveta alcanzó a 385.881 t (Tabla 10), con una densidad promedio de  $120,8 \text{ t/mn}^2$ . Esta biomasa estuvo localizada principalmente en las transectas 33 y 34 y en la intertransecta costera 130, en que se concentró alrededor del 35,1% de las lecturas acústicas totales del crucero (Fig. 46).

La fracción reclutas de anchoveta, determinada según el aporte de los ejemplares menores a 12 cm en los lances de pesca, alcanzó al 64,1%, estimándose en consecuencia una biomasa de reclutas de 246.964 t. De acuerdo a la relación L-Peso determinada para toda la zona de estudio, se calculó un peso promedio de 12,4 g, a la talla de individuos menores a 12 cm presentes en las capturas, estimándose en consecuencia una biomasa en número de la fracción reclutas de 48.424.313.730 individuos (Tabla 11).

### **3.2.2 Biomasa por talla (método acústico)**

En la (Tabla 12) se presenta la biomasa por talla estimada según el método acústico. De este modo, es posible observar que la biomasa total alcanzó a 372.574 t y la biomasa correspondiente a los ejemplares de tallas menores a 12 cm fue 250.105 t, equivalente a 45.762.471.980 individuos. La distribución por tallas de la biomasa de anchoveta, presenta claramente dos modas, centradas en los 9 cm y 15,5 cm. La expresión en peso de la biomasa por talla para las transectas e intertransectas presentaron una moda principal centrada entre 9 y 9,5 cm y un grupo secundario de datos centrado entre los 14 y 15 cm (Figs. 47, 48 y 49).

### **3.2.3 Estimación de la biomasa mediante geoestadística y descripción de las estructuras**

El polígono de distribución de la anchoveta consideró el 54,4% de las IBM's totales del crucero, con una reducción en el área del 53,1 %. El variograma ajustado a la distribución de los datos presenta cuatro estructuras (Fig. 50): a las 2, 3, 5 y 8 mn. Las dos primeras estructuras aportan con el 85,7% de la variabilidad de las lecturas acústicas. Las terceras y cuartas estructuras deben ser consideradas con

precaución, debido a que pueden estar reflejando una periodicidad en las lecturas, determinadas por la separación entre las transectas.

El área de distribución considerada alcanzó a 1.497 mn<sup>2</sup>, reduciéndose en un 53,1% respecto al valor considerado en el procedimiento anterior.

La biomasa estimada con el método intrínseco de la teoría de variables regionalizadas, restringido al polígono de distribución del recurso indica que la biomasa encontrada es de 479.822 t (Tabla 12 ). De este modo, la biomasa en peso y número de la fracción reclutas se estimó en 307.086 t y 60.212.941.180 individuos, respectivamente.

#### **3.2.4 Precisión de los estimados de biomasa de anchoveta**

Los coeficientes de variación (CV) de los estimados de biomasa de anchoveta variaron entre 0,08 y 0,25 según el método de estimación utilizado, (Tabla 10 y 11), registrándose la mayor precisión con el método de Estratos Agrupados, lo que se expresó en un error del 13,2 al 41,1 % , siendo de similar nivel para el método de los conglomerados y bootstrap.

La fracción reclutas presentó coeficientes de variación (CV) entre 0,21 y 0,32, siendo menor para el método de los estratos agrupados, en la Tabla 10 y 11 se presentan los estimados de la varianza por cada método utilizado.

La varianza, coeficientes de variación (CV) e indicadores de error, obtenidos mediante el método geoestadístico, se presenta en la Tabla 12. En este caso el CV fue 0,22, siendo similar a los menores CV obtenidos con los otros procedimientos, valor que se expresó en un error de 36,9%.

### 3.3 Distribución espacial de los recursos pelágicos

#### 3.3.1 Total de especies

Durante el presente crucero las principales especies detectadas fueron la anchoveta y el mote y en forma esporádica se registró la presencia de jurel, que se ubicó hacia la segunda mitad de la zona. En general, estos recursos estuvieron presentes en toda la zona de estudio, registrándose las mayores concentraciones en las primeras 5 mn de la costa entre Arica y punta Arenas ( $21^{\circ}40'S$ ), correspondientes principalmente a anchoveta (Fig. 51).

#### 3.3.2 Anchoveta

La anchoveta fue la especie más frecuente en la zona de estudio, con una distribución espacial altamente asociada a la costa en que los límites occidentales de las mayores concentraciones no superaron las 5 mn (Fig. 52). En este sentido, es posible destacar los sectores ubicados entre los paralelos  $18^{\circ}45'S$  y  $19^{\circ}20'S$ , entre punta Pichalo ( $19^{\circ}35'S$ ) y punta Gruesa ( $20^{\circ}20'S$ ) desde caleta Patillo ( $20^{\circ}40'S$ ) a punta Chilena ( $21^{\circ}30'S$ ). El sector que registró la más alta densidad de anchoveta del crucero se ubicó entre caleta Patillo y punta chilena, con el 35,1 % de las lecturas acústicas del crucero, concentradas en el 2,7% de las observaciones.

La distribución espacial de los reclutas determinada mediante la estructura de tallas de los lances de pesca a mediana y según hidroacústica, presenta una clara estratificación espacial en el sentido latitudinal, en que los peces de menor talla se localizaron preferentemente al norte de punta Chilena ( $21^{\circ}30'S$ ), mientras que al sur de dicho sector los peces muestreados tuvieron tallas entre 14 y 18 cm. En el sentido longitudinal, se aprecia que al norte de Iquique los peces de mayor tamaño tendieron

a ubicarse en sectores más alejados de la costa, entre Iquique y punta Chilena, no se aprecia una estratificación en el sentido longitudinal, con un claro predominio de los peces de tallas inferiores a los 12 cm.

En el sentido batimétrico, la anchoveta se detectó entre los 7 y 30 m de profundidad, con las mayores frecuencias de cardúmenes entre los 10 y 14 m (Fig. 53). Esta distribución batimétrica estuvo asociada con las isotermas de 12,5 a 17,5 °C, centrándose entre los 14 y 16°C. La salinidad que limitó la distribución vertical de anchoveta varió entre 34,4 y 34,9 ppm, registrándose las mayores frecuencias de cardúmenes entre los 34,6 y 34,8 ppm. El oxígeno tuvo un amplio rango, que varió entre el mínimo de oxígeno y 8,0 ml/l, detectándose con mayor frecuencia entre los 2,0 y 4,5 ml/l.

### 3.3.3 Mote

Esta especie presentó una distribución altamente costera, ubicada en las primeras 2 mn de la costa entre Pisagua y punta Arenas. Los sectores de mayor concentración se caracterizaron por sus altos niveles de densidad (Fig. 54), ubicados preferentemente en bahías al sur de punta Patache (20°47'S) y el río Loa (21°30'S).

### 3.3.4 Jurel

El jurel se presentó en bajas densidades en la segunda mitad de la zona de estudio entre Tocopilla y caleta Hornos (22°55'S) donde se distribuyó entre 1 y 10 mn de la costa en bajas densidades (Fig. 55).

### 3.4 Índices de cobertura y densidad de anchoveta

Los Índices de Densidad (ID) y Cobertura (IC), calculados en base a las IBM's de 0,5 mn, considerando las intertransectas costeras, indican que la anchoveta ocupó un 18,9% del área prospectada (Tabla 13), mientras que el ID alcanzó a 640,9 t/mn<sup>2</sup>, registrándose hasta 1.596,7 t/mn<sup>2</sup> en el sector de mayor concentración, localizado entre caleta Patillos y punta Chilena.

## VIII. ANALISIS DE RESULTADOS

### 1. Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento de anchoveta, medidos durante el crucero RECLAN 9611.

#### 1.1 Surgencia

La intensidad de los vientos predominantes registrados durante el período de estudio, que provienen del segundo y tercer cuadrante fueron propicios para la generación de eventos de surgencia (Smith, 1968), con la excepción de las zonas comprendidas entre Pisagua e Iquique y en las transectas 37 y 42 donde la intensidad del viento presentó cambios en la dirección del tercer cuadrante al segundo y al cuarto cuadrante, respectivamente. La surgencia se caracterizó por ascensos de aguas más frías, con menor contenido de oxígeno y más densa, en especial en la transecta 61, ubicada entre Mejillones y Antofagasta.

Lo anterior se confirma con los valores del índice de surgencia calculado a partir de los datos de viento en cada estación oceanográfica, que muestran mayor intensidad en la zona de Mejillones a Antofagasta e índices menores de 50  $m^3/s/1000$  m de costa, entre Pisagua e Iquique y en las transectas 37 y 42. Junto con esto se ve que en la zona de mayores índices de surgencia se presentan los mayores valores del índice de turbulencia, y el resto del área presenta valores mucho más bajos.

De acuerdo con los promedios mensuales históricos de las mediciones de viento realizadas en los aeropuertos de Arica, Iquique y Antofagasta, noviembre y diciembre corresponden a meses en que el transporte y la turbulencia se están incrementando para alcanzar entre enero y febrero sus máximos valores, con la

excepción de Antofagasta en que ésto ocurre en diciembre (Fig. 19), lo que se refleja en los valores de estos índices en las estaciones oceanográficas, ya que con la excepción de la zona entre Mejillones y Antofagasta los valores son moderados.

## 1.2 Temperatura y Salinidad

Históricamente, de acuerdo a los cruceros oceanográficos realizados en la zona, la franja costera del área de estudio durante los meses de noviembre y diciembre presenta un gradiente costa - océano más o menos paralelo a la costa y con las aguas más frías en la zona costera, generándose núcleos de agua fría en la costa producto de los procesos de surgencia, en tanto que en el límite oceánico del área de estudio, lo normal es una temperatura menor de 22°C. Comparativamente los valores de temperatura superficial observados en el área, respecto a registros de igual época en años anteriores, son similares que los reportados en 1971, 1980, 1987, 1988 y 1990; superiores en 1°C que los años 1969, 1970, 1972, 1974 y 1984; inferiores en 1°C que los años 1968, 1973, 1986 y 1991 e inferiores en 2°C con respecto a los años 1982 y 1983, correspondiendo estos últimos a años cálidos

La isoterma de 15 °C que presenta la base de la termoclina, de acuerdo con la información de los cruceros realizados en la zona, normalmente se profundiza desde la costa hacia el área oceánica y en el límite oeste del área de estudio la profundidad de esta isoterma alcanza entre los 20 y 30 m, en tanto que durante el Niño 72-73 alcanzó profundidades entre 40 y 50 m en el límite oeste y cerca de la costa valores cercanos a los 30 m. Durante el Niño 82-83 (Blanco y Díaz, 1985; Blanco *et al.* 1992) ocurre lo contrario, la isoterma se profundiza desde el área

oceánica hacia la costa, alcanzando profundidades de 60 m en el área oceánica y de 120 cerca de la costa (Blanco 1995). Comparativamente con años anteriores la profundidad de la isoterma de 15°C es 10 m mayor que la medida en los años 1967, 1971, y en el sector costero en 1973, 1986 y 1988. Similar que la de 1969, 1980, 1987 y 1990. Inferior en 10 m con respecto a los años 1972, 1974, 1984, 1991 y 1993, e inferior en más de 20 m que los años 1982 y 1992. Por lo que en el caso de este crucero, la situación que se observa corresponde a los valores normales.

La salinidad superficial del área oceánica, de acuerdo con los cruceros realizados en la zona en igual período del año, tiene valores menores a 35 psu. Comparativamente con años anteriores, los valores son superiores sólo respecto a 1970, similares que los observados en 1971, menores en 1 a 2 décimas que 1967, 1968, 1969, 1972, 1973, 1980, 1983, 1984, 1986, 1987, 1988, 1990, 1992 y 1993 y menores en 3 a 4 décimas que los años cálidos de 1982 y 1991. Por lo que en el presente crucero la salinidad superficial esta 0.1 psu por debajo de los valores de años normales.

### 1.3 Masas de agua

En la columna de agua se identificaron tres masas de agua (Figs. 17 y 18). Estas son: masa de agua Subtropical Costera (AST-1), Subantártica (ASAA), Ecuatorial Subsuperficial (AESS) (Blanco y Kelly, 1986; Blanco y Kelly, 1987; Blanco y Reyes, 1992; Brandhorst, 1971; Sievers y Silva, 1975; Sievers y Silva, 1982; Silva y Konow, 1975; Robles *et al.*, 1974)

En superficie la masa de agua AST-1 aparece débilmente en el área de estudio, junto con el AESS participan en la mezcla de agua entre la costa y las 10 mn, desde la transecta 46 (22°S) hacia el sur el ASAA empieza a tener un mayor aporte en la mezcla. El AESS alcanza la superficie producto del ascenso en algunos sectores costeros, ésto se aprecia en las transectas 10, 19, 46, 61 y 64, en las transectas restantes el aporte a superficie de esta masa de agua es nulo o casi nulo (Figs. 17 y 18).

Al norte de los 23°S se observa el hundimiento del ASAA por debajo del agua de superficie (Fig. 15) su núcleo se ubica a 25 m de profundidad como promedio, alcanzando hasta la transecta de más al norte. Los valores de temperatura se encuentran entre 13 y 17°C y la salinidad entre 34,4 y 34,7 psu.

Bajo el ASAA se encuentra el AESS con su núcleo centrado a 150 m y con un espesor medio de 170 m, se caracteriza por valores de temperatura entre 12 y 13°C, salinidad mayor de 38,8 psu y oxígeno menor de 0,5 ml/l.

Por debajo del AESS se observa la parte superior de la masa de agua Intermedia Antártica (AIAA), ubicándose su núcleo por debajo de los 600 m.

#### 1.4 Situación sinóptica

Información de carácter global de noviembre y diciembre de 1996 (Boletín de Alerta Climática N° 74 y 75, CPPS; Boletín Climático 2,11, U. Chile ), señala que con la normalización de la TSM en el Pacífico ecuatorial central y occidental y la continuación de las anomalías negativas de la TSM en el Pacífico ecuatorial oriental, con los vientos alisios más intensos y ligeramente más intensos que lo

normal en la región del Pacífico ecuatorial occidental, central y oriental respectivamente y con la actividad convectiva menos intensa que sus valores normales en el Pacífico tropical central, se verifica que el Océano Pacífico ecuatorial tiende a retornar a un período de normalización, pero se prevé, la continuación de un período frío de intensidad débil en el Pacífico ecuatorial hasta los primeros meses de 1997. Se anticipa que la TSM frente y a lo largo de la costa de Sudamérica, al norte de los 12° Sur, se mantenga entre sus valores normales y moderadamente más fríos durante los próximos tres meses.

Los valores observados durante el crucero confirman lo señalado por los índices globales, en cuanto a la continuación del evento frío iniciado a fines de 1995. Existiendo la posibilidad de un cambio hacia una fase cálida a mediados de año.

## **2. Análisis histórico de las condiciones oceanográficas que afectan el reclutamiento de anchoveta en la zona norte. Período 1984-94**

### **2.1 Estaciones Costeras**

#### **2.1.1 Viento**

La serie de tiempo de viento, promedio diario, medidos en Iquique (Fig. 57a) muestra una gran variabilidad en la intensidad, con marcados ciclos estacionales. Se observan algunas variaciones interanuales, destacando el año 82 donde, en el período de invierno y primavera la intensidad es considerablemente menor que los años posteriores (anomalía mayor de -1 m/s) y los años 83 y 93 en que los inviernos presentan vientos significativamente más intensos, con anomalías cercanas a 1 m/s (Fig. 57b)

La componente norte - sur es casi siempre positiva (viento del sur), sólo se observan algunos períodos negativos (viento del norte) y muy superior en intensidad que la componente este - oeste, lo que indica la predominancia de los vientos del segundo y tercer cuadrante.

El índice de surgencia casi siempre fue positivo, con algunos períodos negativos producto de vientos del norte, mostrando máximas intensidades en primavera y verano y las menores en invierno. En esta última época es cuando se observaron los valores negativos del índice, los cuales indicarían que se produjeron descensos de la termoclina.

El índice de turbulencia tuvo una respuesta semejante en su ciclo anual a la componente norte - sur y al índice de surgencia, es decir con máximos en primavera y verano y mínimos en invierno.

En la señal anual promedio (Fig. 58) se aprecia claramente la disminución tanto del índice de surgencia como de la turbulencia en los meses de agosto, siendo máximos entre noviembre y febrero. Se observa además que en Antofagasta se registran los mayores valores de turbulencia y en Iquique los menores, sin embargo el Índice de surgencia o transporte fuera de la costa es mayor en Iquique entre enero y mayo y en Antofagasta de mayo a diciembre, los menores valores se encuentran en Arica.

Lo encontrado respecto a una máxima intensidad en verano y una mínima intensidad tanto para el índice de surgencia como para el índice de turbulencia es concordante con los trabajos previos de la zona (Fuenzalida, 1989, Carvajal, 1994), y para las localidades de Callao y Chimbote en Perú (Mendo *et al.*, 1987) y

para bajas latitudes a lo largo de la costa oeste de Norte América (Bakun y Parrish, 1980).

Como períodos de vientos significativamente anómalos (Fig. 57b) se pueden mencionar el invierno y primavera del año 1982, en los cuales se observan anomalías negativas y los inviernos de 1983 y 1993 en los que se registraron anomalías positivas en el índice de surgencia y la turbulencia, estos últimos períodos presentan la anomalía precisamente durante el período del máximo desove.

Si bien los inviernos del 83 y del 93 presentan anomalías positivas importantes en la turbulencia, la diferencia entre ellos, es que en el 83, el índice de surgencia es mayor que el registrado el 93, debido a que durante el 83 la dirección del viento es principalmente del sur, en cambio el 93 es del suroeste.

La tendencia general de la turbulencia durante el período 1982 a 1996 muestra para 1982 anomalías negativas, del 83 hasta mediados del 85 anomalías positivas, desde mediados del 85 hasta mediados del 92 anomalías negativas, desde mediados del 92 hasta principios del 94 anomalías positivas, desde principios del 93 hasta el invierno del 96 anomalías negativas y la primavera del 96 anomalías positivas.

Respecto a las condiciones de transporte fuera de la costa y de turbulencia que normalmente existen en la zona, en el período de desove, se aprecia que ambos son bajos, lo que coincide con lo descrito para otras zonas del Pacífico en épocas de desove (Mendo *et al.*, 1987).

### **2.1.2 Temperatura superficial del mar**

El promedio mensual de temperatura superficial del mar muestra una gran variabilidad anual e interanual en Arica, Iquique y Antofagasta (Fig. 59), con las mayores anomalías positivas durante los años 82 - 83, períodos cálidos entre el 87 y el 89 y entre 91 - 94 y un período frío desde el 94.

La señal anual promedio (Fig. 58) muestra que Antofagasta registra los mayores valores durante el período de primavera verano y al mismo tiempo los mínimos valores durante otoño e invierno, con casi 5 grados de diferencia. En Iquique la variación anual es menor, con solo 1,5°C de diferencia. Arica presenta los máximos valores en febrero y una variación de 3,5°C.

Esta condición de mínimos valores durante el invierno con incremento de ésta en primavera, período en que se produce el desove principal de varias especies, también ha sido determinado en Perú.

## **2.2 Condiciones oceanográficas medidas durante los cruceros de invierno del período 1984-94**

### **2.2.1 Temperatura**

El promedio ponderado de temperatura entre 0 y 50 m de profundidad (Fig. 60), corresponde a la integración de los valores de temperatura en la columna de agua donde se encuentra la anchoveta. Del análisis de la temperatura de los períodos de invierno entre 1984 y 1996 se encuentran en un rango entre 13 y 18°C, los valores más bajos se presentan en el área costera e incrementan hacia el área

oceánica, además se observan lenguas de agua más cálidas que se aproximan al área oceánica. De acuerdo con los cruceros, los inviernos de 1987 y 1992 fueron más cálidos y los años 85, 86, 88, 95 y 96 los más fríos. Si utilizamos el gradiente costero como indicador de la intensidad de la surgencia, tendríamos que los inviernos 85, 87, 92 y 93 presentan una surgencia más intensa, en cambio los inviernos 86, 91 y 95 la surgencia sería más débil.

La distribución temporal de temperatura en la columna de agua (Fig. 61) a 5 y 55 millas de la costa muestra la variabilidad anual e interanual de las isotermas en los primeros 500 m de profundidad. Se aprecia una gran variabilidad en los primeros 50 m de la columna de agua con ascensos de agua más fría y calentamientos importantes del agua superficial. También se ve que a las 5 millas las isotermas de 12 y 13°C se profundizan durante los años cálidos en casi 200 m (83, 87, 92 y 94), en tanto que a las 55 millas esta profundización es menor, lo cual se puede asociar al paso de una onda Kelvin, la que tiene su mayor amplitud en el sector costero.

### 2.2.2 Salinidad

Los promedios ponderados de salinidad entre 0 y 50 m de profundidad (Fig. 62), de los cruceros de invierno están en el rango 34,4 y 35,3 psu, con un predominio entre 34,4 y 35,0 psu, con incrementos hacia el norte y el área oceánica. Los mayores valores corresponden a los años 84, 85, 92 y 93 en los cuales se aprecia un ingreso de aguas con salinidades superiores a los 35 psu desde el área oceánica por el área norte, estos años corresponden a períodos donde se presentó el Niño.

### 3. Análisis de la distribución y abundancia de los huevos y larvas de anchoveta en los inviernos del período 1984-1996.

En los cruceros de invierno para el período 1984/1996, el desove de anchoveta de acuerdo a lo señalado por la fase de huevos se distribuyó de manera bastante homogénea ocupando el rango latitudinal comprendido entre Arica y Antofagasta a excepción de los años 1984, 1987 y 1991 donde se registró una menor cobertura latitudinal, asociada a condiciones oceanográficas desfavorables para la sobrevivencia de huevos de esta especie (fig. 67). En sentido longitudinal y de manera excepcional los huevos de anchoveta se distribuyen hasta las 100 mn frente a Arica y el río Loa, exhibiendo en términos generales dos modalidades de postura. Entre Arica e Iquique, el desove se caracteriza por presentar una modalidad más oceánica con una mayor cobertura longitudinal. Desde Iquique al sur el patrón de distribución se torna más costero y en forma ocasional colonizan hasta las 100 mn.

La tendencia histórica del patrón de distribución espacial de los huevos de anchoveta señala que el desove ocupa preferentemente la franja costera que no excede las 40 mn, concentrándose en ella más del 80% de este estadio de desarrollo.

Con respecto a la fase de larvas y como habitualmente acontece, colonizan una mayor área con respecto a los huevos tanto en sentido latitudinal como longitudinal, asociándose también su distribución a las primeras 40 mn de la costa, zona donde se concentra más del 80% de las larvas de anchoveta, y como se aprecia en la figura 68, las áreas de mayor abundancia corresponden a las ubicadas entre Arica y Punta Madrid, al oeste de Pisagua, Punta Chipana e inmediaciones del río Loa.

Con respecto a la relación de la abundancia de huevos de anchoveta y los promedios ponderados de temperatura entre 0 y 50 m de profundidad, señala que en términos generales los huevos de anchoveta para el período de invierno de los años 1984/1996, se distribuyen en aguas cuyas temperaturas fluctúan entre los 13 y los 15°C. En cuanto al patrón de distribución de las fases larvarias no se logra apreciar una relación con respecto a la temperatura dado los procesos advectivos y de transporte a que están expuestas las larvas de anchoveta.

#### **4. 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 (Barria, 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 (Barria, 1996 y 1997). Estos antecedentes se han confirmado durante 1996 por una reducción significativa de un 50% de las capturas de anchoveta en la Zona norte de Chile.

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, 1982). 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, 1982; 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 mejoradas 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, 1992).

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 significativa de la fortaleza de la clase anual de anchoveta en la zona prospectada. En toda el área de estudio se detectó la presencia de un foco de reclutamiento en la zona de Arica e Iquique.

Otros antecedentes indican que el proceso de reclutamiento comienza a gestarse en el norte y a medida que avanza el verano se intensifica en el sur. (Barria, 1990), lo cual no está en contradicción con los resultados obtenidos.

Durante el crucero RECLAN9611 se observó la presencia de una segregación espacial por tamaños, los reclutas se encontraron principalmente en la zona de Arica e Iquique, los ejemplares adultos en la península de Mejillones. Al igual que el crucero RECLAN9501, los reclutas se encontraron en zonas en las cuales existen frentes bien delimitados, y se observaron frentes costeros intensos y la cloa estuvo en el rango a mg/m<sup>3</sup>.

Respecto a la comparación de los resultados de este crucero con el RECLAN 9501, las distribuciones de tamaño de las anchovetas por zona de pesca, se puede observar que en Arica disminuyó la proporción de reclutas en número de un 85% a un 58,5 %. Sin embargo, en este último crucero se registró una distribución bimodal a diferencia del año anterior (Fig.36A )

Para la zona de Iquique también existen diferencias significativas en las longitudes de los ejemplares capturados en ambos cruceros, caracterizándose este año por el incremento del número de reclutas de un 28,0% a un 91,5%. Sin embargo, el rango de longitudes de las anchovetas capturadas fue mayor de 5,5 a 19,0 cm de longitud total. En términos generales, se puede apreciar un reclutamiento equivalente en ambas zonas de pesca en relación a 1995.

Durante la época del crucero, las anchovetas adultas se encontraban en estados 2 y 5 (pre-desove y desovadas), a diferencia del crucero RECLAN 1995 en que el 90% de las hembras se encontraron en estado. 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 descrito en la figura 40. *¿dónde?*

La Zona de Arica ha sido descrita por Braun (1995), como un foco importante de desove es un área con altas densidades de fitoplancton, esta condición bio-oceanográfica fue encontrada en este último crucero.

Respecto a la proporción sexual de las anchovetas se observó un marcado predominio de las hembras a longitudes mayores a los 16,0 cm, lo que estaría asociado a una menor evasión del arte de pesca por su estado de gravidez, esta situación es equivalente a lo observado en la pesquería de cerco por Aranís (1986).

En relación a la comparación de los pesos medios por zona de pesca se encontraron diferencias significativas en la tasa de crecimiento relativo, lo cual permite inferir que existen diferencias en la oferta de alimentos en estos hábitat. La comparación de las pendientes de las regresiones longitud-peso se observan diferencias significativas entre las zonas de pesca así como también entre los cruceros de reclutamiento de 1995 y 1996. Estas diferencias en los pesos promedios por clase de longitud son más evidentes en anchovetas mayores a los 13,0 cm, infiriéndose que la menor abundancia de anchoveta (Barria, 1997) 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.

Los resultados del proyecto indican que la totalidad de los cardúmenes de anchoveta se encontraron a una distancia máxima de 10 millas náuticas de la costa. Por otra parte, las zonas de pesca presentaron una fuerte segregación espacial por tamaños encontrándose en el norte mayor proporción de ejemplares juveniles y ejemplares adultos en Antofagasta, restringidos al área costera.

## 5. Estimados de biomasa de la fracción recluta de anchoveta

Los tres procedimientos utilizados para estimar la biomasa de anchoveta en el presente crucero, difieren en hasta 20%, siendo el método tradicional el valor menor con 385.881 t. y el geoestadístico presentó el resultado mayor con 479.822 t, el método de las tallas fue de 432.803 t, siendo inferior en 9,8 % respecto al geoestadístico y 10,8% superior al obtenido con el método tradicional. Aún cuando, estas diferencias pueden ser consideradas que se encuentran en rangos normales y podrían ser soslayadas, su explicación está asociada al procedimiento de cálculo de la razón, puesto que en el caso del procedimiento tradicional se consideran todos los datos obtenidos, incluyendo los cero, que en este caso fueron del 81,4% y reduciendo la influencia de las lecturas altas, que en el presente caso tuvieron una muy alta relevancia. En el caso del método geoestadístico, el valor central, se calcula considerando sólo el área de distribución del recurso, excluyendo gran parte de las lecturas nulas e incrementando de este modo la influencia de las densidades mayores. El método de las tallas es altamente sensible al éxito de pesca, en el presente caso y debido al alto número de lances de pesca realizados en la zona, su resultado es comparable al alcanzado con geoestadística. Dado lo anterior, se considera que la biomasa de anchoveta estimada con el método geoestadístico fue el más confiable.

El análisis comparativo de la biomasa de anchoveta en los tres cruceros realizados en la temporada primavera-verano de los años 1995 y 1996 (RECLAN 9501, 9601 y 9611) indican que los estimados en el presente crucero corresponden a los valores mas altos del periodo considerado, con 385.881 t, siendo 277 % mayor que el alcanzado en el verano de 1996 (102.010 t, valor corregido por diferencias en el TS), y es comparable con el estimado integrado en las dos subzonas en el verano de 1995 (RECLAN 9501).

La fracción de reclutas de anchoveta (en peso) en los tres cruceros considerados ha sido 53,4% para el verano de 1995 (RECLAN 9501); 7,6% para el verano de 1996 (RECLAN 9601) y 25,56% en la primavera de 1996 (RECLAN 9611), apreciándose que el valor obtenido en el presente crucero es un 44,9 % inferior que el estimado en el verano de 1995 y sobre el 1100% superior que el valor estimado en el verano de 1996.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del método de estimación por tallas en los cruceros RECLAN 9601 y 9611 son alrededor de 6,6 y 10,8% mayores que los estimados mediante el método tradicional, siendo comparable, en el caso del RECLAN 9611, al valor estimado mediante el método geoestadístico. Estas leves diferencias se explican en que las distribuciones de tallas son polimodales, siendo más notable la situación registrada en el crucero 9611 respecto al 9601. En la Fig. 49 es posible observar claramente la relevancia del factor polimodal y el peso de los reclutas en número y peso en los dos casos mencionados. Si se incorpora un ponderador de las modas en las estructuras de tallas, el estimado de biomasa obtenido mediante el método tradicional se acerca a los resultados alcanzados con el método de las tallas, validando este último procedimiento.

La distribución espacial de la biomasa en los tres cruceros considerados (Fig. 56) permite identificar claramente que la zona del río Loa constituye una importante área de concentración de la biomasa de anchoveta, sugiriendo que en los cruceros RECLAN 9501 y 9611, este sector correspondió a un área de crianza, con niveles de lecturas acústicas superiores a los 100.000 Sa, valor que supera largamente los mayores niveles de concentración registrados en este mismo sector en el verano de 1996 (9.000 Sa) (9601) y 1995 (36.000 Sa) (9501).

En el sentido batimétrico la anchoveta en la primavera de 1996 (RECLAN 9611) se ubicó en profundidades levemente mayores que en el verano del mismo año (RECLAN 9601) (7 a 30 m, respecto a 5- 25 m), observándose que las mayores frecuencias de cardúmenes en ambos casos estuvieron asociadas a las isotermas de 14 a 16°C, isohalinas de 34,6 a 34,8 psu y oxilíneas de 2 a 4,5ml/l.

El alto nivel gregario presentado por la anchoveta en el presente crucero se cuantifica mediante el Índice de Densidad, el que alcanzó a 640,9 t/mn<sup>2</sup>, valor que llegó a 1.596,7 t/mn<sup>2</sup> en los sectores de mayor agregación, superando a los registrados en los veranos de 1995 y 1996 en 723 (77,2 t/mn<sup>2</sup>) y 45 % (440,3 y 334,8 t/mn<sup>2</sup>, para las subzonas I y II), respectivamente (Córdova **et al.**, 1995; Castillo **et al.**, 1996). El IC, confirma el comportamiento gregario de la anchoveta, puesto que en el presente caso se alcanzó a 18,9%, siendo menor a los informados en los veranos de 1996 (28,3%) y 1995 (19 y 34%, para las subzonas I y II, respectivamente).

## 6. 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 únicamente la variabilidad que se registra entre ellas y que es atribuible a la distancia entre las transectas.

En el presente caso y debido a la condición altamente gregaria de la anchoveta, que se manifestó en una alta variabilidad espacial, con una importante proporción de información con cero (81,4%) y con agregaciones extremadamente densas de tamaño relativamente pequeño (35,1% de las lecturas acústicas estuvieron concentradas en el 2,7% de los datos), determinó que los índices de precisión entre los distintos métodos fueran bastante similares, con la excepción del método de los estratos agrupados, que reduce la variabilidad al formar estratos entre las transectas vecinas.

Aún cuando, las diferencias en los CV y Error son pocas entre los distintos métodos, la validación del estimado de biomasa, discutido en el punto anterior, induce a aceptar el índice de precisión obtenido con este método.

## **7. Análisis de los factores que afectan el reclutamiento de anchoveta**

Para analizar los factores que inciden en el reclutamiento de la anchoveta, se seleccionaron las siguientes variables climático-oceanográficas: temperatura promedio integrada en la columna de agua de 0-50 metros de profundidad, salinidad promedio 0-50 metros de profundidad; índice de turbulencia y transporte Ekman. Los datos utilizados en éste análisis corresponden a cruceros efectuados por IFOP en la zona norte de Chile; en el área donde se concentra el desove de la anchoveta, desde Arica a Iquique y desde la costa hasta las 20 millas náuticas.

En ésta área geográfica se estimaron estos índices correspondiente al mes de agosto, periodo donde ocurre la mayor proporción de la producción anual de huevos. El índice gonadosomático de la anchoveta presenta un patrón histórico para el periodo 1987 - 1996, en el cual se constata el valor máximo durante el mes de agosto (Fig. 63). En la Zona Norte, la anchoveta presenta un proceso de desove continuo desde agosto hasta febrero. Tiene un periodo de reposo sexual entre marzo y mayo y se inicia la vitelogénesis donde se incrementa el índice en los meses de mayo a julio. La anchoveta presenta variaciones del índice gonadosomático durante su periodo reproductivo debido a cambios en la estructura del stock desovante y a la dinámica de los grupos de edad que la conforman. Por otra parte existen variaciones de la fecundidad, frecuencia de desove, procesos que tienen relación con los factores ambientales que gatillan la reproducción.

Respecto a los cambios interanuales de las variables ambientales involucradas en el análisis ( Fig. 64 ); la temperatura presenta niveles altos en 1997 y en el periodo 1991-93, registrando niveles superiores a los 15° C.

Respecto a la salinidad exhibe cambios interanuales con dos mínimos en 1987 y 1990 con valores de 34,75%, siendo importante los máximos que se observan en el periodo 1992-94.

El índice de turbulencia presenta variaciones interanuales con máximos superiores a los 100 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup> en el período de 1991-94 y el transporte Ekman presenta un incremento importante en 1990-1991 con una estabilidad interanual para el periodo 1992-94.

El modelo de Ricker que se ajustó a la relación stock-recluta tuvo un coeficiente de determinación R<sup>2</sup>=0,34 ( Fig. 65A ); cabe mencionar que se descartó la estimación de

reclutamiento de 1996, obtenido por el ADAPT, del modelo se obtuvo un nivel de biomasa desovante crítica a los 3 millones de toneladas. Se pueden observar grandes variaciones interanuales en el reclutamiento y una tendencia declinante del stock desovante, el cual se acerca en el último año al valor crítico  $SD = 3,0$  millones de toneladas. Los mayores niveles de reclutamiento se registraron en los años 1991 y 1992 a tamaños intermedio de stock desovante. No obstante, los reclutamiento de 1993 y 1994 tienen magnitudes similares, a pesar de la gran discrepancia en los tamaños de los stock desovante.

En la relación de producción anual de huevos-reclutamiento, se observa un patrón idéntico, sin embargo el coeficiente de determinación mejora levemente  $R^2 = 0,35$ . También es posible determinar el tamaño crítico de la producción anual de huevos que genera el mayor reclutamiento, éste nivel es  $PAH_{\text{máx}} = 1E+16$ .

Al incorporar las variables ambientales descritas en la relación stock desovante-reclutamiento, el modelo incrementa el coeficiente de determinación  $R^2 = 0,48$  (Fig. 66). Es decir, existe un 52% de la varianza total que no es explicado por el modelo. Sin embargo es necesario analizar esta relación debido a que el logaritmo de la tasa de reclutamiento, se describe como una sumatoria de mortalidades independientes. Esta condición puede ocurrir en forma simultánea en el mar y los efectos combinados, constituirse en una fuente de mortalidad densoindependiente. En esta relación, la variable ambiental con mayor peso es la salinidad y la de menor incidencia en las variaciones del reclutamiento es el transporte Ekman.

Cuando se analiza el logaritmo de la tasa reclutamiento-producción anual de huevo, se observa que en el modelo se incrementa el coeficiente de determinación del modelo a  $R^2 = 0,492$ . Lo cual implica que existe 50,8% de varianza total no explicada; a pesar de ésto el comportamiento es bastante mejor que la aproximación anterior, no

obstante que la salinidad sigue manteniendo un mayor ponderador y en el transporte Ekman no se observa un impacto importante en el reclutamiento.

Cabe mencionar que estos análisis tienen restricciones debido al número de variables ambientales no puede ser mayor a la cantidad de observaciones (11 años) y por otra parte puede existir colinealidad entre las variables, es decir no permite efectuar la inversa de la matriz de correlación. Sin embargo, una alta correlación entre variables ambientales implica que su incorporación en el modelo reduce muy poco la varianza total.

No obstante los resultados anteriores, se efectuó el cálculo de las curvas de producción anual de huevos-reclutamiento de la anchoveta del sur de Perú y norte de Chile. En esta relación se utilizaron las variables ambientales de temperatura y salinidad correspondiente a la columna de agua desde 0 a 50 m. de profundidad, correspondiente al área 0-20 mn de la costa. Además, se incorporaron los índices de turbulencia y transporte Ekman.

A diferencia de los cálculos anteriores, para estimar el modelo de regresión múltiple se desfasó temporalmente la información ambiental. El mejor ajuste de la regresión lineal múltiple se logró al desfasar en un mes las variables ambientales y se obtuvo un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,72$ . Es decir, la tasa de mortalidad total de los reclutas de anchoveta, se explica por las condiciones ambientales que predominan en el mar durante septiembre de cada año. Sin embargo, en los meses siguientes el coeficiente de determinación disminuye notablemente. Los valores obtenidos para los diferentes meses fueron los siguientes: octubre  $R^2=0,66$ ; noviembre  $R^2=0,49$  y Diciembre  $R^2=0,56$ . También se calculó el modelo de regresión lineal múltiple con los valores promedios de las

variables ambientales correspondientes al período agosto-diciembre; obteniéndose un coeficiente de determinación  $R^2=0,45$ .

El modelo de producción anual de huevos-reclutamiento de la anchoveta, con mayor coeficiente de determinación  $R^2=0,72$ , debe utilizarse y es el siguiente:

$$R = 0,462651158 * PAH * \exp(-1,54212E12 * PAH) * \exp(0,502329552(T-TPR)) * \exp(0,4900967(S-SPR)) * \exp(-0,044097877(IT-ITPR)) * \exp(0,017340278(EK-EKPR))$$

Donde:

- R = Reclutamiento en número de anchovetas
- PAH = Producción anual de huevos estimada en agosto de cada año.
- T = Temperatura del mar durante septiembre desde los 0-50 m. de profundidad, 0-20 mn de la costa en la Zona norte de Chile.
- TPR = Temperatura promedio del mar durante septiembre desde los 0-50 m. de profundidad, 0-20 mn de la costa en la Zona Norte de Chile, correspondiente a la serie (1984-1994)
- S = Salinidad del mar durante septiembre desde los 0-50 m. de profundidad, 0-20 mn de la costa en la Zona Norte de Chile.
- SPR = Salinidad promedio del mar durante septiembre desde los 0-50 m. de profundidad, 0-20 mn de la costa, correspondiente al serie (1984-1994)
- IT = Índice de turbulencia en septiembre
- ITPR = Índice de turbulencia promedio de septiembre, serie(1984-1994)
- EK = Transporte Ekman en septiembre
- EKPR = Transporte Ekman promedio de septiembre, serie(1984-1994).

Cabe mencionar que la ecuación anterior en términos logarítmicos, representa la mortalidad total de las anchovetas, desde el desove hasta el reclutamiento. En ese contexto, el signo y la magnitud de los coeficientes de la regresión múltiple indican si el factor biológico o ambiental incide en forma positiva o negativa y su ponderación relativa respecto a la mortalidad total. Por ejemplo, los valores negativos tienden a disminuir la tasa de mortalidad total de la anchoveta, entre ellos se encontraría el factor biológico de la producción anual de huevos y como factor ambiental el índice de turbulencia. Este resultado puede considerarse contradictorio en el sentido que los índices de turbulencia tienden a disminuir la sobrevivencia de la anchoveta, sin embargo, el análisis señala que los índices de turbulencia obtenidos en estos años han favorecido el reclutamiento. La magnitud del coeficiente de regresión múltiple más relevante de la regresión es la producción anual de huevos y además explica el 35% de la variación total.

Los factores ambientales que aumentan la mortalidad de la anchoveta son las anomalías de temperatura, las anomalías de salinidad y el transporte Ekman, siendo el factor ambiental más relevante las anomalías de temperatura. Cabe mencionar que los factores ambientales en conjunto explican un 37 % de la varianza total de la regresión múltiple.

Al respecto, es importante destacar que el reclutamiento es un proceso complejo en animales con estadios de desarrollo planctónicos y no debemos esperar que un sólo factor que afecte los primeros estadios de desarrollo domine el proceso completo de sobrevivencia desde huevo hasta el reclutamiento (Lazzani *et al.*, 1997).

En nuestro estudio hemos analizado cuatro variables ambientales y en un examen exploratorio se ha tenido un avance importante. Sin embargo, se deben incorporar otros factores biológicos a esta relación como el canibalismo y la depredación

sobre las larvas y juveniles de anchoveta, así como también el estudio de la producción del sistema. El éxito del reclutamiento de la anchoveta no sólo está afectado por el ambiente, también existen efectos bióticos, interacciones competitivas entre las especies, la alteración del stock desovante por efecto de la pesca que deben ser estudiados. Estos resultados son el inicio de una línea de investigación que debe desarrollarse en el país.

## IX. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos y discutidos permiten concluir que:

1. La biomasa fitoplanctónica presentó los valores más altos, entre las transectas 1 a la 28 (Arica al sur de caleta Patache), con valores de concentración que alcanzan los  $8 \text{ mg/m}^3$  en el estrato 5 - 10 m, pudiendo alcanzar los  $2,5 \text{ mg/m}^3$  a 25 m. Hacia el sur (transectas 31 a la 46) la cloa tiende a situarse casi homogéneamente entre la superficie y los 10 m con valores que ocasionalmente llegan a  $4 \text{ mg/m}^3$ , siendo aún inferior a  $2,5 \text{ mg/m}^3$  al sur de la latitud  $22^{\circ}30' \text{ S}$ .
2. La temperatura superficial observada en el área, son similares que los reportados en 1971, 1980, 1987, 1988 y 1990; superiores en  $1^{\circ}\text{C}$  que los años 1969, 1970, 1972, 1974 y 1984; inferiores en  $1^{\circ}\text{C}$  que los años 1968, 1973, 1986 y 1991 e inferiores en  $2^{\circ}\text{C}$  con respecto a los años 1982 y 1983, correspondiendo estos últimos a años cálidos. La profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$ , corresponde a los valores normales.
3. En superficie la masa de agua AST-1 aparece débilmente en el área de estudio, junto con el AESS, participan en la mezcla de agua entre la costa y las 10 mn. El AESS alcanza la superficie producto del ascenso en algunos sectores costeros, ésto se aprecia en las transectas 10, 19, 46, 61 y 64, en las transectas restantes el aporte a superficie de esta masa de agua es nulo o casi nulo.
4. Existen diferencias significativas en la distribución de longitudes de anchoveta de los cruceros realizados en enero y noviembre de 1996, en la cual se constata que hay un marcado incremento de los reclutas a fines de 1996 tanto en número

como en peso, lo que implica el ingreso a la pesquería de una clase anual importante.

5. Existe una segregación espacial de los reclutas de anchoveta en la zona de estudio. En las zonas de Arica e Iquique prevalecieron reclutas, en cambio en las zonas de Antofagasta se caracteriza por la presencia de ejemplares adultos.
6. El análisis de los pesos promedios por estrato de longitud indica que existen diferencias significativas entre las zonas de pesca y entre los cruceros RECLAN9501, RECLAN9601 y RECLAN9611. Además, existen diferencias significativas en los pesos promedios por clase de longitud lo cual permite inferir un posible efecto densodependiente del crecimiento somático.
7. Durante el crucero RECLAN9611, las anchovetas adultas se encontraron en estado 3 y 5, coincidiendo con el patrón anual de reproducción. Sin embargo presentaron diferencias importantes respecto al crucero RECLAN9501 en que estaba el 90 % desovadas.
8. Durante el crucero RECLAN9611 la proporción sexual fue de 0,53, sin embargo se observó un marcado predominio de las hembras a longitudes mayores a los 16,0 cm.
9. Los factores ambientales que afectan el reclutamiento de la anchoveta fueron analizados desde la producción anual de huevos hasta el reclutamiento según el modelo de regresión múltiple que contabilizó el 72%, de la variación total. Los factores biológicos contabilizaron un 35% de esa variación y los factores ambientales de septiembre un 37%.

Este alto porcentaje de variación del reclutamiento que es explicado por las variables ambientales (temperatura, salinidad, índice de turbulencia y transporte Ekman) implica que se debe realizar mayor investigación básica y aplicada para ser incorporadas en un modelo de carácter predictivo o explicativo, útiles para la Administración del recurso. Lo anterior implica que debe desarrollarse una línea de investigación en el país.

10. La biomasa de anchoveta en la primavera de 1996 alcanzó a 479.822 t, con un coeficiente de variación de 0,21, siendo 277 % mayor que el alcanzado en el verano de 1996 (102.010 t, valor corregido por diferencias en el TS), y es comparable con el estimado integrado en las dos subzonas en el verano de 1995 (RECLAN 9501)
11. La biomasa de los reclutas alcanzó a 122.643 t, con un Coeficiente de Variación de 0,41, apreciándose que el valor obtenido en el presente crucero es un 44,9 % inferior que el estimado en el verano de 1995 y sobre el 1100% superior que el valor estimado en el verano de 1996.
12. La abundancia de anchoveta en número alcanzó a  $3,778126 \times 10^{10}$  individuos, con un CV de 0,83 y la abundancia de los reclutas de anchoveta alcanzó a  $2,404755 \times 10^{10}$  individuos, con un CV 0,76.
13. La anchoveta presentó una distribución espacial altamente asociada a la costa en que los límites occidentales de las mayores concentraciones no superaron las 5 mn, presentando una alta concentración entre punta Patillo y punta Chilena, cercana a la desembocadura del río Loa. Los reclutas presentaron una segregación espacial en el sentido latitudinal y longitudinal, concentrándose hacia la costa y al norte de punta Chilena.

La distribución espacial de la biomasa en los cruceros RECLAN 9501, 9601 y 9611, permite identificar claramente que la zona del río Loa constituye una importante área de concentración de la biomasa de anchoveta, sugiriendo que en los cruceros RECLAN 9501 y 9611, este sector correspondió a un área de crianza.

14. En el sentido batimétrico la anchoveta en la primavera de 1996 (RECLAN 9611) se ubicó en profundidades levemente mayores que en el verano del mismo año (RECLAN 9601) (7 a 30 m, respecto a 5- 25 m), observándose que las mayores frecuencias de cardúmenes en ambos casos estuvieron asociadas a las isotermas de 14 a 16°C, isohalinas de 34,6 a 34,8 psu y oxilíneas de 2,0 a 4,5 ml/l.
15. Los Índices de Cobertura (IC) y Densidad (ID) fueron 18,9% y 640,9 t/mn<sup>2</sup>, registrándose hasta 1.596,7 t/mn<sup>2</sup> en el sector de mayor concentración.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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.
- Bakun, A. and R. Parrish. 1980. Environmental input to fishery populations models for eastern boundary current regions. *IOC Wokshops Reports* 28:67-104.
- Bakun, A. and R. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru current systems. *CalCOFI rep.*, Vol XXIII, 99-112.
- Barber, T. and L. Smith. 1981. Coastal Upwelling Ecosystem. In *Analysis of Marine Ecosystem*. De. A.R. Longhurst. Academic Press 31-67.
- 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 strengths of three loosely aggregated pelagic fish species. *ICES journal of Marine Science*, 53:225-232, 1996.
- Barria, 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. 1995. Investigación Evaluación del stock de anchoveta 1994, I y II región. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 27 pp. 17 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. y R. Serra. 1991. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales. Zona Norte. Evaluación de Stock. SGI-IFOP 92/1. 51 p.
- 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.
- Bergh, M.O. and D.S. Butterworth 1987. Toward rational harvesting of the south african anchovy considering survey imprecision and recruitment variability. The Benguela and Comparable Ecosystem Payne, A.I.L., Gulland, J.A. and K.H. Brink (Eds). S. Afr. J. mar. Sci. 5: 937-951.
- Blanco, J.L. 1995. Variabilidad térmica y salina en la zona norte de Chile. Periodo 1964 - 1995. Informe interno para 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.
- 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 M. Díaz. 1985. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-83 en la zona norte de Chile. *Inv. Pesq. (Chile)* 32:53-60.
- Blanco, J. L. 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.
- Blaxter, J.H.S. y J.R. Hunter. 1982. The biology of the clupeoid fishes. *Advances in marine Biology*, 20:1-223.
- Brandhorst, W. 1965. "Die chilenische Fischerei und ihre weiteren Entwicklungsaussichten". *Ber. üb. Landw.* 43 (1): 148-197, Bonn.
- Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso. 14(3): 45-84.

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

Informe Final Proyecto del Fondo de Investigación Pesquera. 152 pp

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.

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

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., 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., J. Cordova, S. Lillo y M.A. Barbieri. 1996. Evaluación y distribución especial del reclutamiento de anchoveta. En: Informe Final Proyecto FIP 95-02. "Evaluación del Reclutamiento de Anchoveta en la Región I y II. Instituto de Fomento Pesquero Chile, 116 p+anexo.

- 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.
- Cordova, J., J. Castillo, A. Paillaman y S. Lillo. 1995. Evaluación Hidroacústica y distribución del recurso. En: Estimación del reclutamiento de anchoveta de la zona norte (I y II Regiones). Informe Final de Proyecto FIP 035-94-01. 122 p+71 figs.
- 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.
- Cruickshank, R.A., I. Hampton and M.J. Armstrong. 1990. The origin and movements of juvenile anchovy in the orange river region as deduced from acoustic surveys. *S. Afr. J. mar. Sci.* 9: 101 - 114.
- 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.
- 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.
- Duncombe Rae, C.M., A.J. Boyd and R.J.M. Crawford. 1992. "Predation" of anchovy by Agulhas ring: A possible contributory cause of the very poor year-class of 1989. *The Benguela and Comparable Ecosystems* Payne, A.I.L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (Eds), *S. Afr. J. mar Sci.* 12: 167 - 173.
- 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.

- Fischer, W. 1958. Huevos, crías y primeras prelarvas de la "anchoveta" (*Engraulis ringens*) Jenyns. Rev. Biol. 8 (1,2 y 3):111-124.
- 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.
- Foote, K. 1981. Echo sounder measurements of backscattering cross sections of elastic spheres. Fiskeri og Havet Ser, B, 1981 (6): 1 - 107.
- Foote, K. 1983. Journal of the Acoustical Society of America, Maintaining precision calibrations with optimal cooper spheres.
- Foote, K., A. Aglen, and O. Nakken. 1986 Measurements of fish target strength with a split beam echo sounder. J. Acoust. Soc. Am. 80 (2), August 1986. 612-621.
- Foote, K. 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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 Strenght 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 and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York, 570 pp.
- Hunter, J. S. and S.R. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax* during the 1979 spawning season. Calif. Coop. Oceanic Fisheries Invest. Rept. 21:139 - 149.
- Hunter, J.R. and C.A. Kimbell 1980. Egg cannibalism in the northern anchovy *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin U.S. 78:811-816.
- 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.
- 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 Reviews 15. 351p. Instituto del mar del Peru (IMARPE).
- 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 Reün Cons. Inst. Explor. Mer 173:212-230.
- Lasker, R. 1985. What limits clupeoid production? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl 1):31-38.

- Lazzari, M; Stevenson, D. and S. Ezzy. 1997. Physical environmental and recruitment variability of Atlantic herring, *Clupea harengus*, in the Gulf of Maine. Fishery Bulletin 95(2): 376-385.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- Peterman, R.M. y M.J. Bradford. 1987. Wind speed and mortality rate of a marine fish, the northern anchovy (*engraulis mordax*). *Science*. 235(4786):234-236.
- 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.
- Robles, F. E. Alarcón y A. Ulloa. 1974. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969, 1971-1973). Reunión de trabajo sobre el fenómeno de El Niño. Guayaquil - Ecuador, diciembre 1974. Santiago de Chile IFOP. 144p.
- Robotham, H and J. Castillo. 1990. The bootstrap method: an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. *Rapp. P.-v. Reún. Cons. int. Explor. Mer*, 189: 421 - 424.
- Roy, C., P. Cury and S. Kifani. 1992. Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. *The Benguela and Comparable Ecosystem* Payne, A. I. L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (Eds). *S. Afr. J. mar. Sci.* 12: 135 - 146.
- 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.

- Sievers, H. y N. Silva. 1975. Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico Sudoriental. Latitudes 18°S - 33°S. Operación oceanográfica MARCHILE VII. Cienc. 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.
- Smith, P.E. 1985. Year- class strenght and survival of 0-group clupeoids. Can J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl 1): 69-82.
- UNESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°37.
- Walters, C. J. 1981. Optimum escapements in the face of alternative recruitment hypothesis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 678- 689.
- Zar, Jerrold H. (1974). Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clifs, N. J.

# FIGURAS

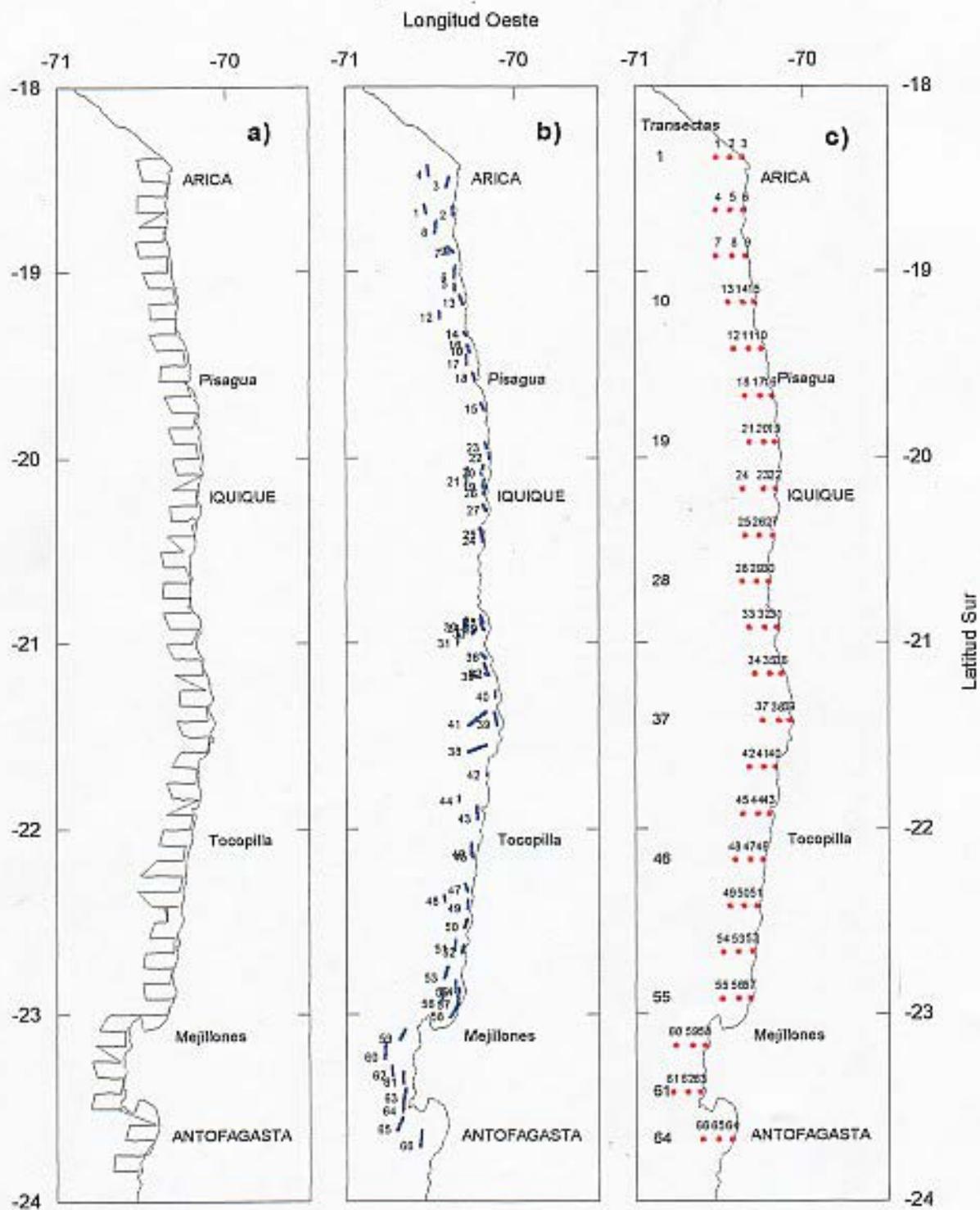


Fig. 1. a) Track de navegación; b) ubicación de los lances de pesca y c) posición de las estaciones oceanográficas. Crucero RECLAN9611, noviembre - diciembre 1996.

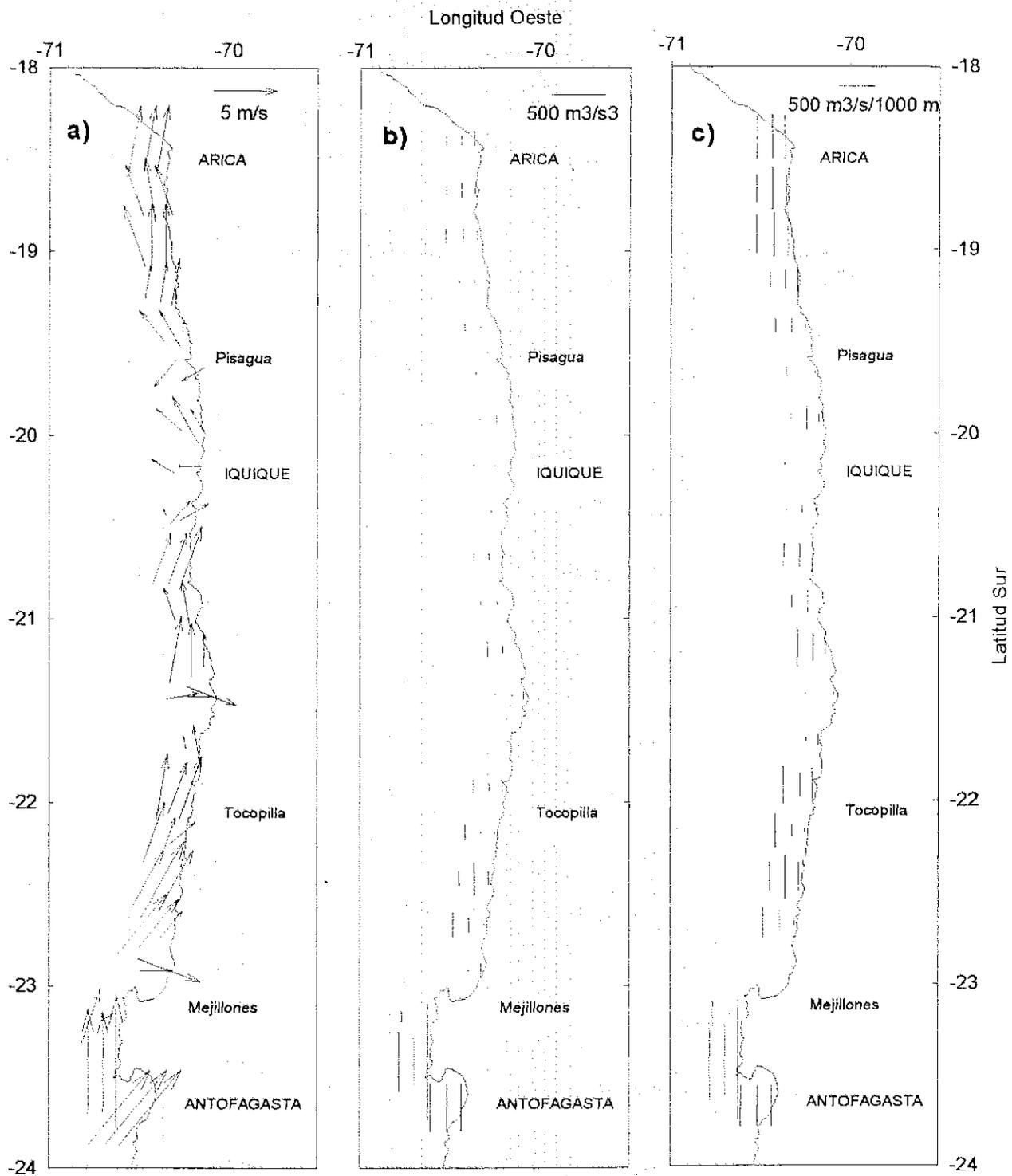


Fig. 2.- a) dirección e intensidad del viento, b) índice de turbulencia y c) índice de surgencia en las estaciones oceanográficas. Crucero RECLAN9611, noviembre - diciembre 1996.

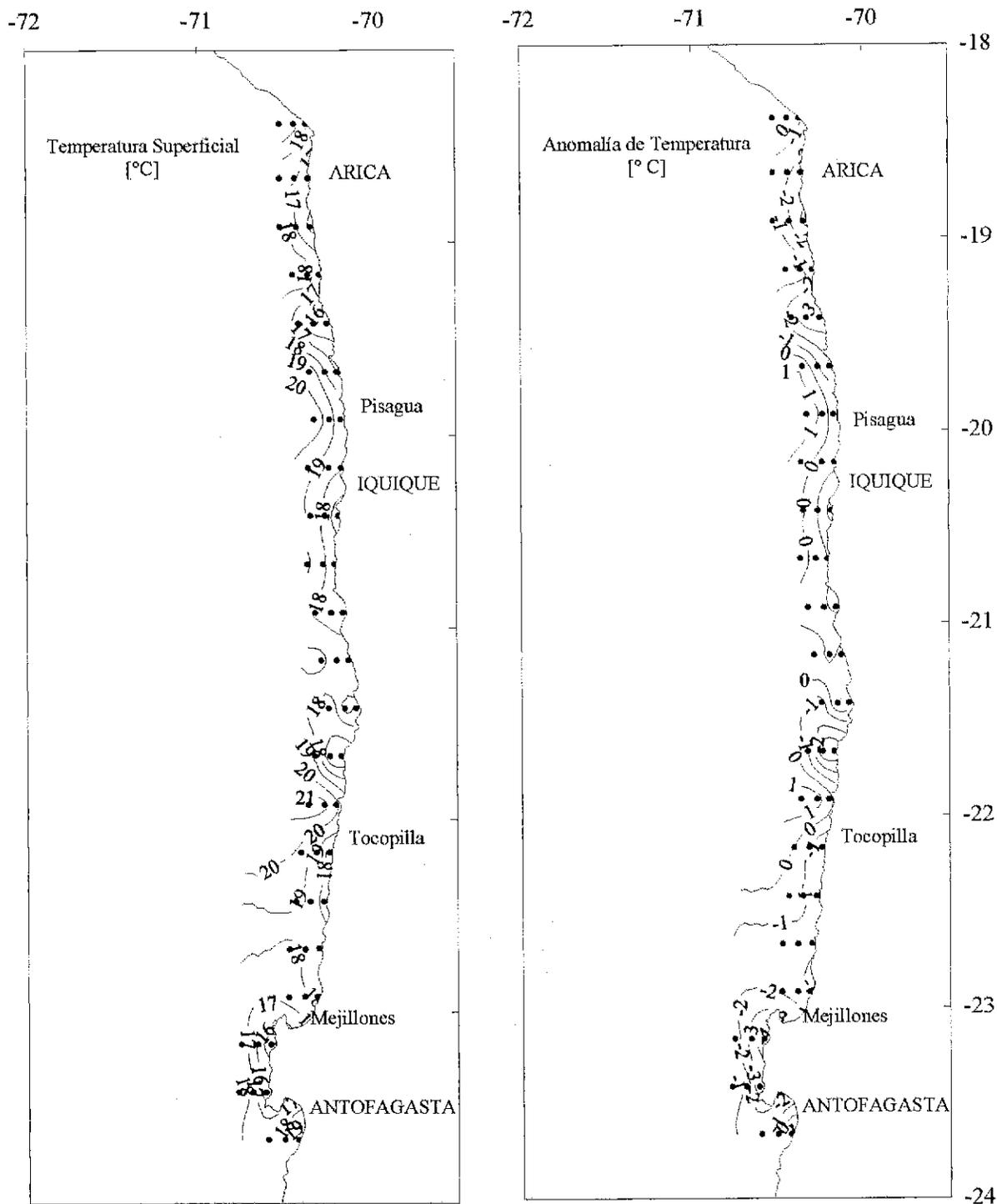


Fig. 3. Distribución superficial de temperatura y de la anomalía de la temperatura. Crucero RECLAN9611. Noviembre - diciembre de 1996.

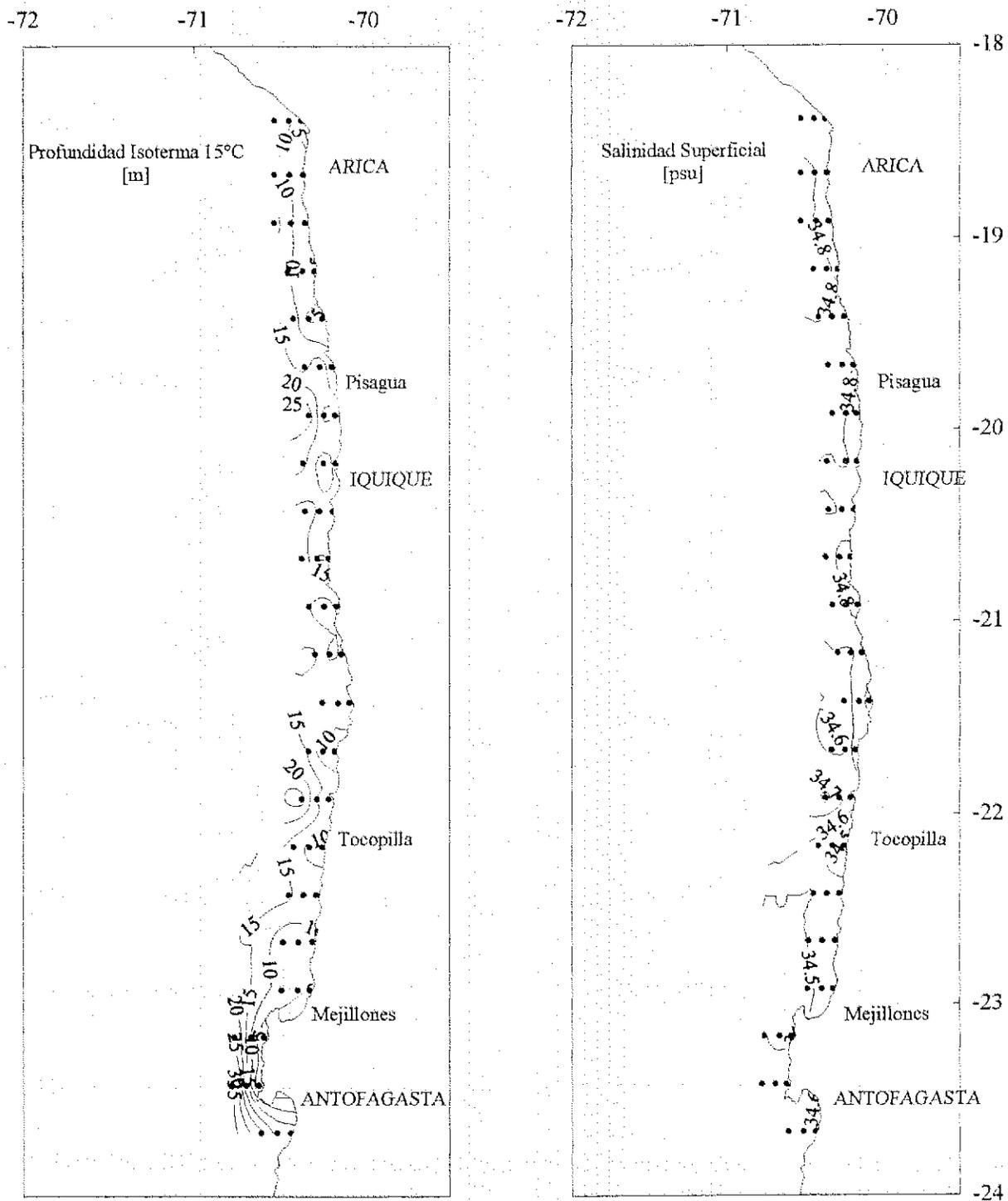


Fig. 4. Profundidad de la isoterma de 15°C y Salinidad superficial. Crucero RECLAN9611. Noviembre - diciembre 1996.

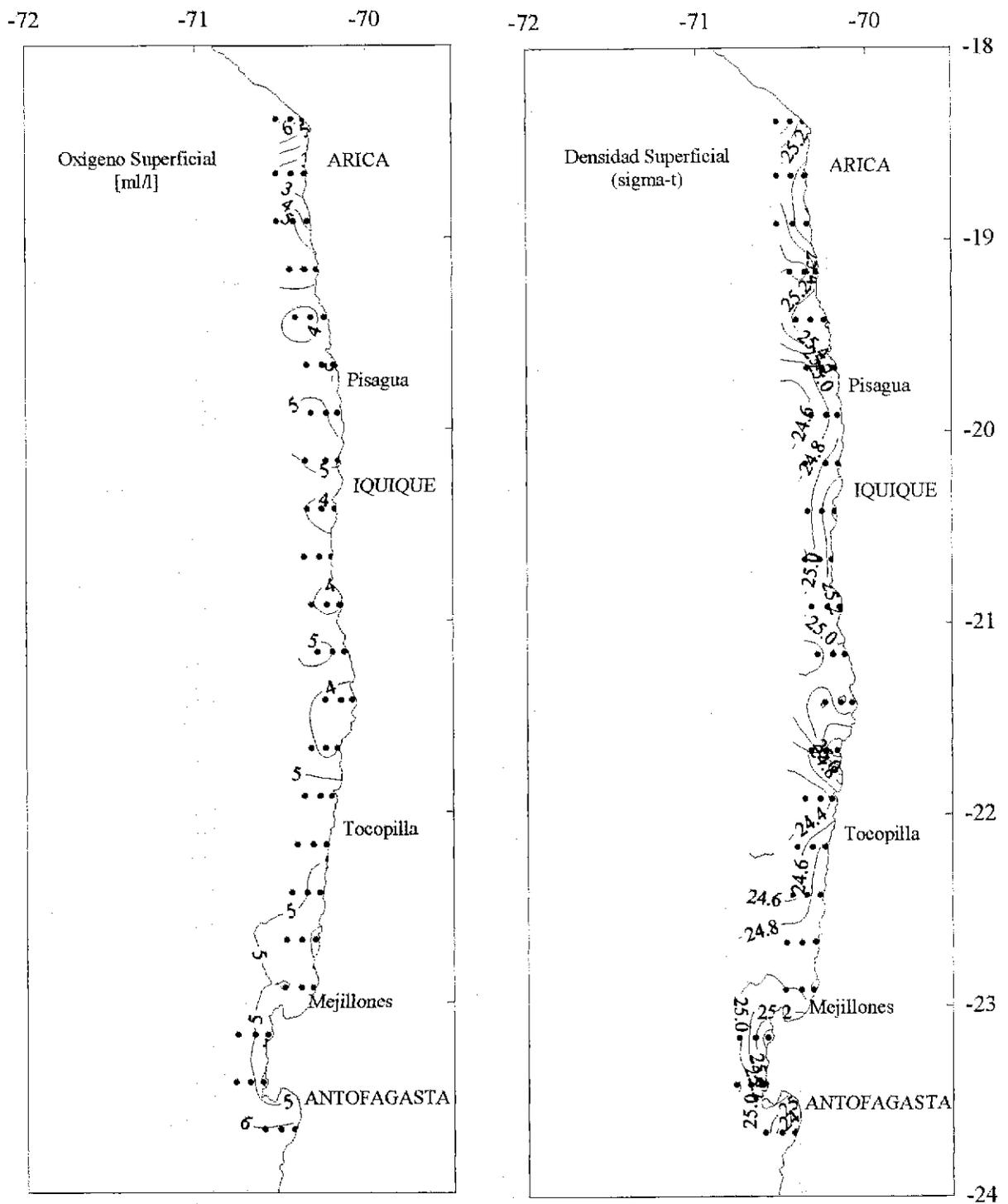


Fig. 5. Distribución superficial de oxígeno disuelto y densidad (sigma-t) a 0 m. Crucero RECLAN9611. Noviembre - diciembre 1996.

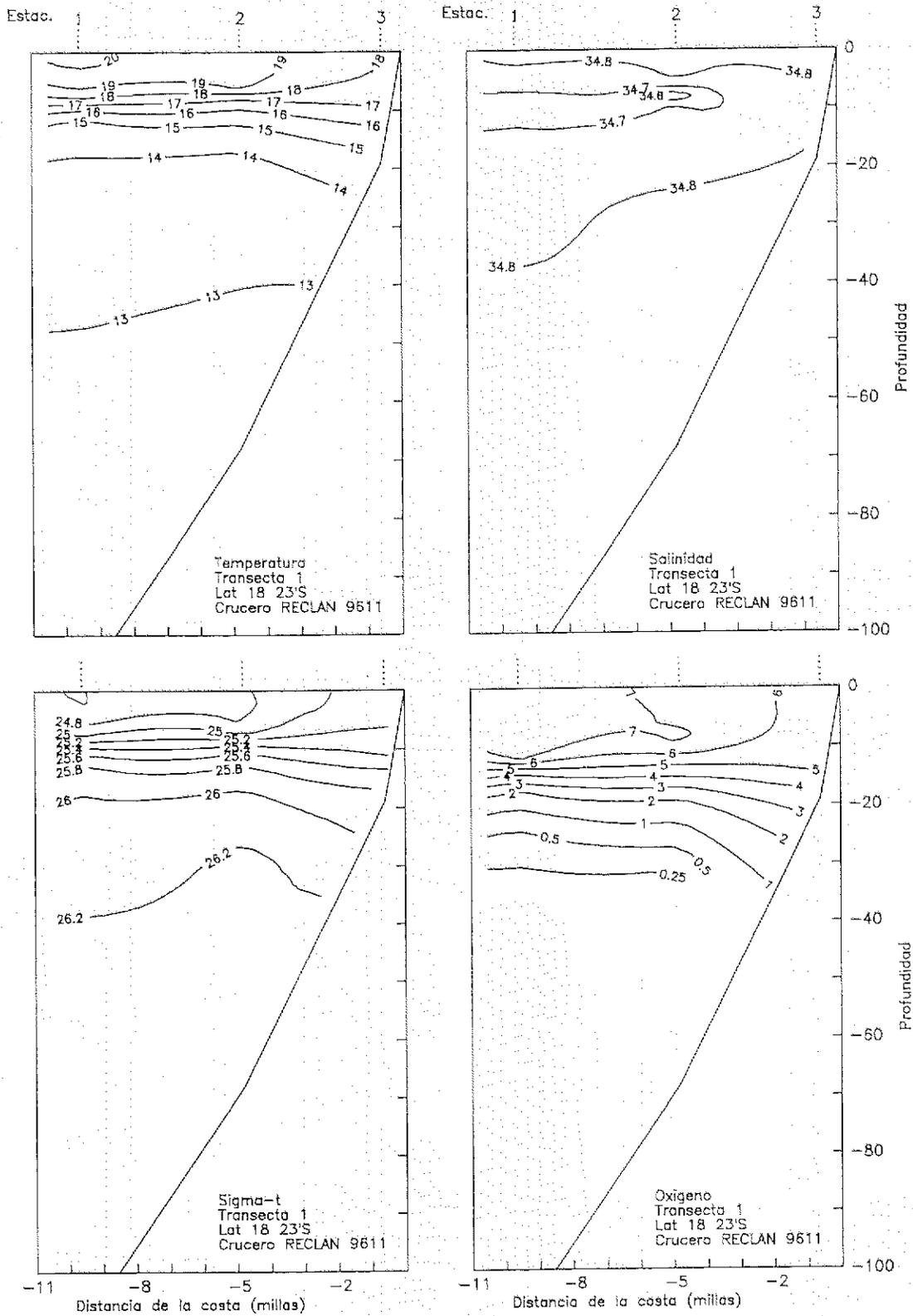


Fig. 6.- Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 1. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.

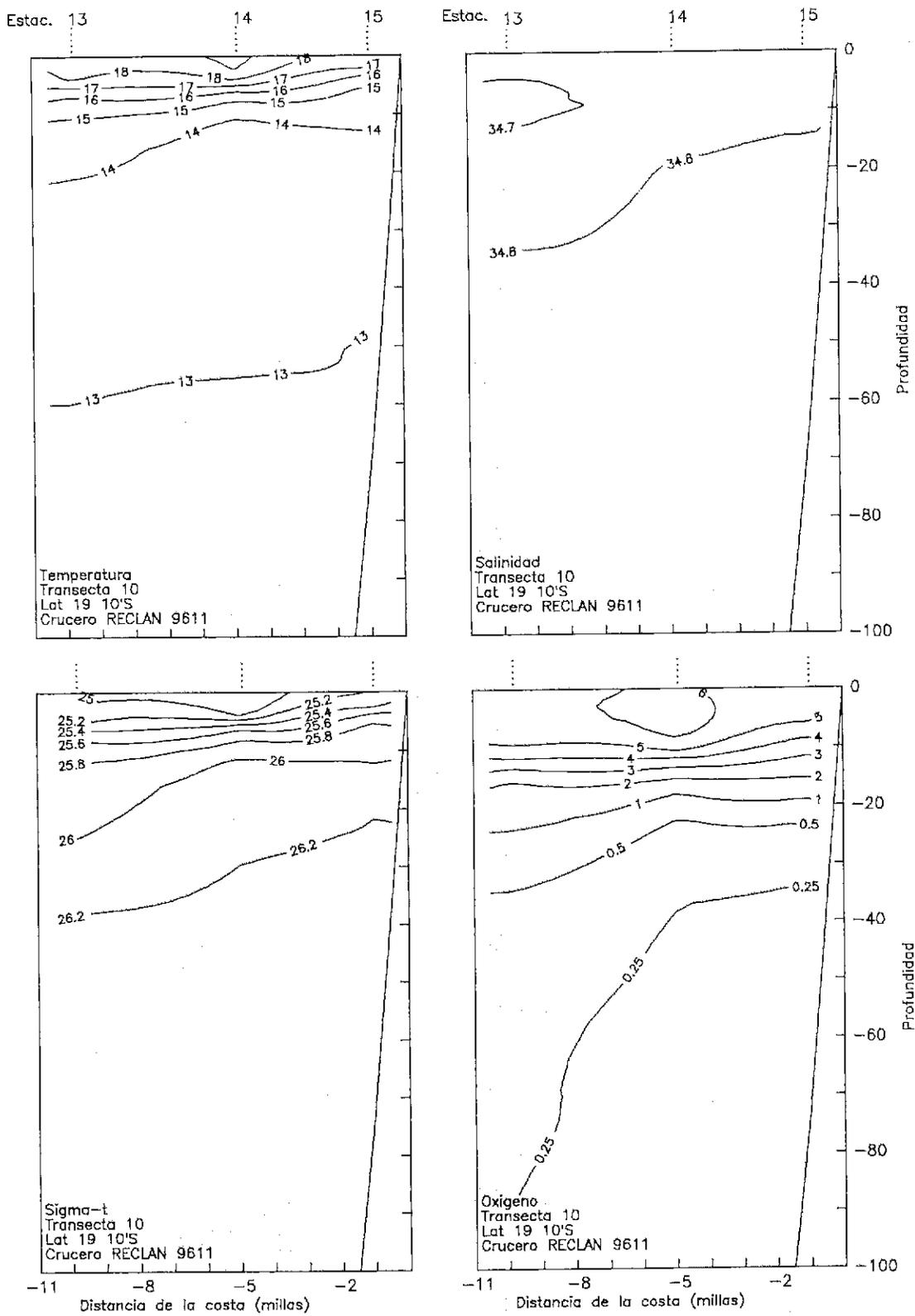


Fig. 7.- Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 10. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.

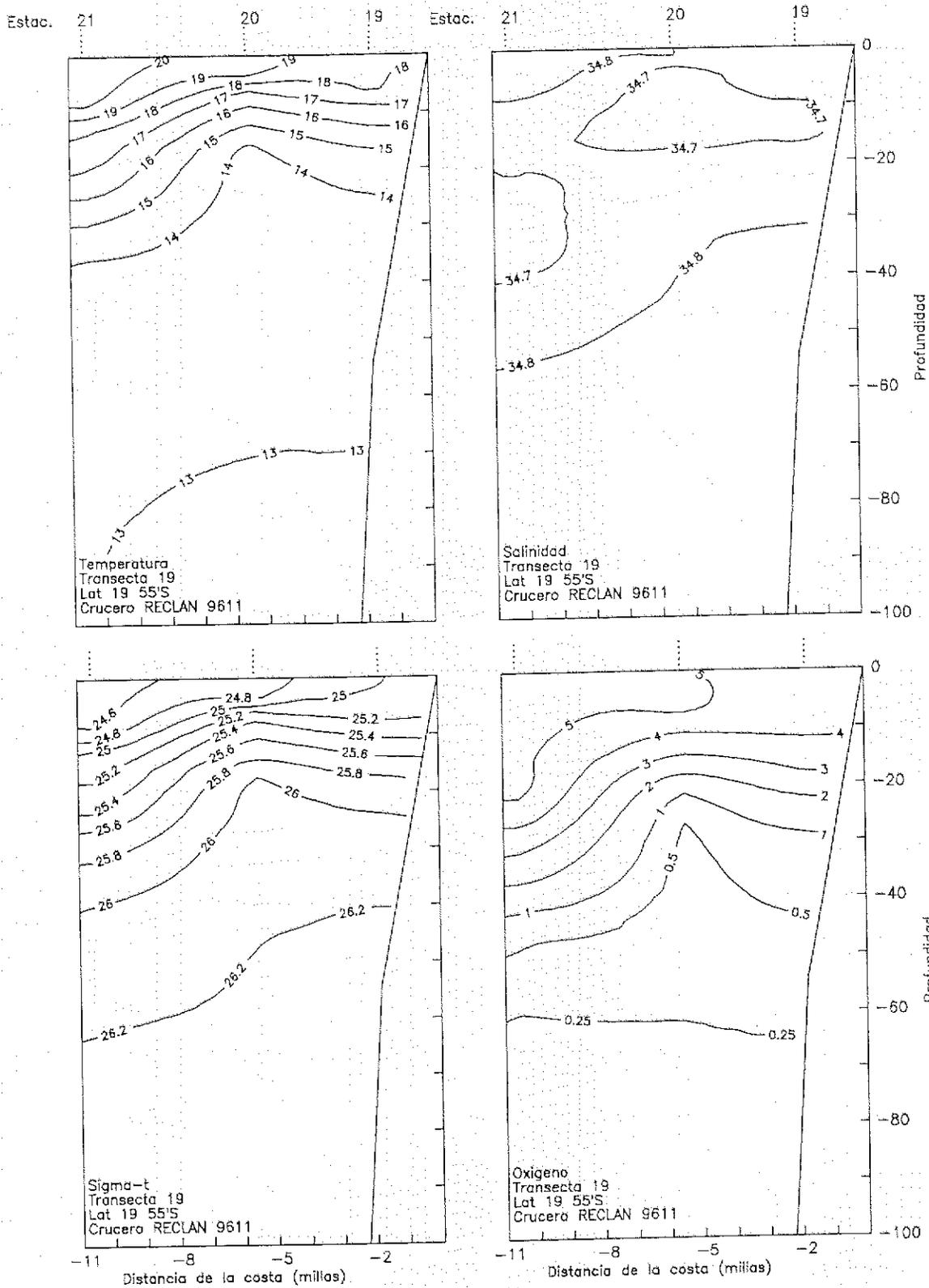


Fig. 8.- Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 19. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.

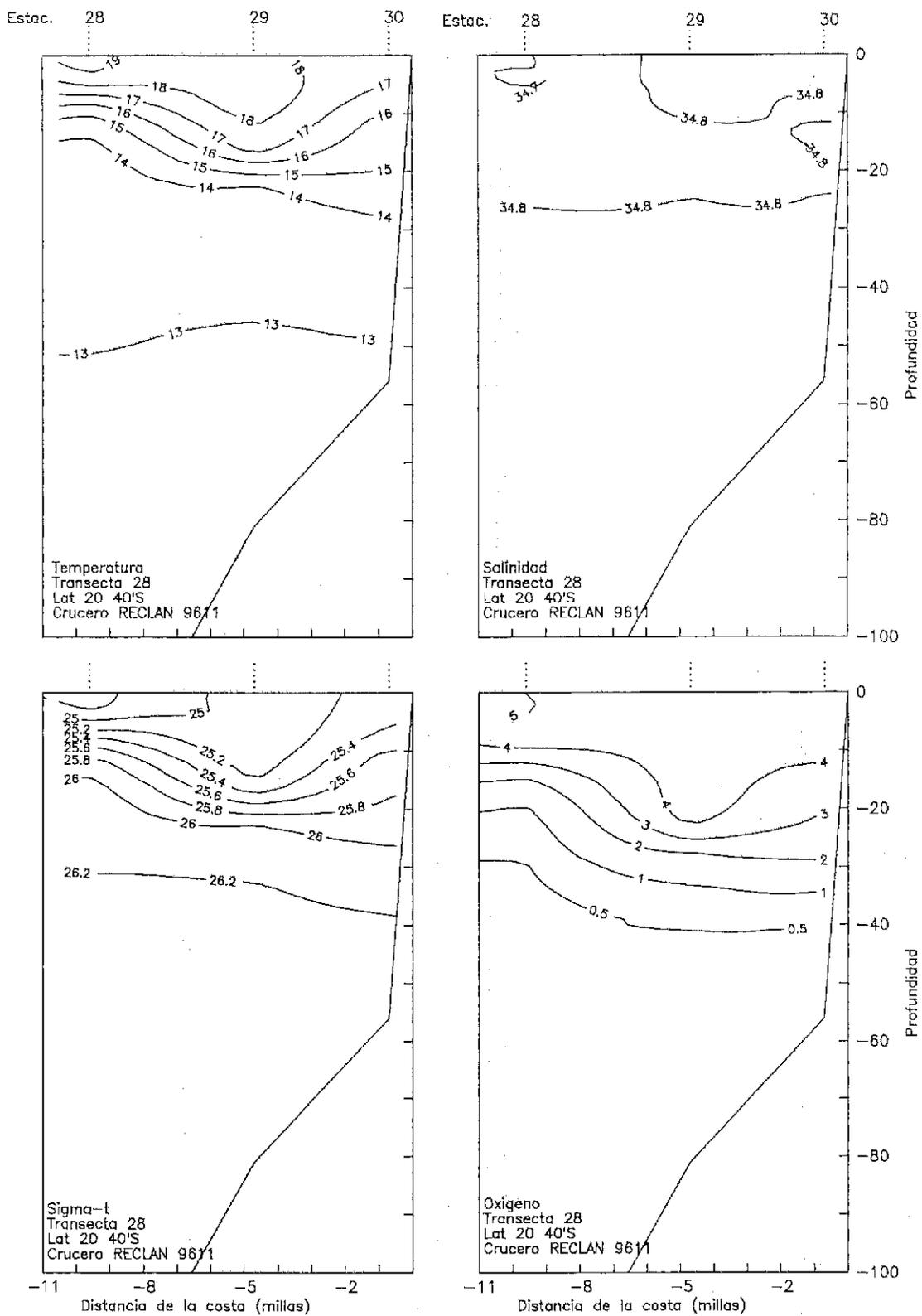


Fig. 9.- Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 28. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.

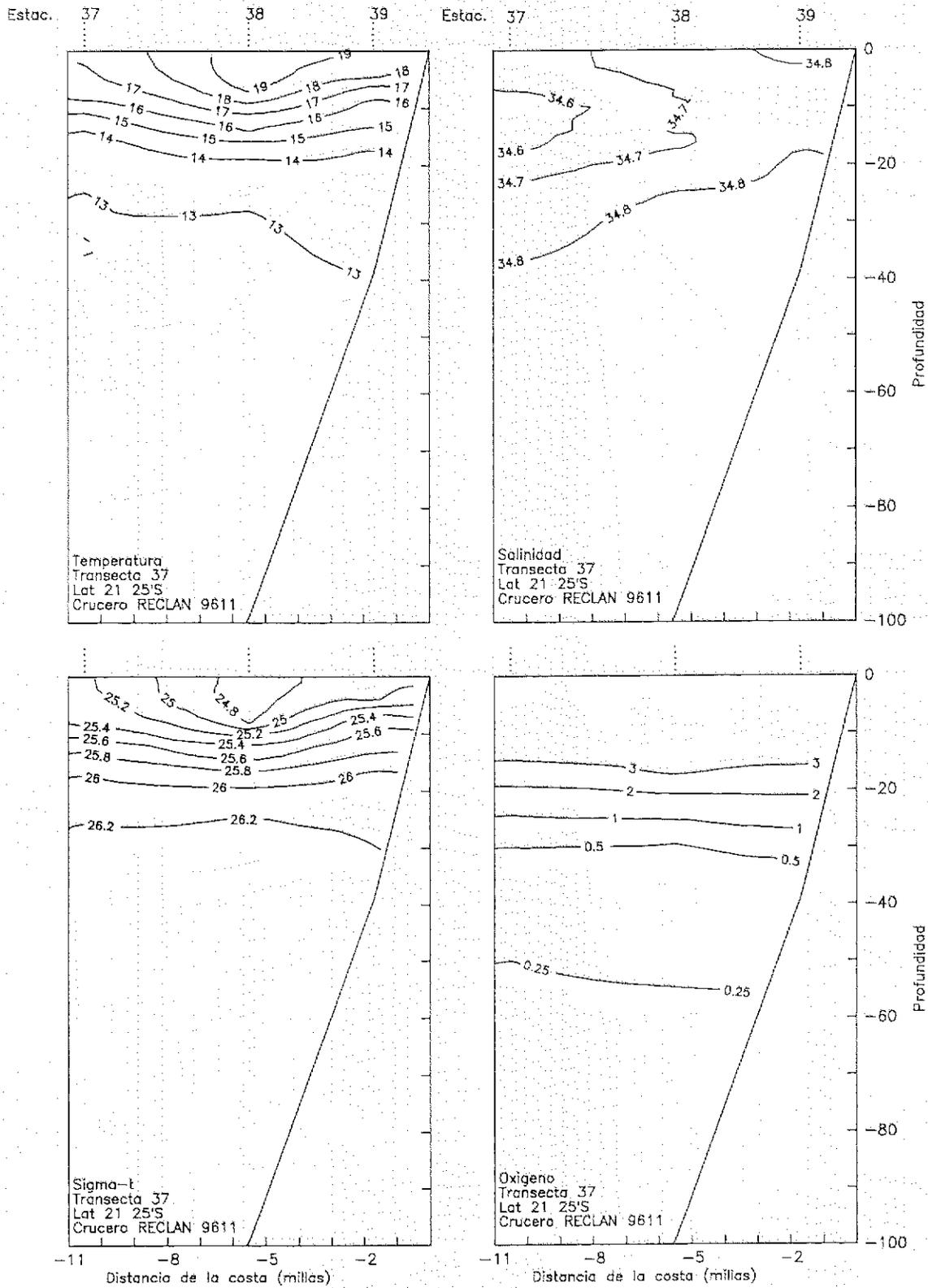


Fig. 10.- Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 37. Crucero RECLAN 9611. Noviembre 1996.

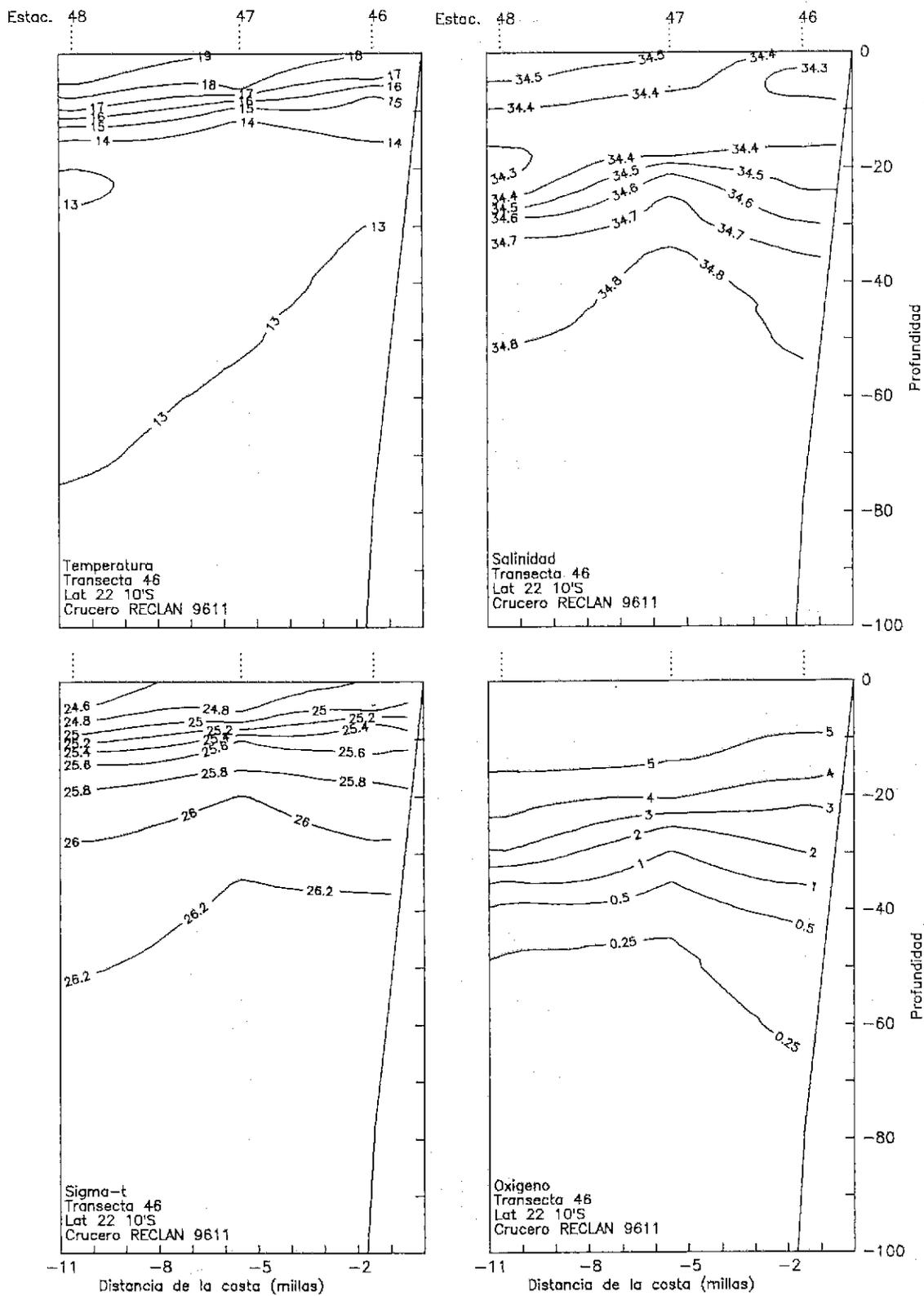


Fig. 11.- Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 46. Crucero RECLAN 9611. Diciembre 1996.

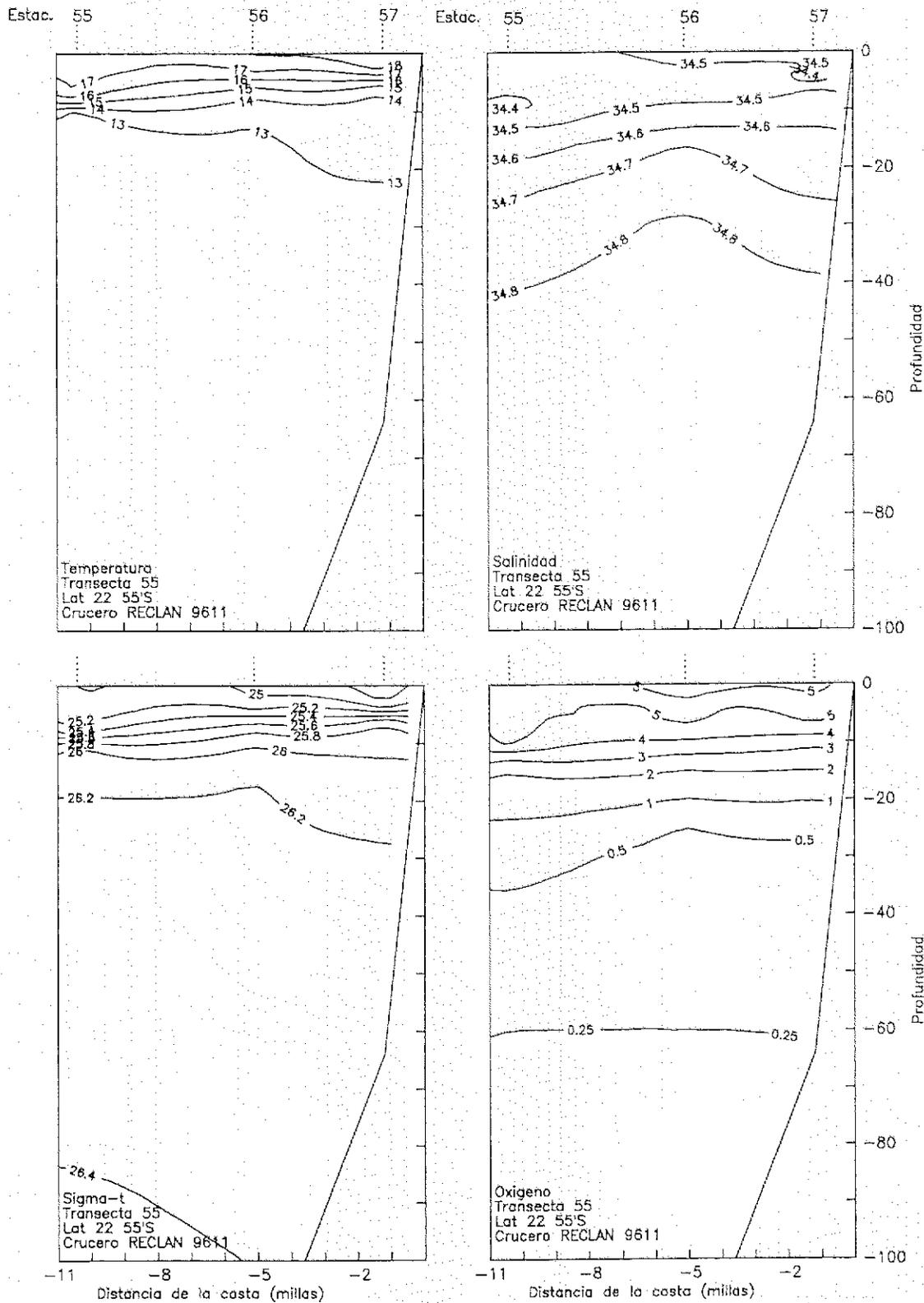


Fig. 12.- Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 55. Cruceiro RECLAN 9611. Diciembre 1996.

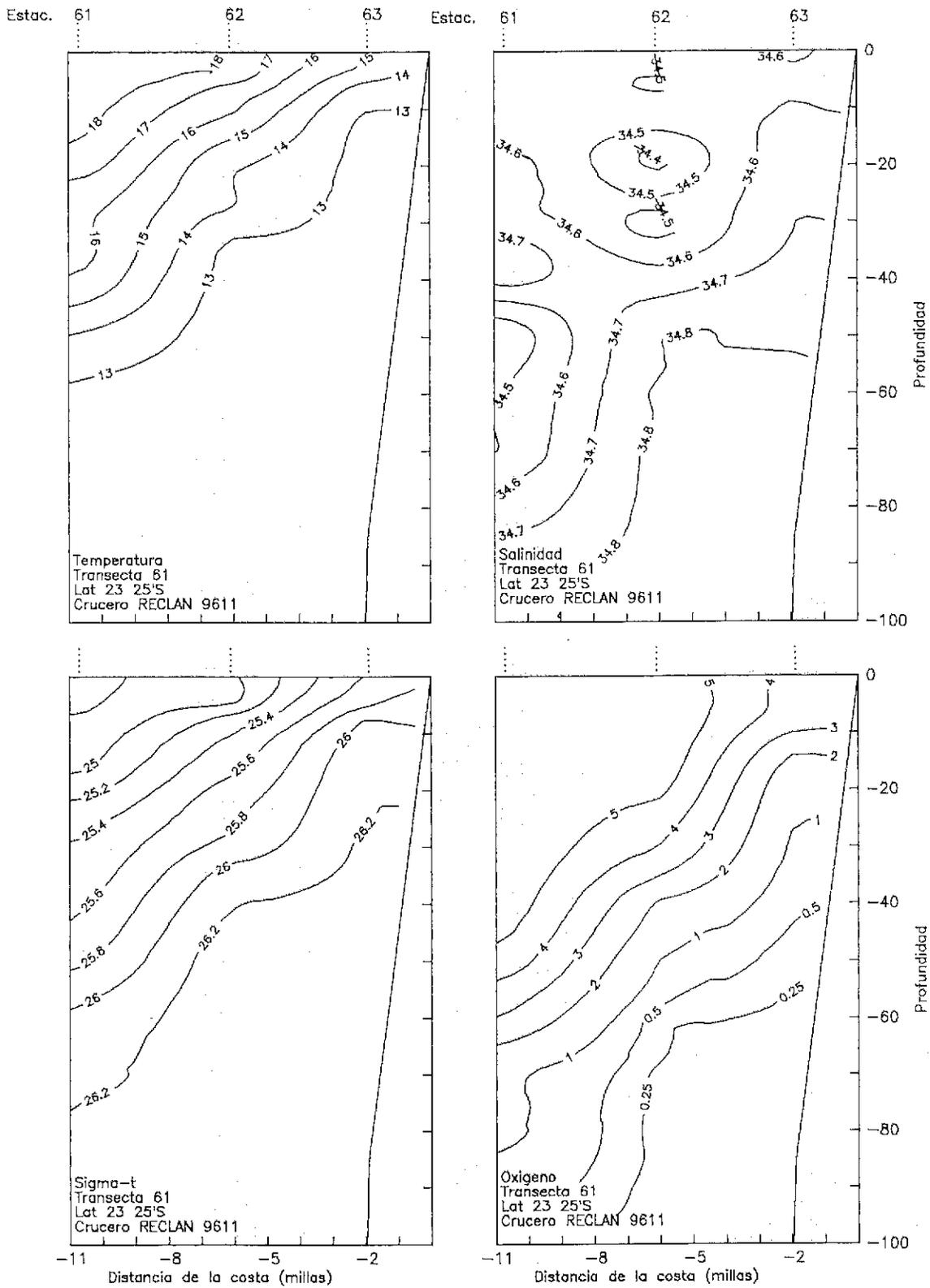


Fig. 13.- Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad (sigma-t) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 61. Crucero RECLAN 9611. Diciembre 1996.

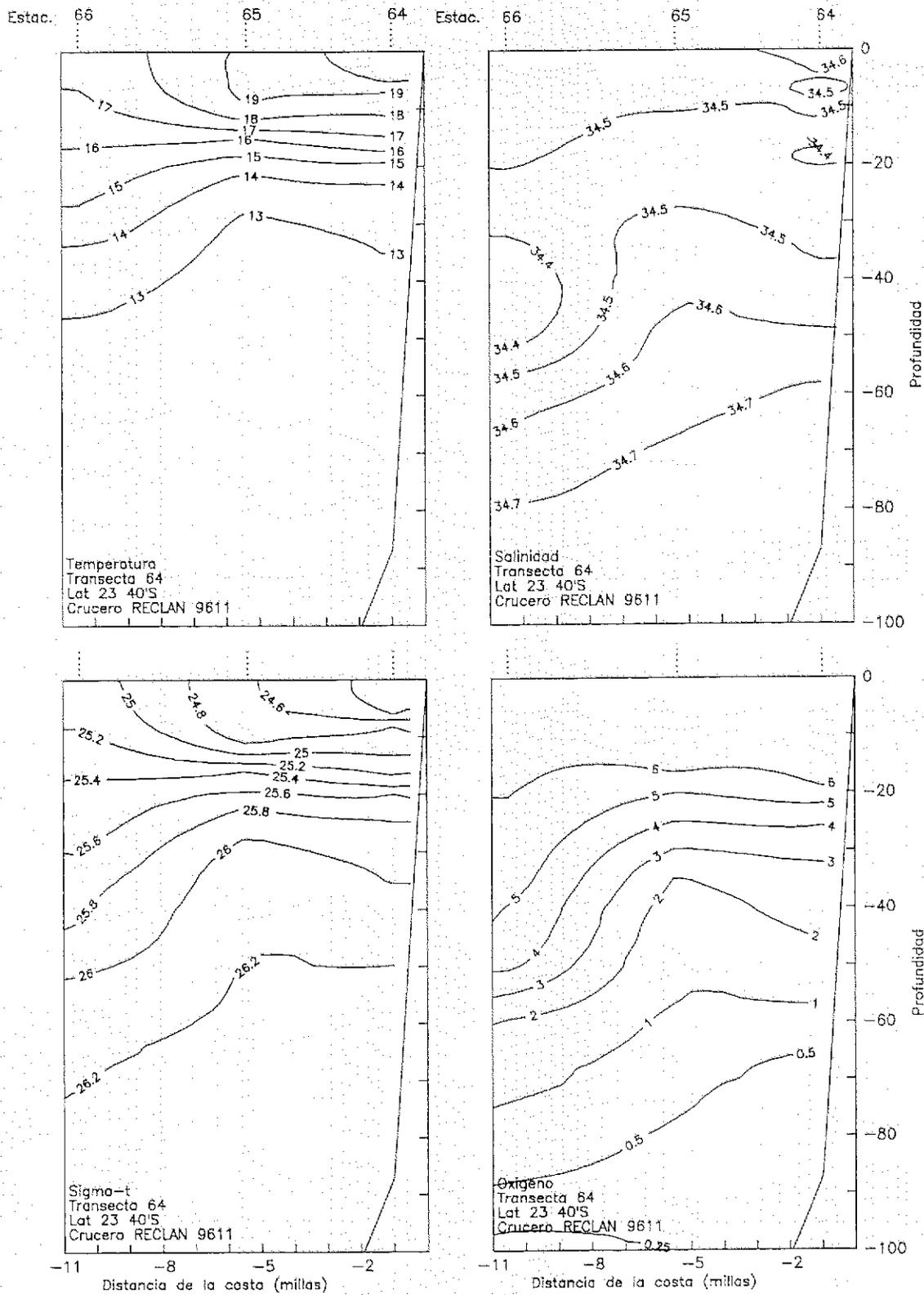


Fig. 14.- Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) y oxígeno disuelto (ml/l). Transecta 64. Crucero RECLAN 9611. Diciembre 1996.

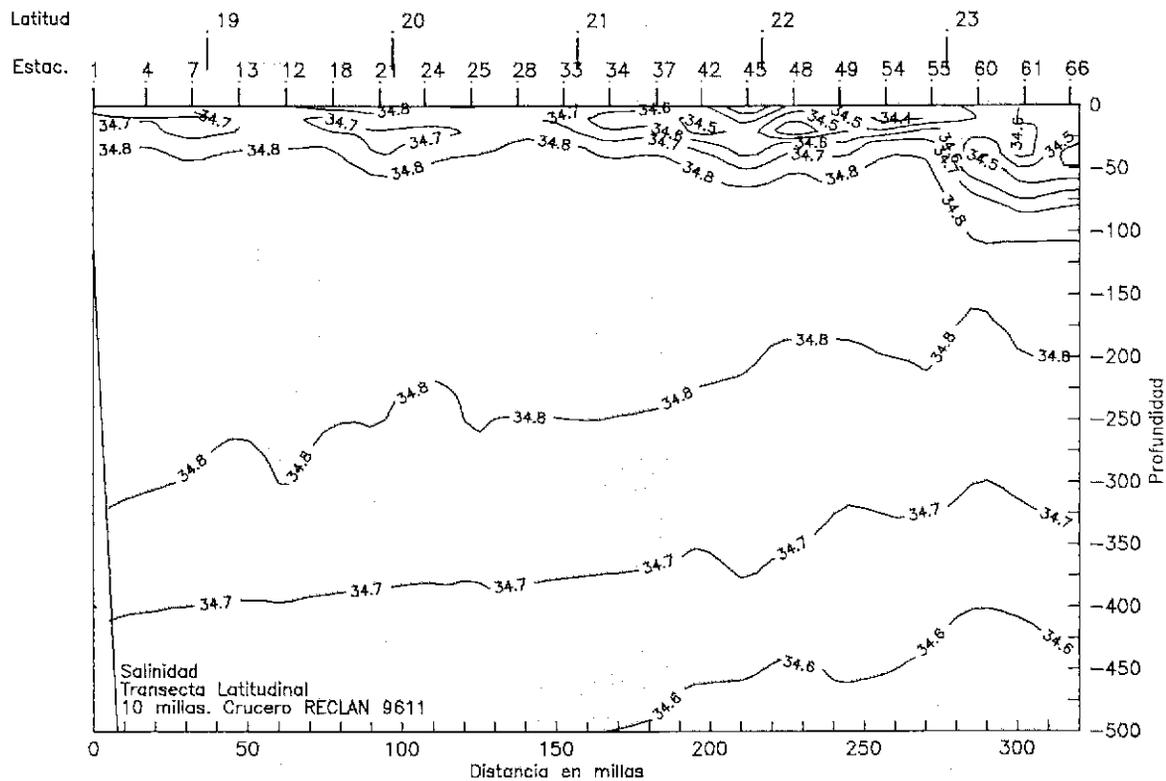
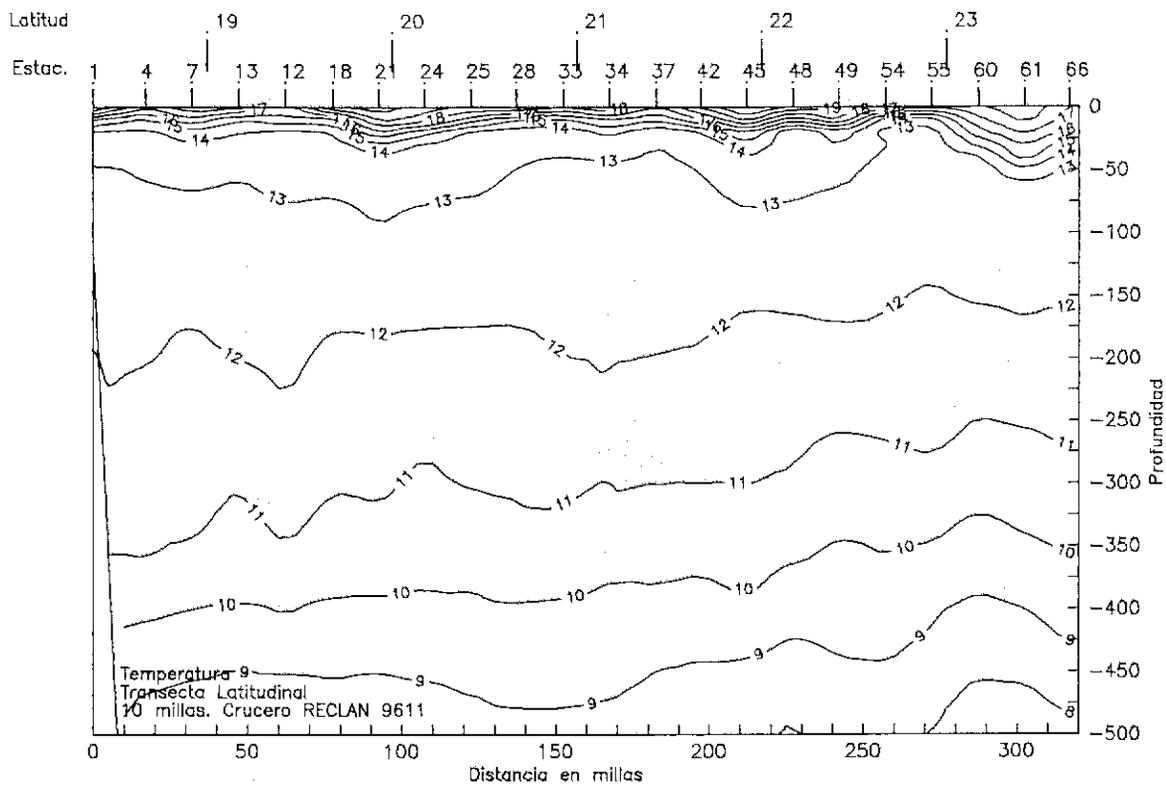


Fig. 15 Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (psu). Transecta paralela a la costa a 10 mn. Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.



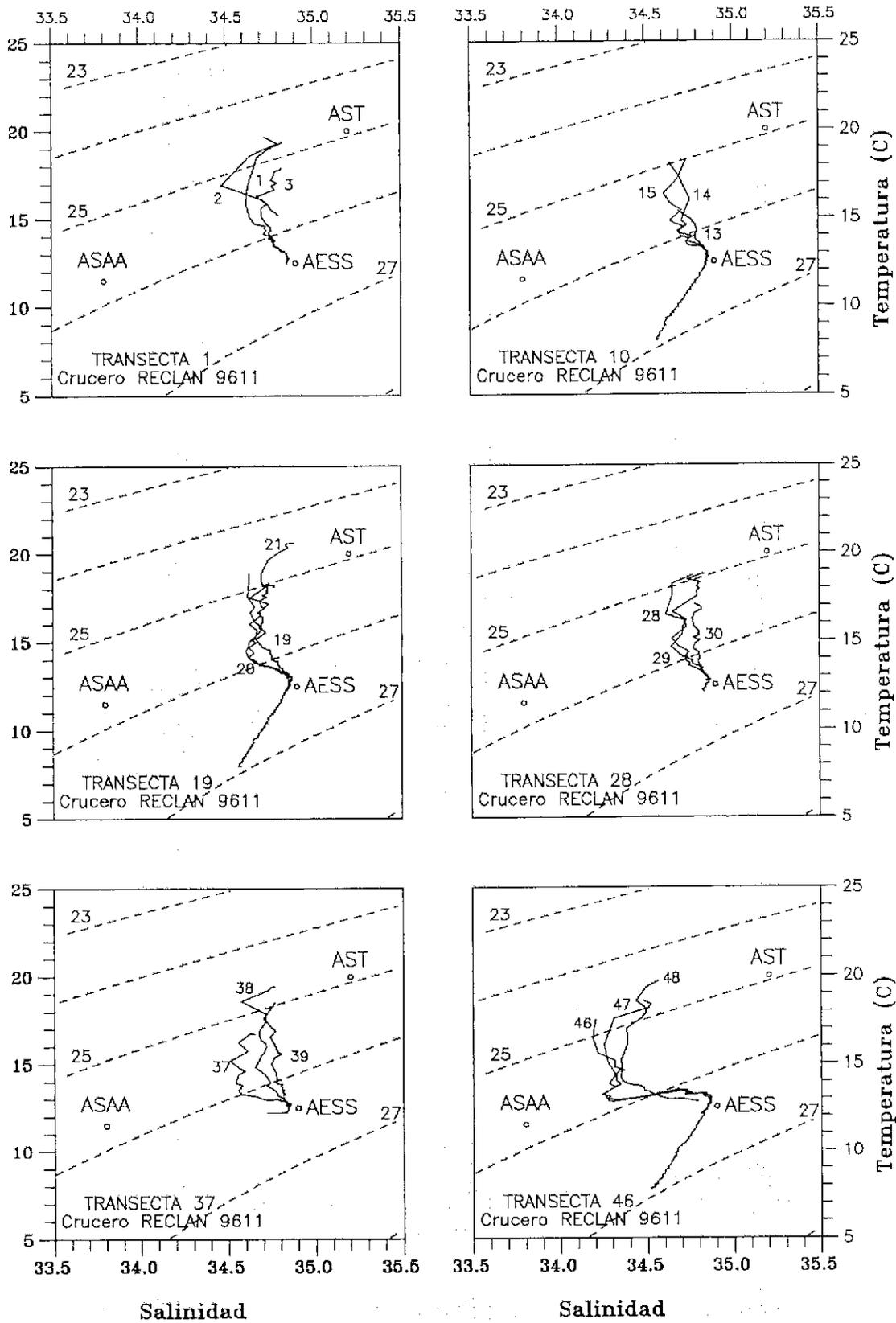


Fig. 17.- Diagramas t-s de las transectas 1, 10, 19, 28, 37 y 46. Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.

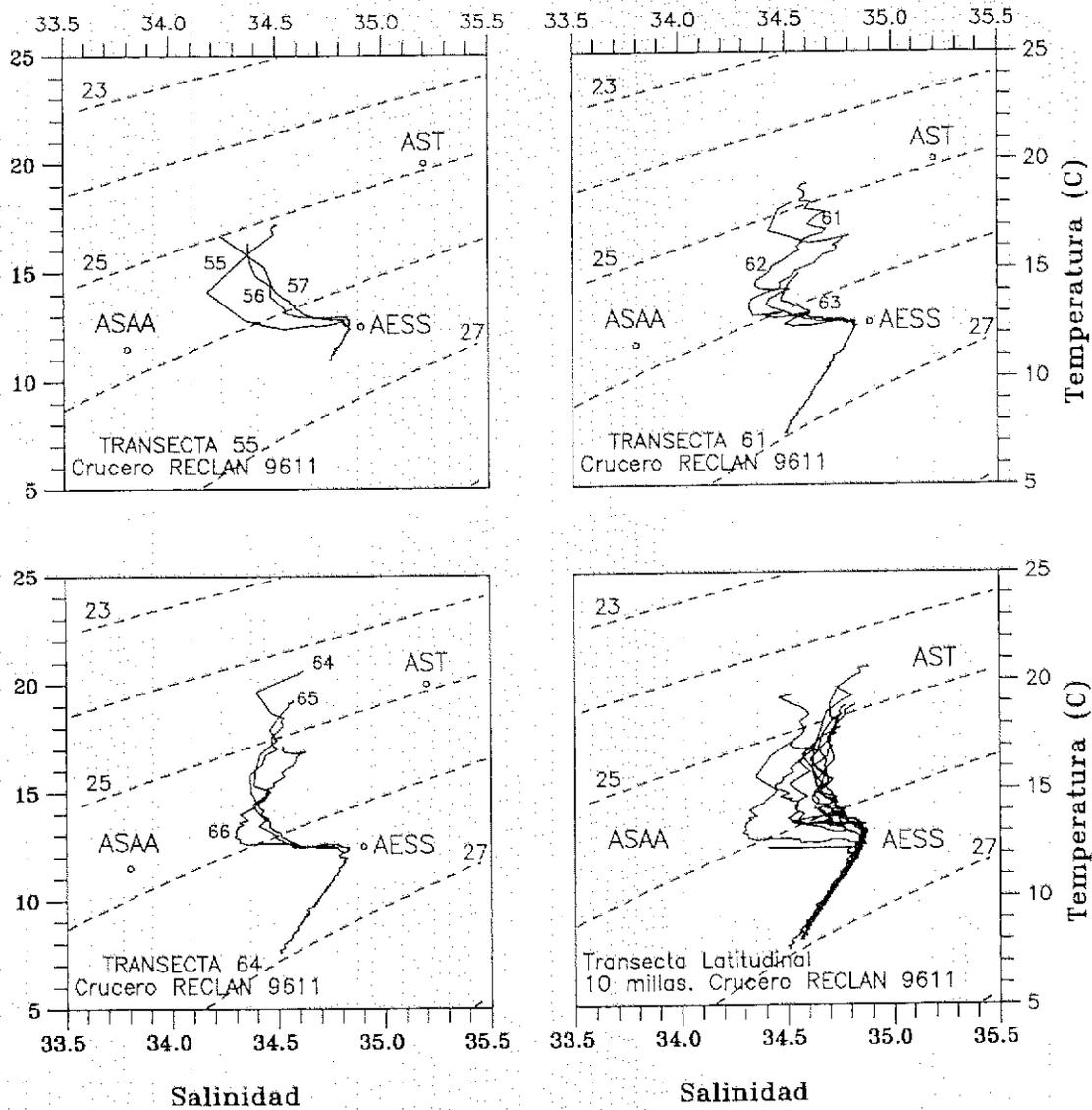


Fig. 18.- Diagramas t-s de las transectas 55, 61, 64 y paralela a la costa a 10 mn. Crucero RECLAN 9611. Noviembre - Diciembre 1996.

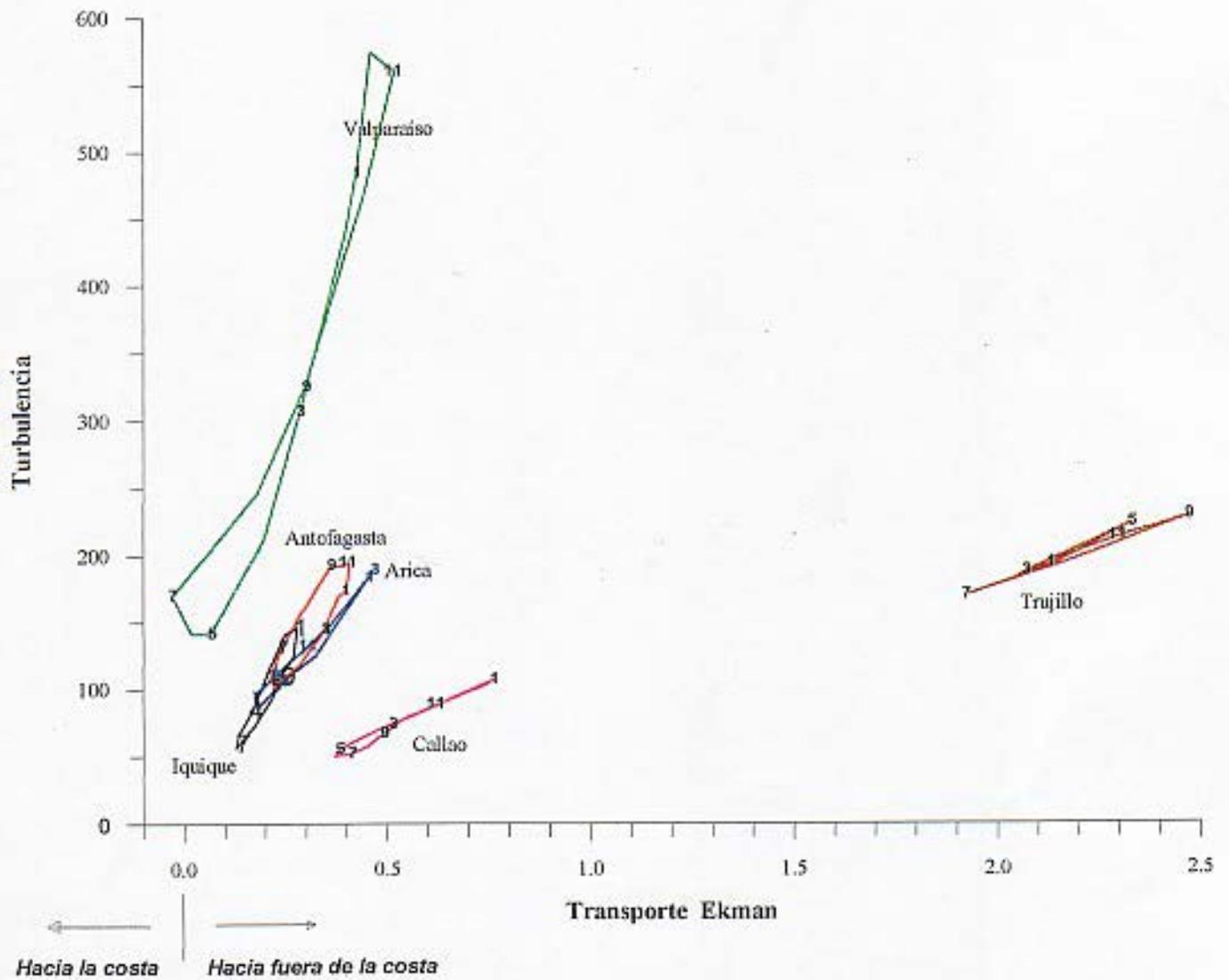


Fig. 19. Ciclo estacional de turbulencia y surgencia. Períodos y/o áreas con baja turbulencia y transporte hacia fuera de la costa se pueden asumir como apropiados para la sobrevivencia de las larvas. (Con datos de Mendo et. al. 1987)

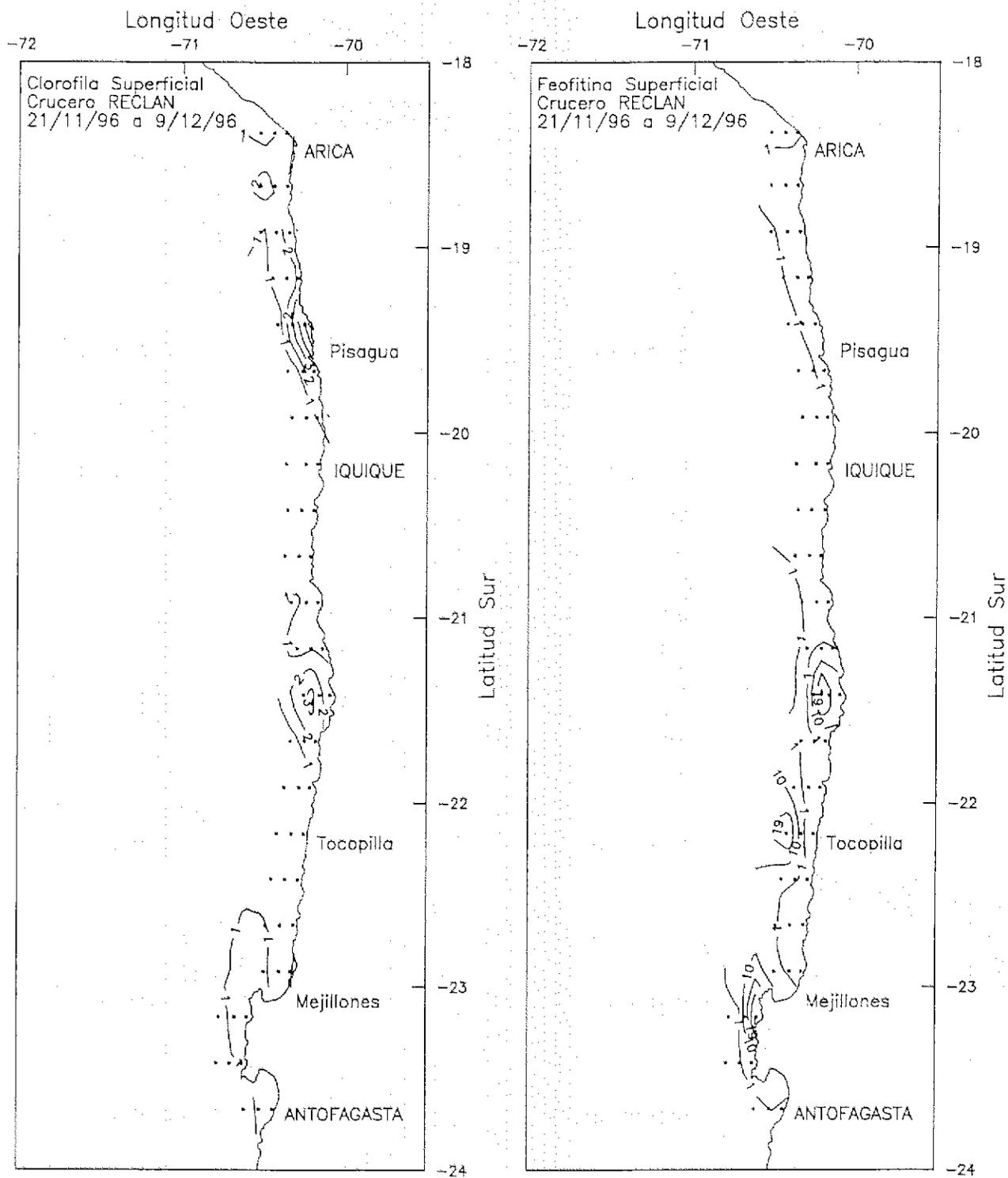


Figura 20. Distribución superficial de clorofila a y feofitina o feopigmentos. Cruceo Reclan

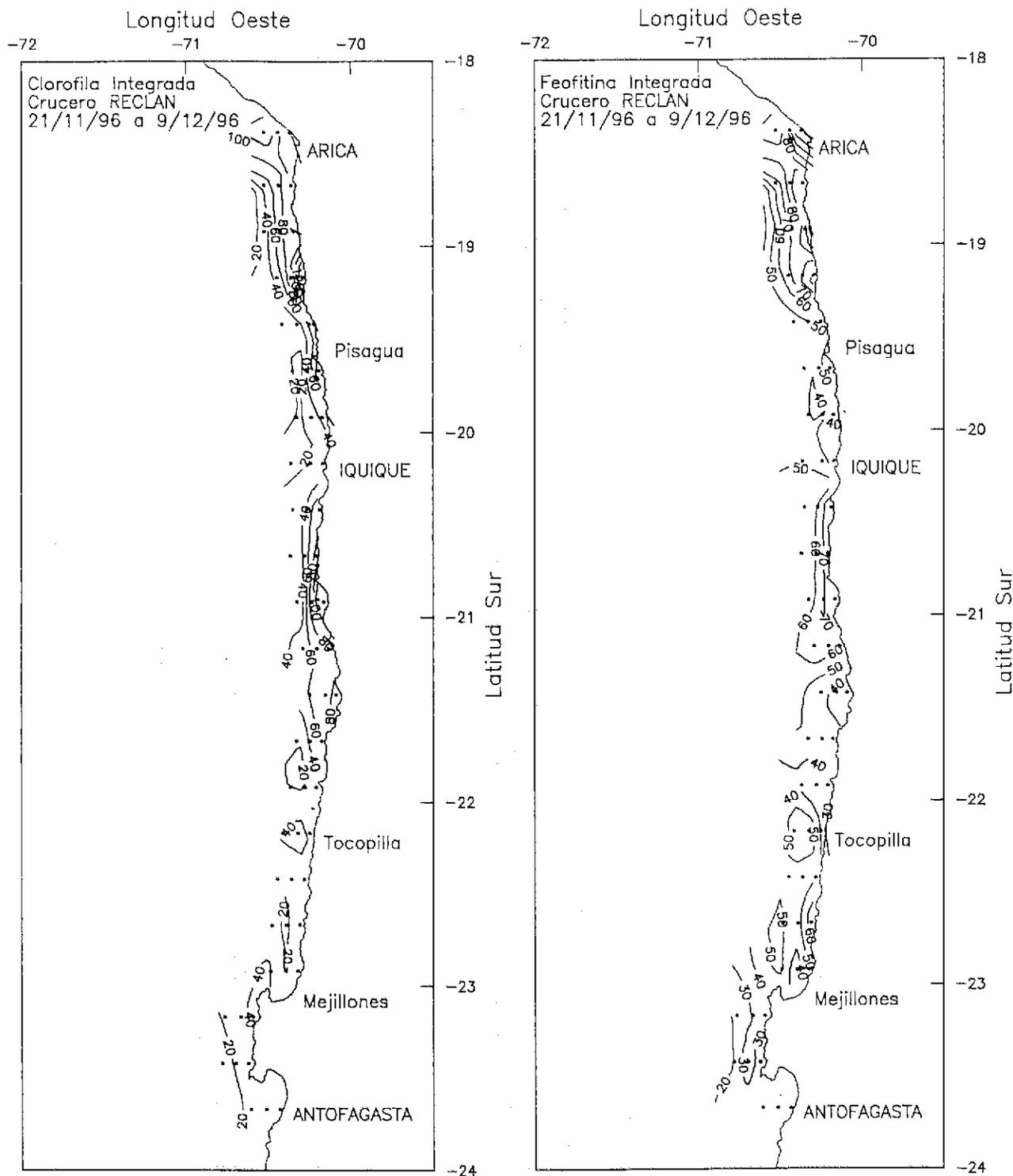


Figura 21. Distribución de clorofila y feofitina integrada ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Crucero Reclan

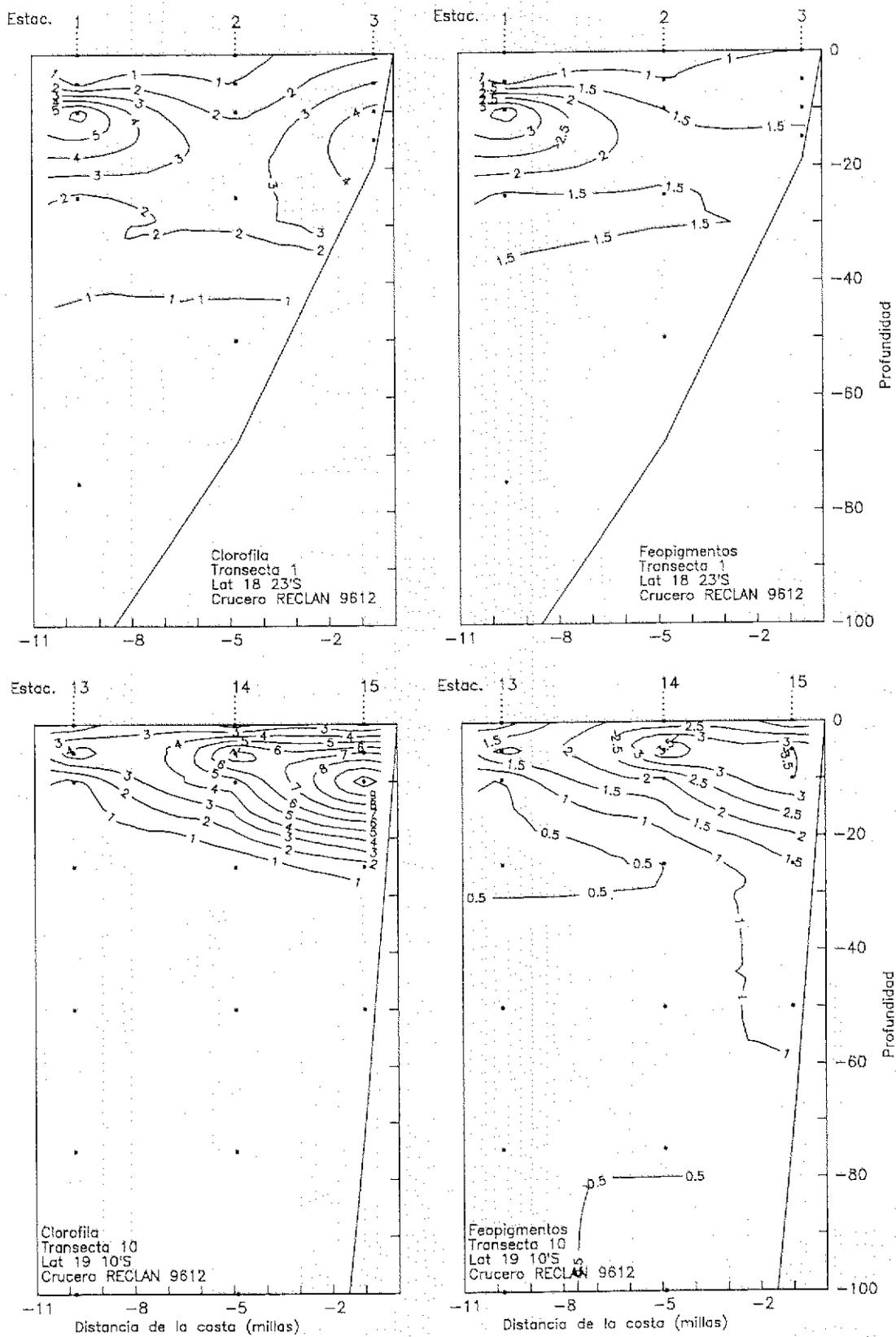


Figura 22. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 1 (Lat.  $18^{\circ}23'S$ ) y 10 (Lat.  $19^{\circ}10'S$ ). Crucero Reclan 9611.

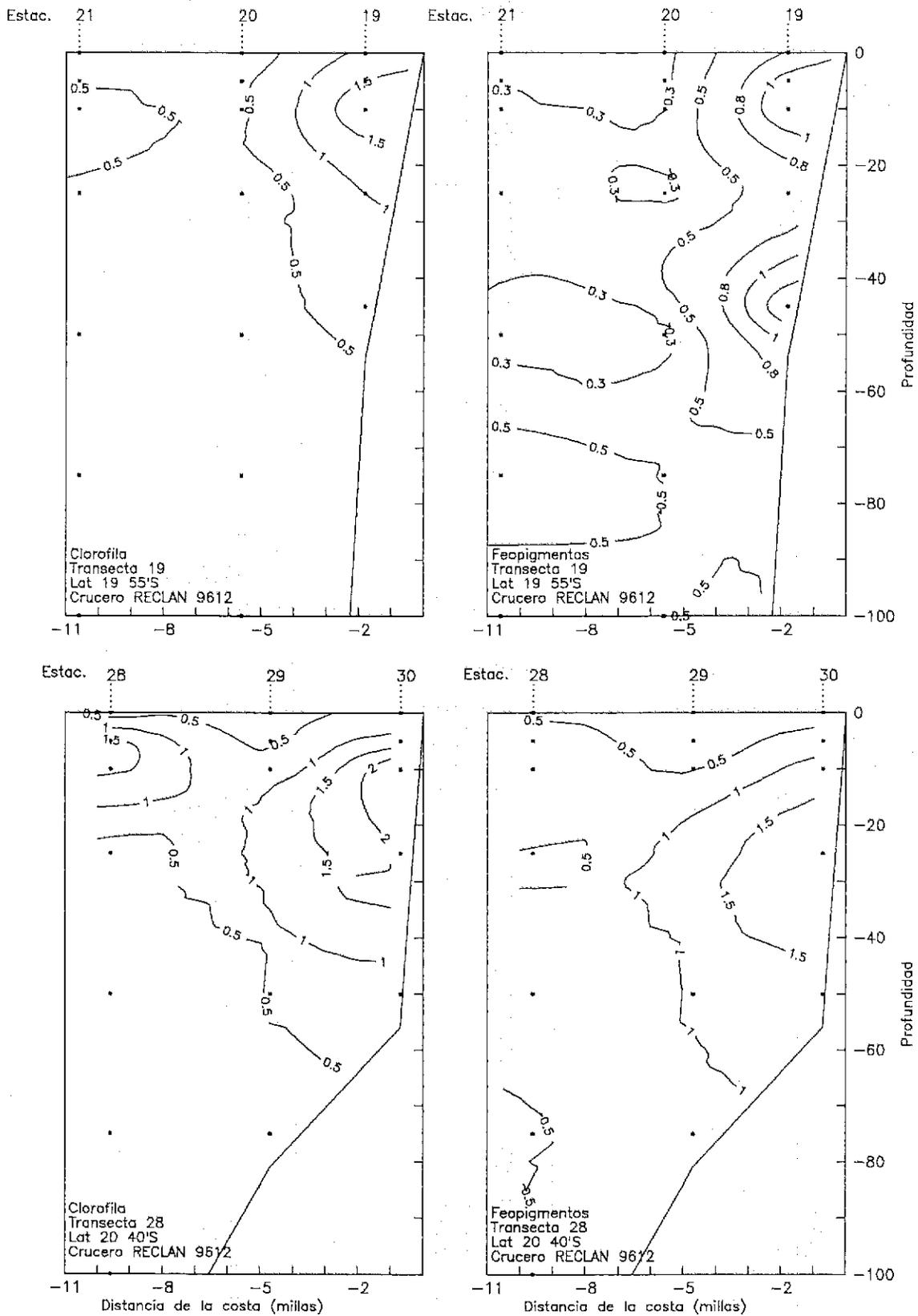


Figura 23. Distribución vertical de la clorofila a y los fepigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 19 (Lat.  $19^{\circ}55'S$ ) y 28 (Lat.  $20^{\circ}40'S$ ). Crucero Reclan9611.

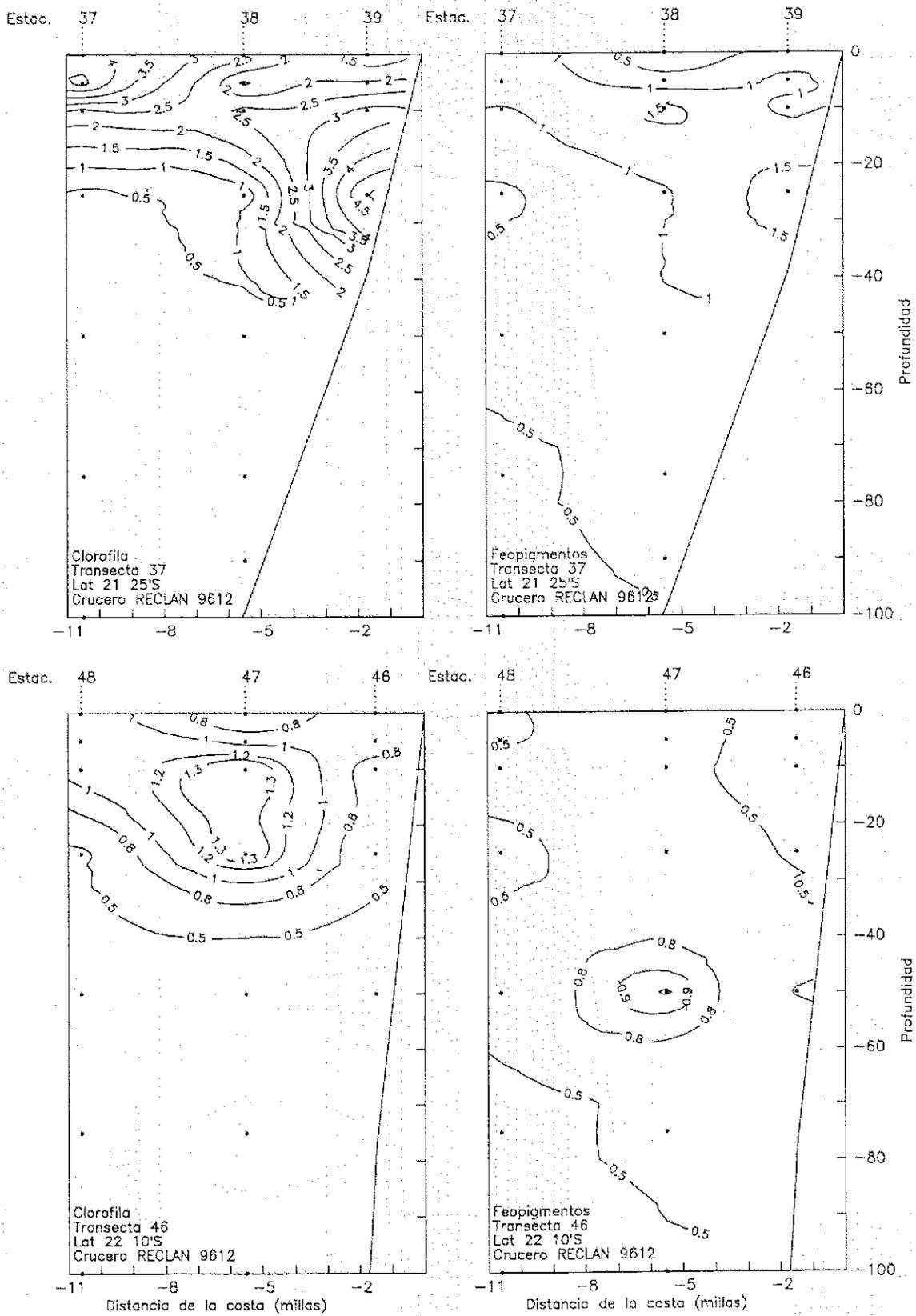


Figura 24. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 37 (Lat.  $21^{\circ}25'S$ ) y 46 (Lat.  $22^{\circ}10'S$ ). Crucero Reclan9611

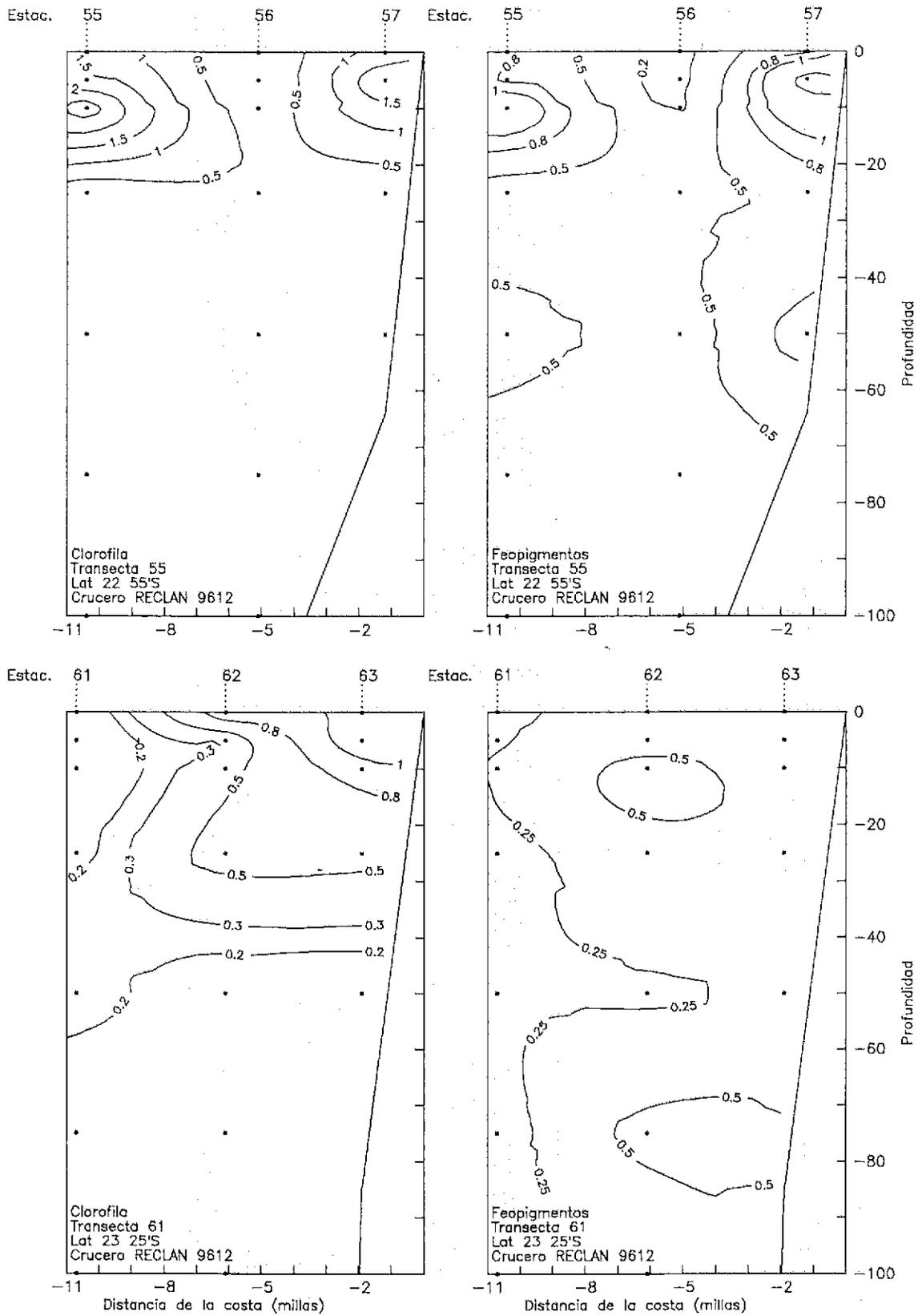


Figura 25. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 55 (Lat.  $22^{\circ}55'S$ ) y 61 (Lat.  $23^{\circ}25'S$ ). Crucero Reclan9611.

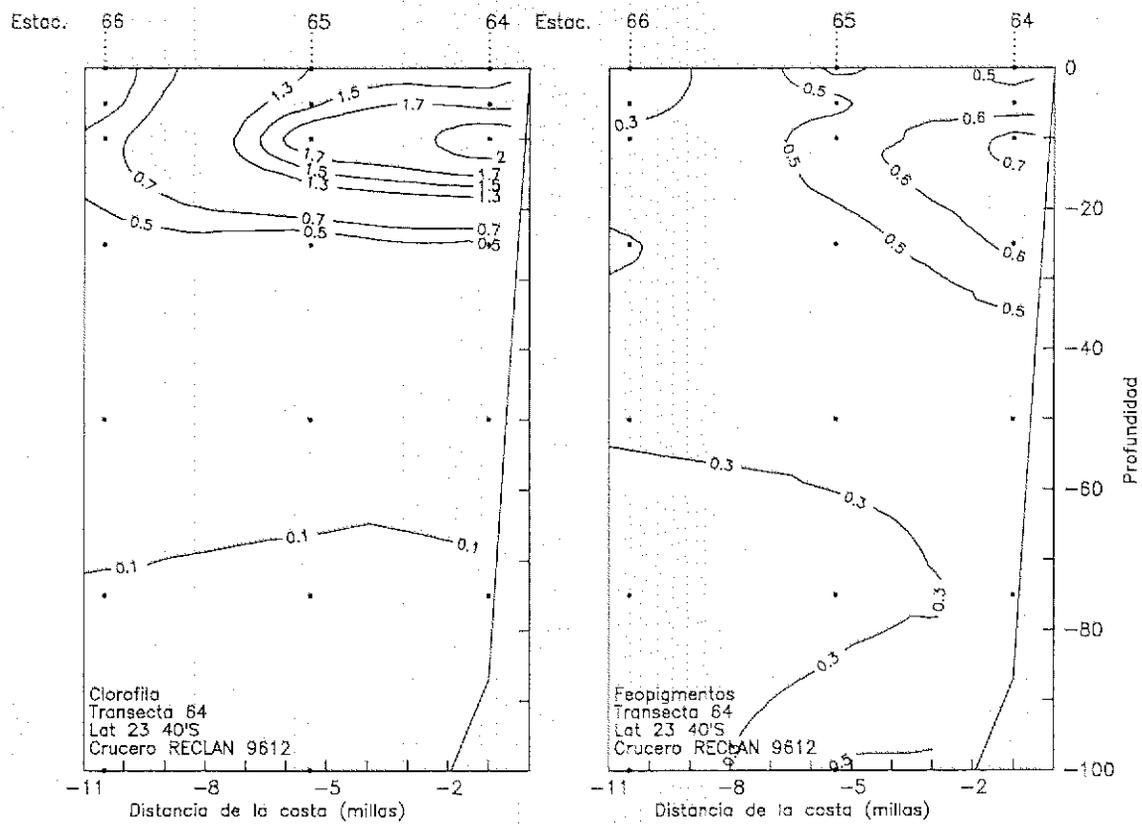


Figura 26. Distribución vertical de la clorofila a y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en las transectas 64 (Lat.  $23^{\circ}40'S$ ). Crucero Reclan9611.

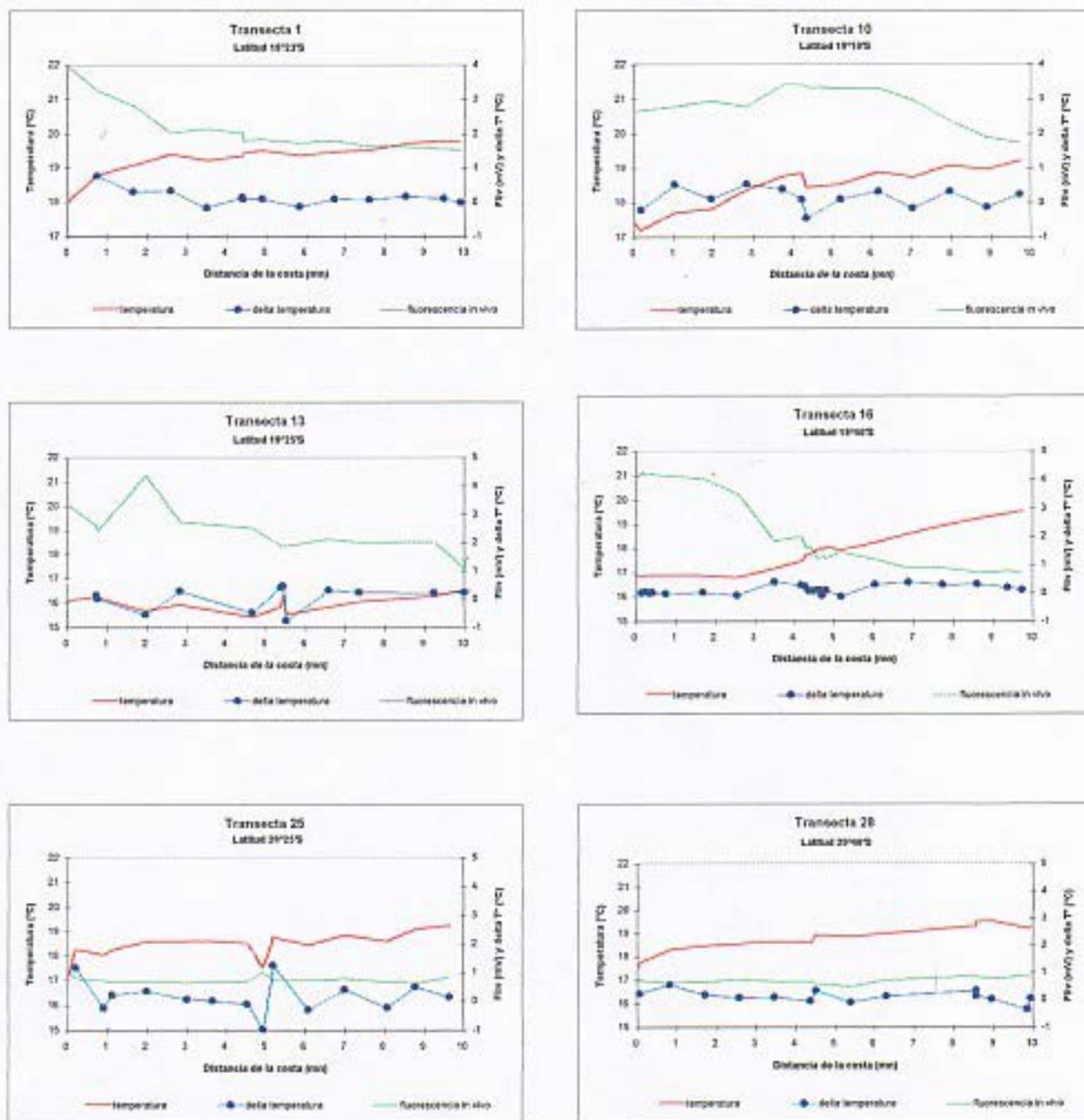


Figura 27. Perfiles horizontales de temperatura (°C), delta de temperatura (°C) y fluorescencia in vivo (mV), desde las transectas 1 (Lat. 18°23'S) a la 28 (Lat. 20°40'S). Crucero RECLAN, noviembre de 1996.

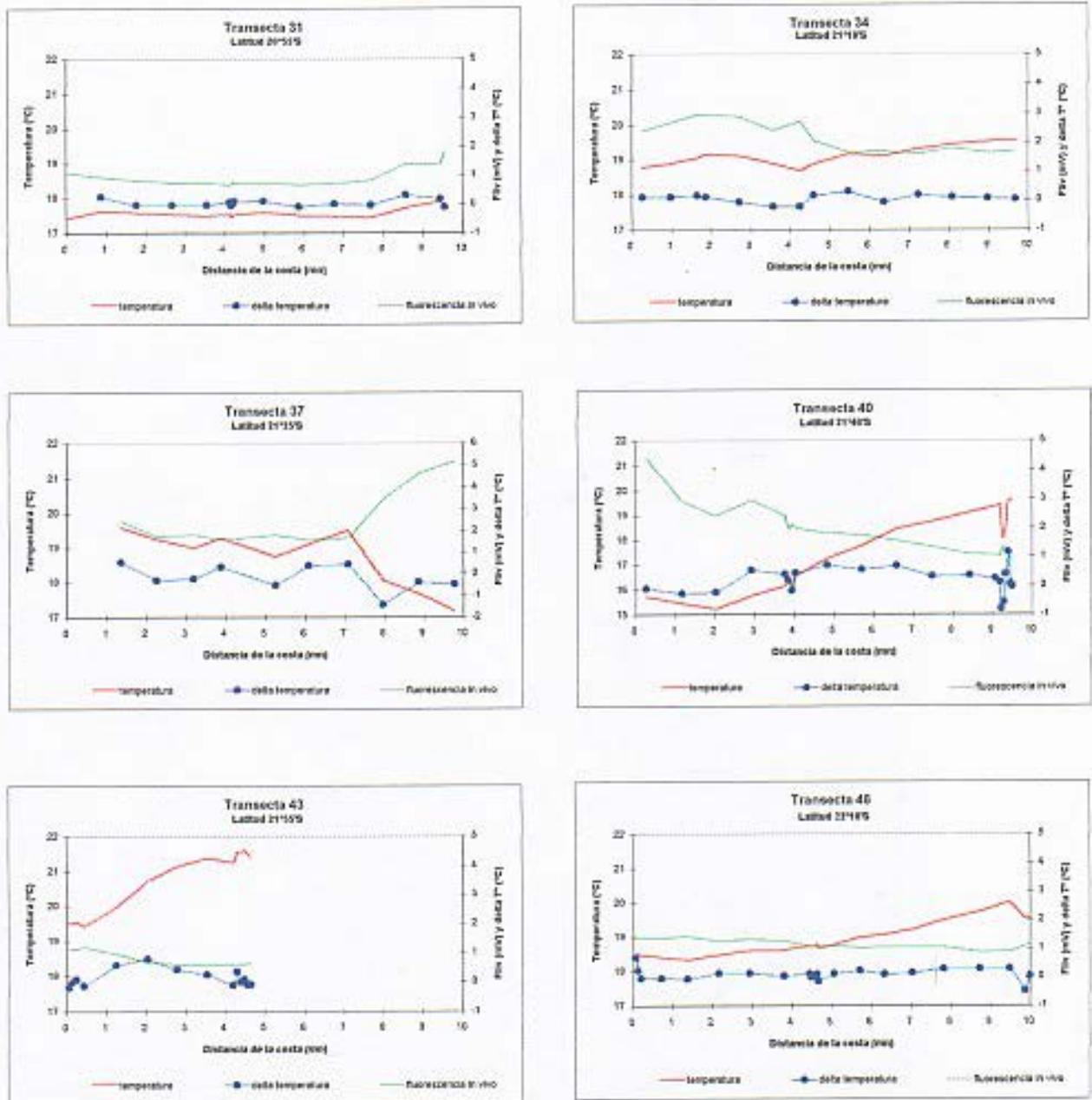


Figura 28. Perfiles horizontales de temperatura (°C), delta de temperatura (°C) y fluorescencia in vivo (mV), desde las transectas 31 (Lat. 20°55'S) a la 46 (Lat. 22°10'S). Crucero RECLAN, noviembre de 1996.

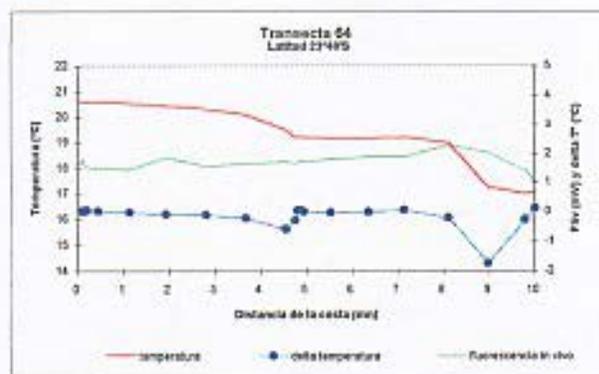
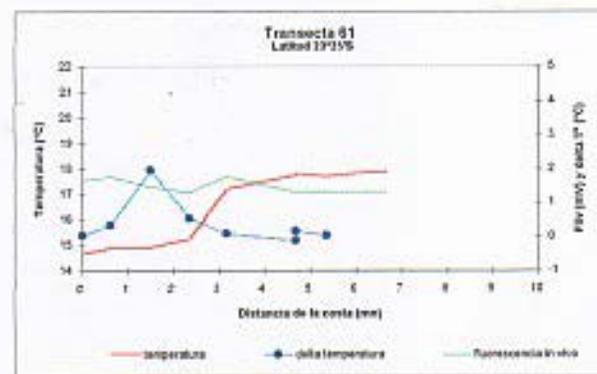
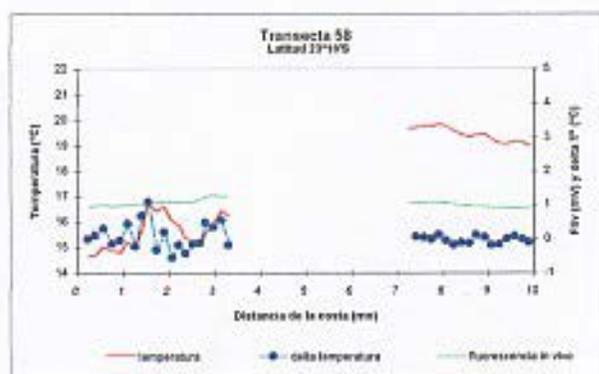
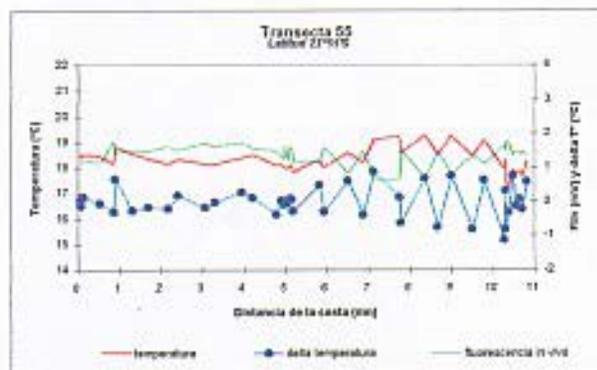
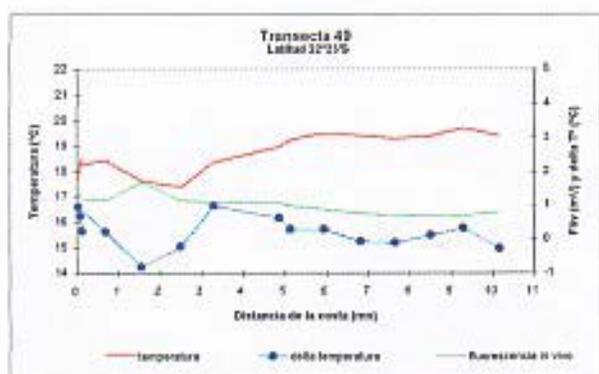


Figura 29. Perfiles horizontales de temperatura (°C), delta de temperatura (°C) y fluorescencia in vivo (mV), desde las transectas 49 (Lat. 22°25'S) a la 64 (Lat. 23°40'S). Crucero RECLAN, noviembre de 1996.

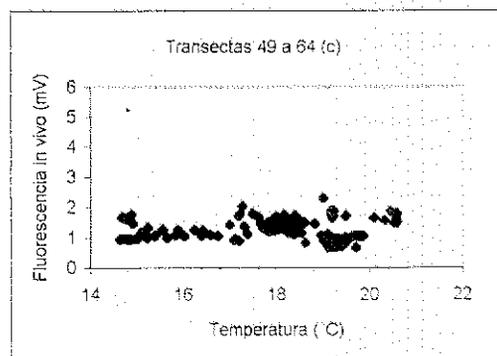
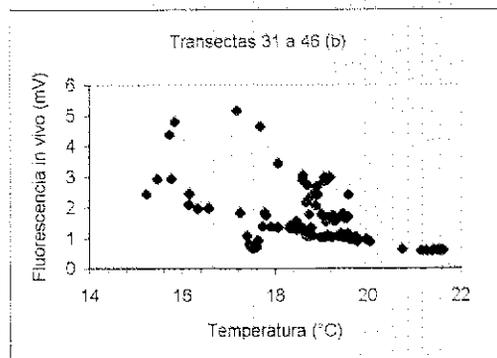
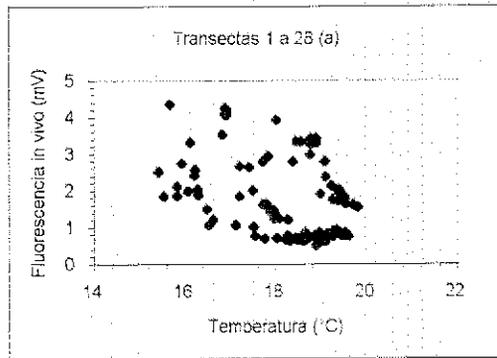


Fig. 30. Diagramas bidimensionales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) versus fluorescencia in vivo (mV), en las transectas 1 a la 28 (a), 31 a la 46 (b) y 49 a la 64 (c). Crucero RECLAN, noviembre de 1996.

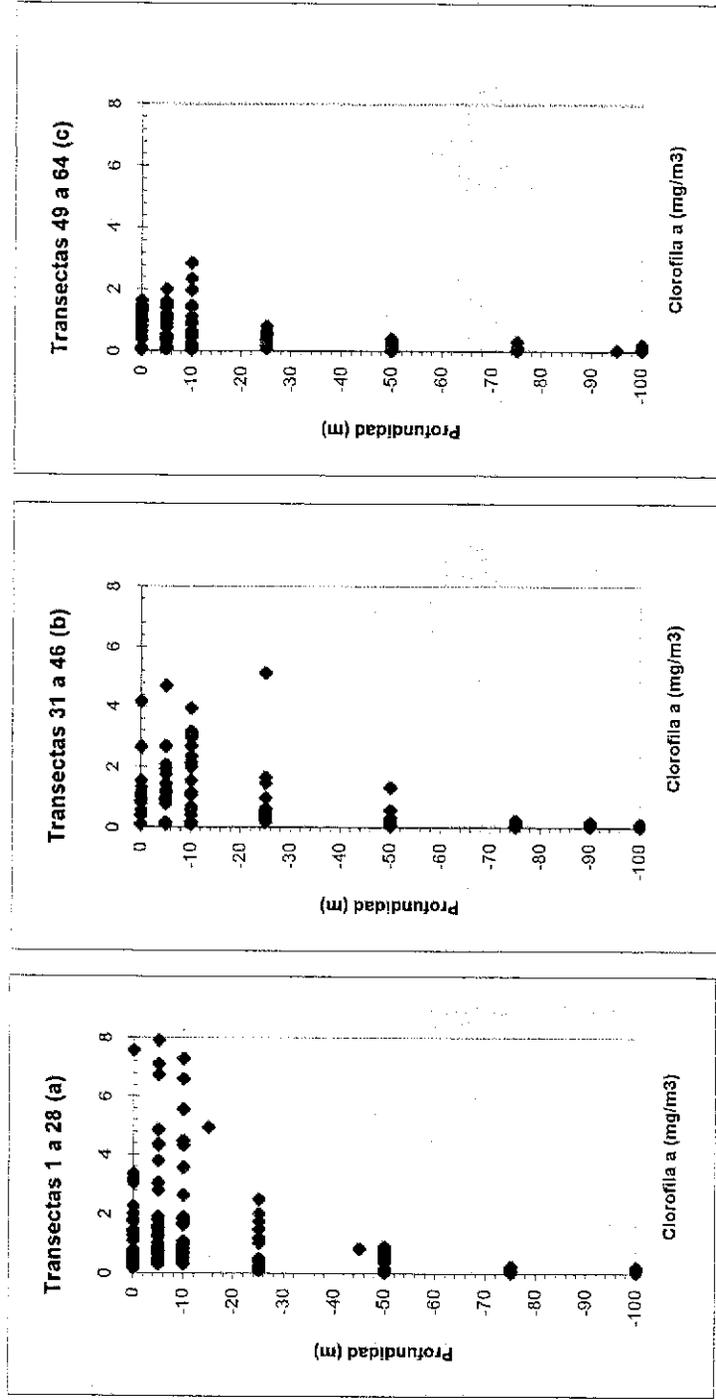


Fig. 31. Distribución batimétrica de la clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) en las transectas 1 a la 28 (a), 31 a la 46 (b) y 49 a la 64 (c). Crucero RECLAN, noviembre de 1996.

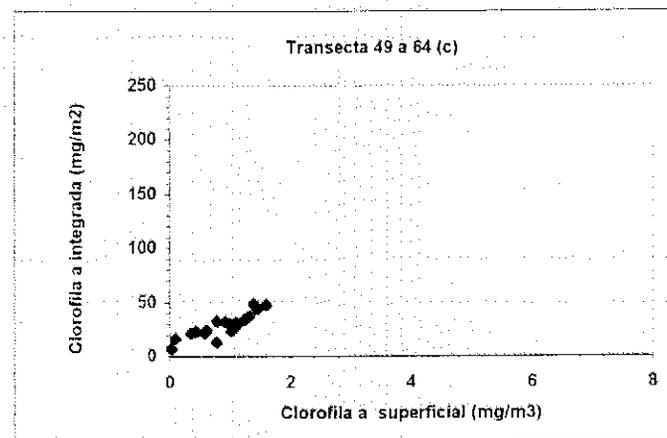
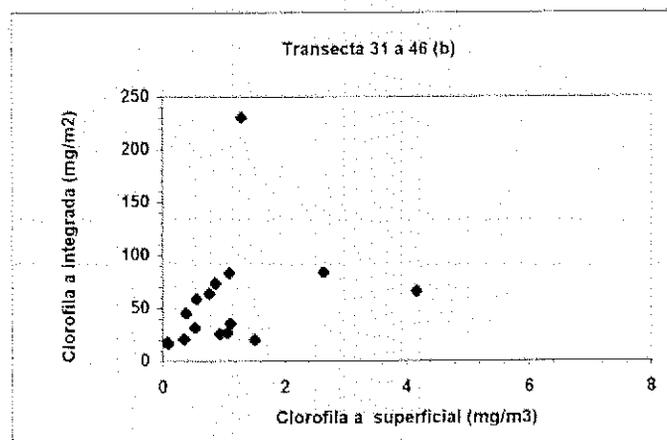
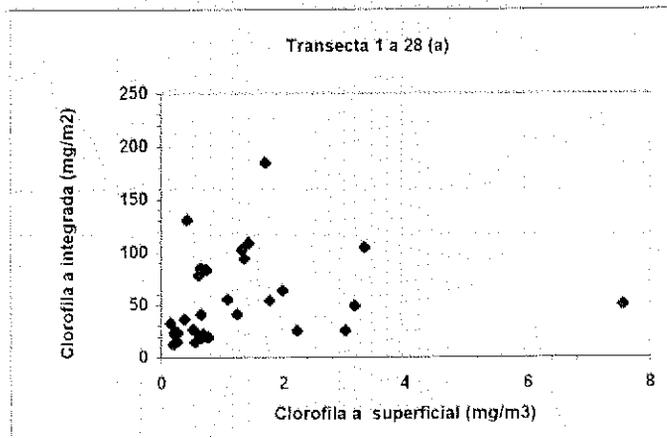


Fig. 32. Diagramas de la clorofila a superficial (mg/m3) versus la clorofila a integrada (mg/m2), para las transectas 1 a la 28 (a), 31 a la 46 (b) y desde la 49 a la 64 (c). Crucero RECLAN, noviembre de 1996.

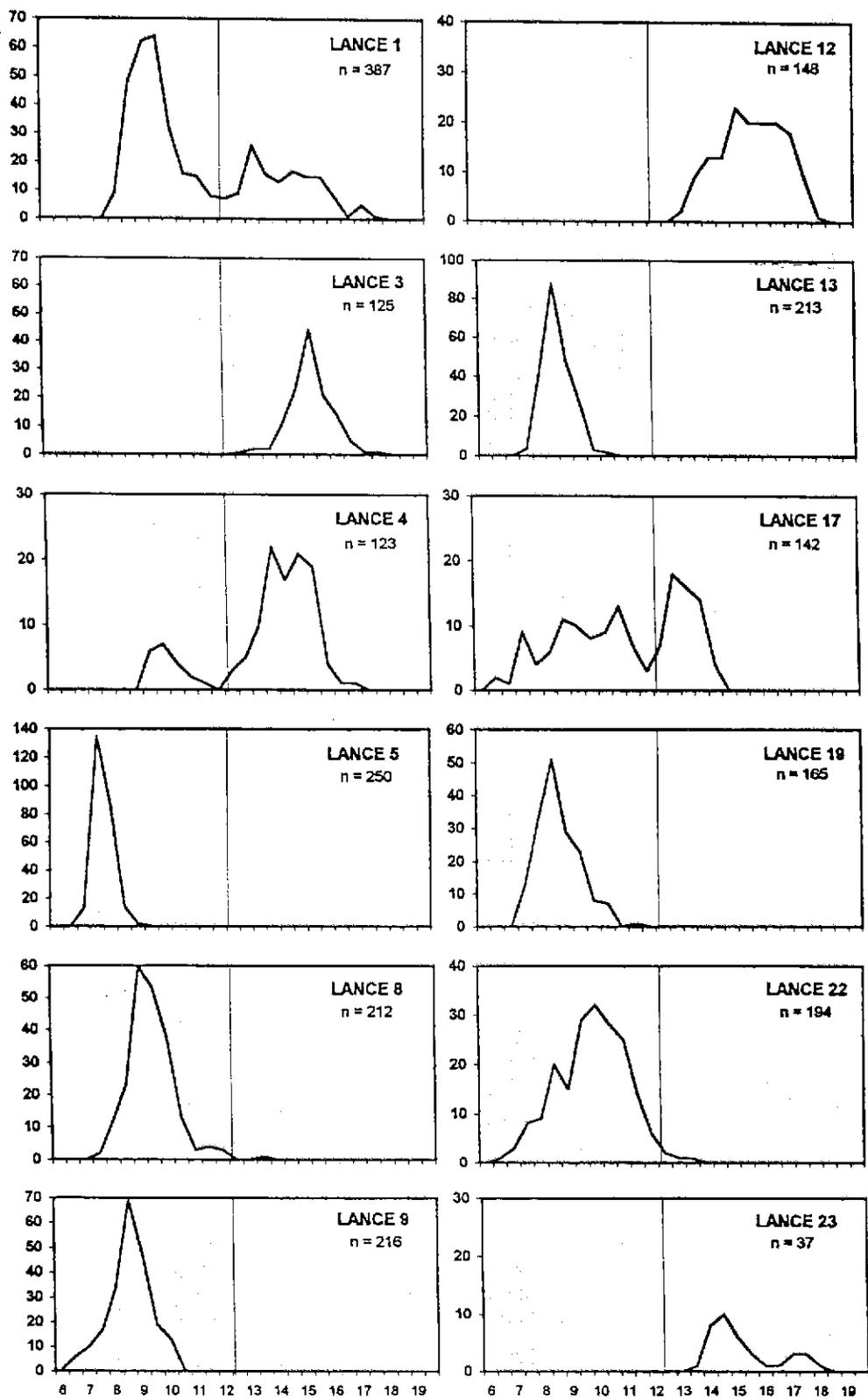


Figura 33. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lance de pesca con red de media-agua en la zona de Arica (lances 1-17) e Iquique (lances 19-23). La barra ubicada en los 12.0 cm. separa la fracción de reclutas y adultos.

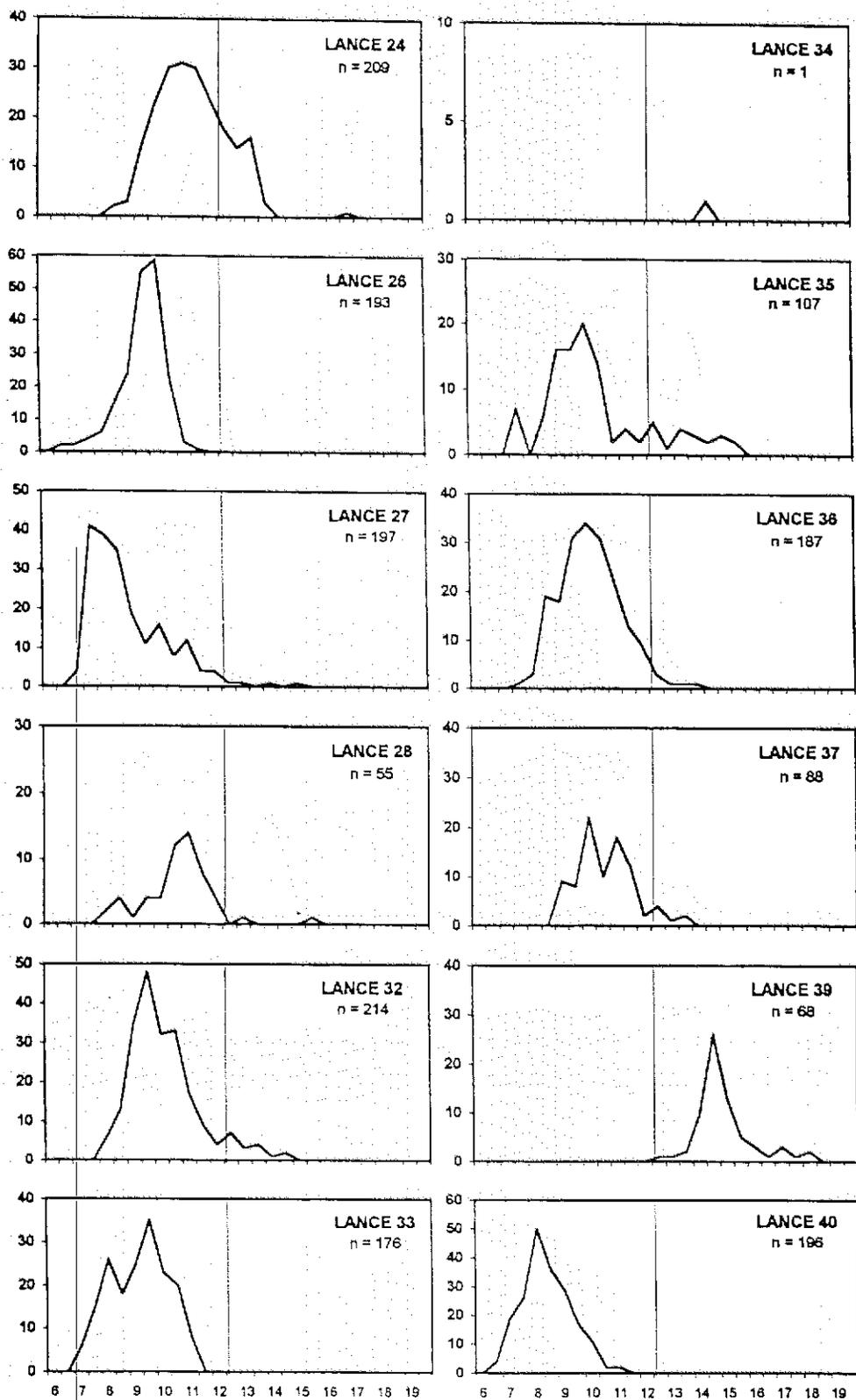


Figura 34. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de lances de pesca con red de media-agua en la zona de Iquique (lanza 24-40). La barra ubicada en los 12.0 cm. separa la fracción de reclutas y adultos.

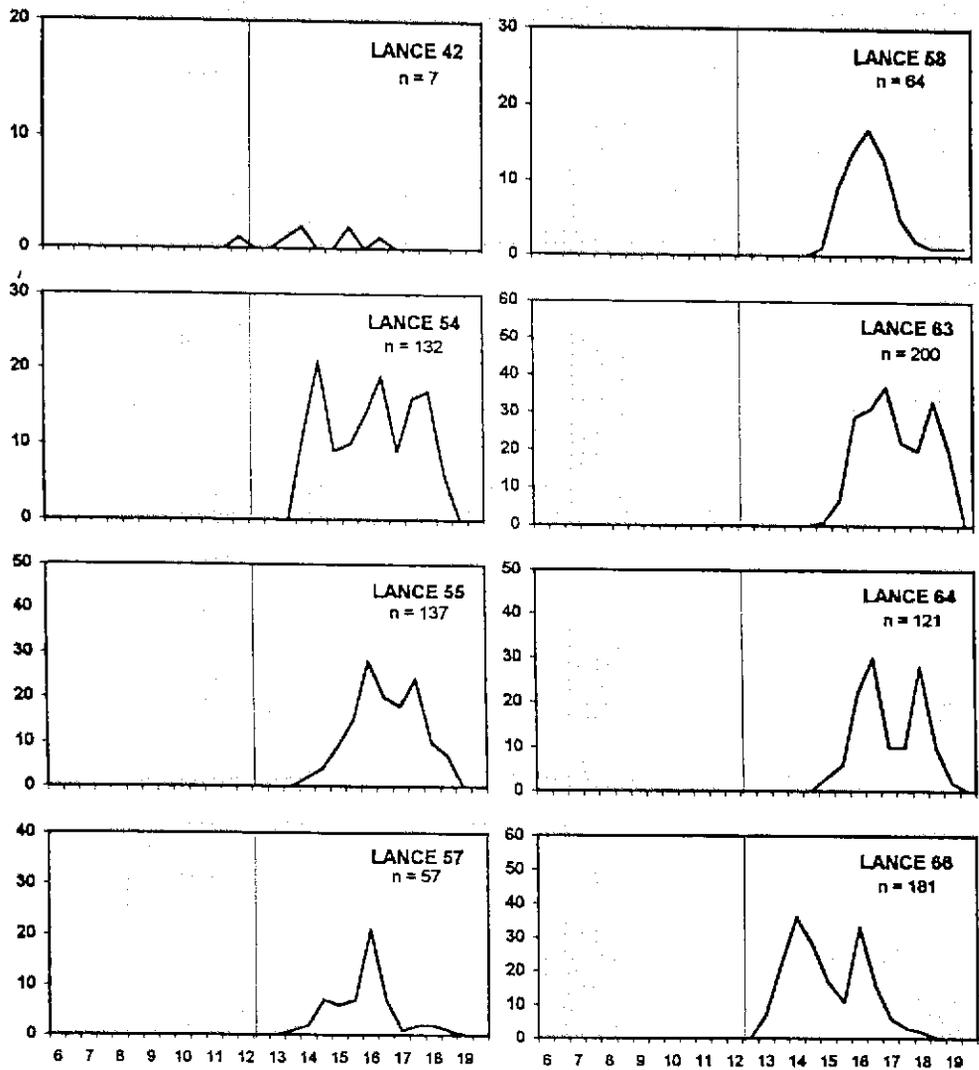


Figura 35. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de media-agua en la zona de Antofagasta (lances 42-66). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.

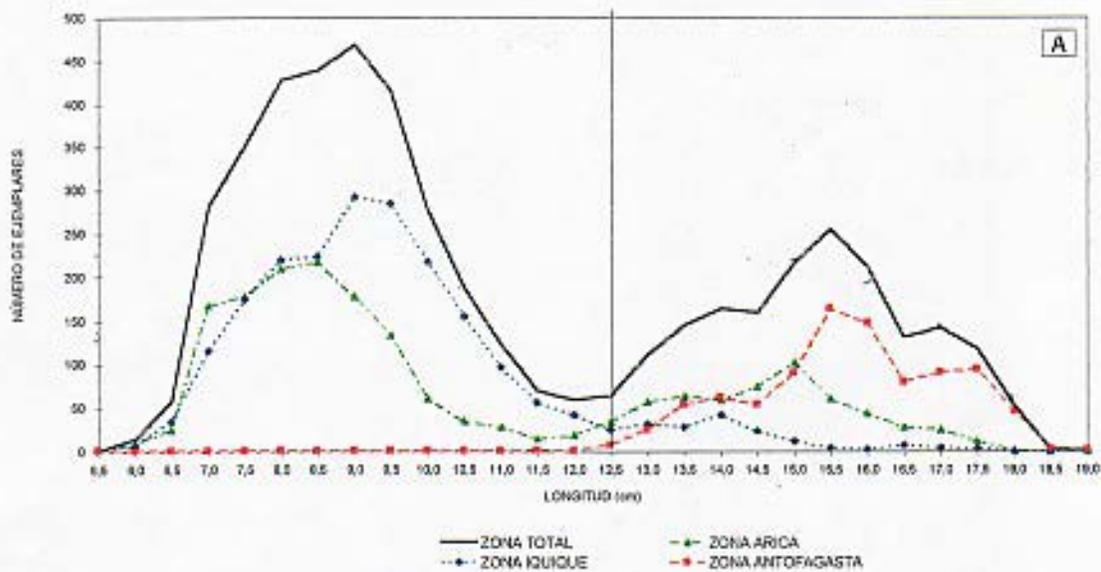


Figura 36 A : Distribución de frecuencia de longitud de anchoveta obtenida de los lances de pesca con red de media-agua en las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total Zona Norte. La barra en los 12 cm separa la fracción recluta de adultos.

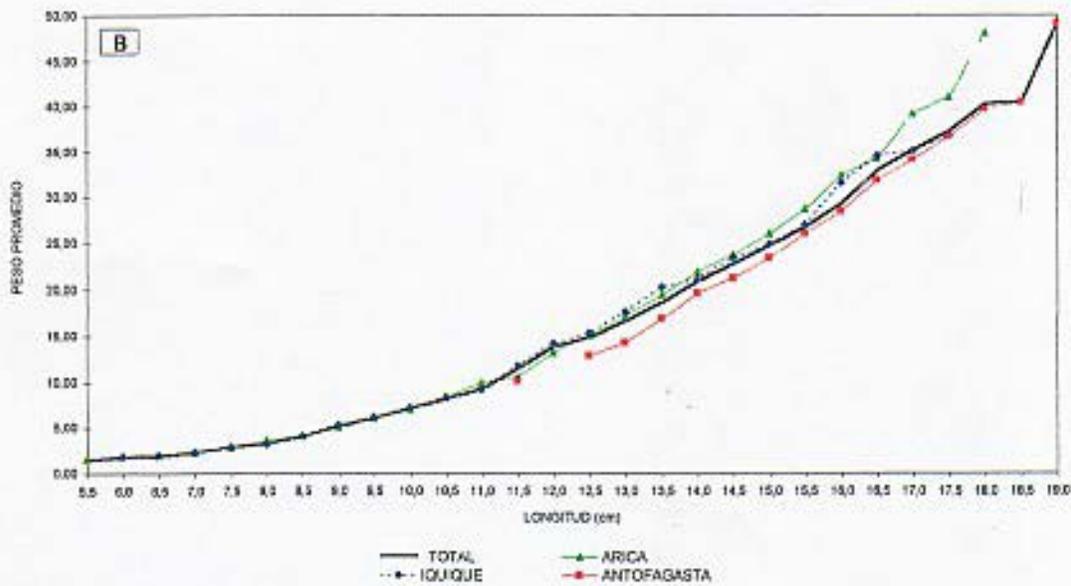


Figura 36 B: Relación longitud-peso empírico de anchoveta capturada con red de media-agua para la zona de Arica, Iquique, Antofagasta y total Zona Norte.

ESTADO DE MADUREZ DE LA ANCHOVETA

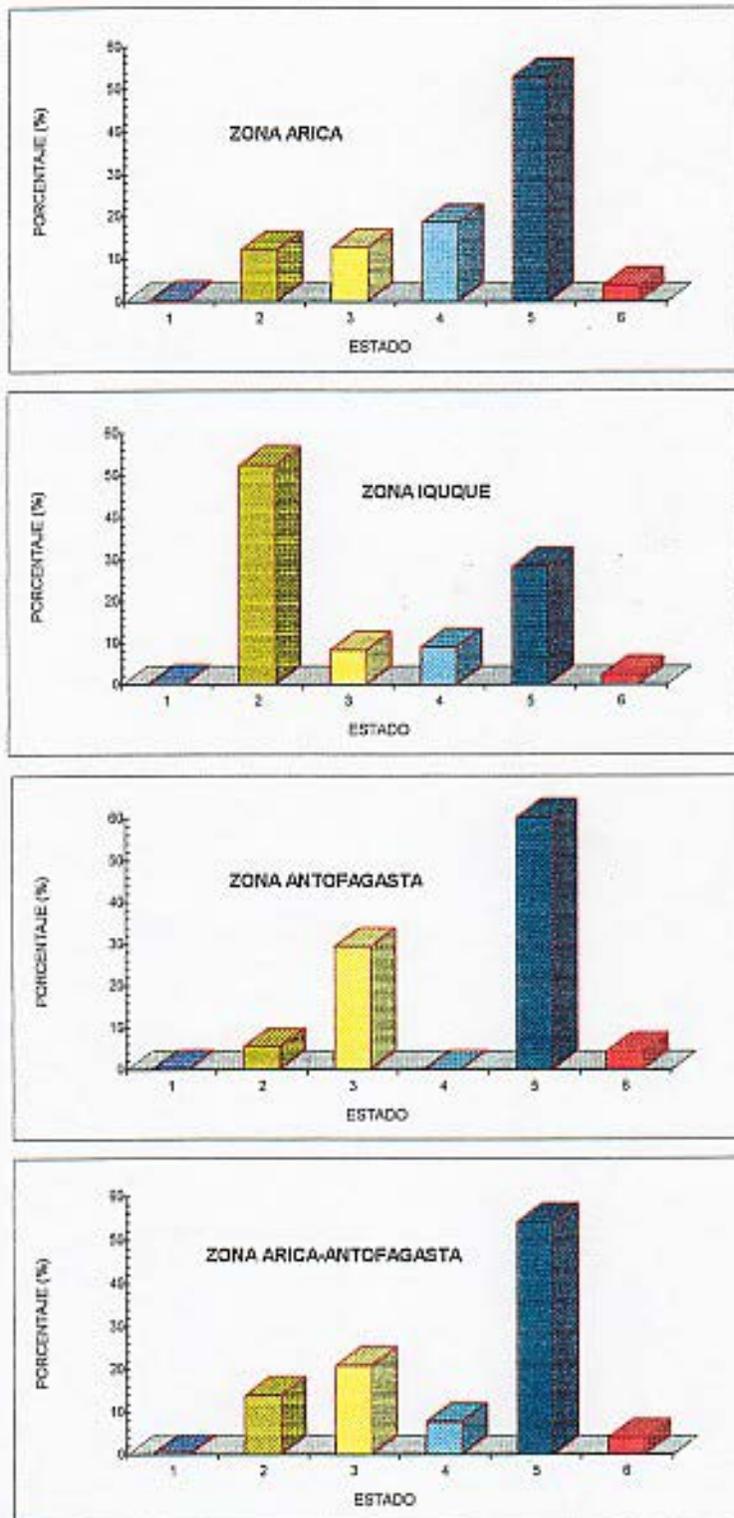


Figura 37: Estado de madurez de la anchoveta capturada con red de media-agua para la zona de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio.

PROPORCION SEXUAL DE ANCHOVETA

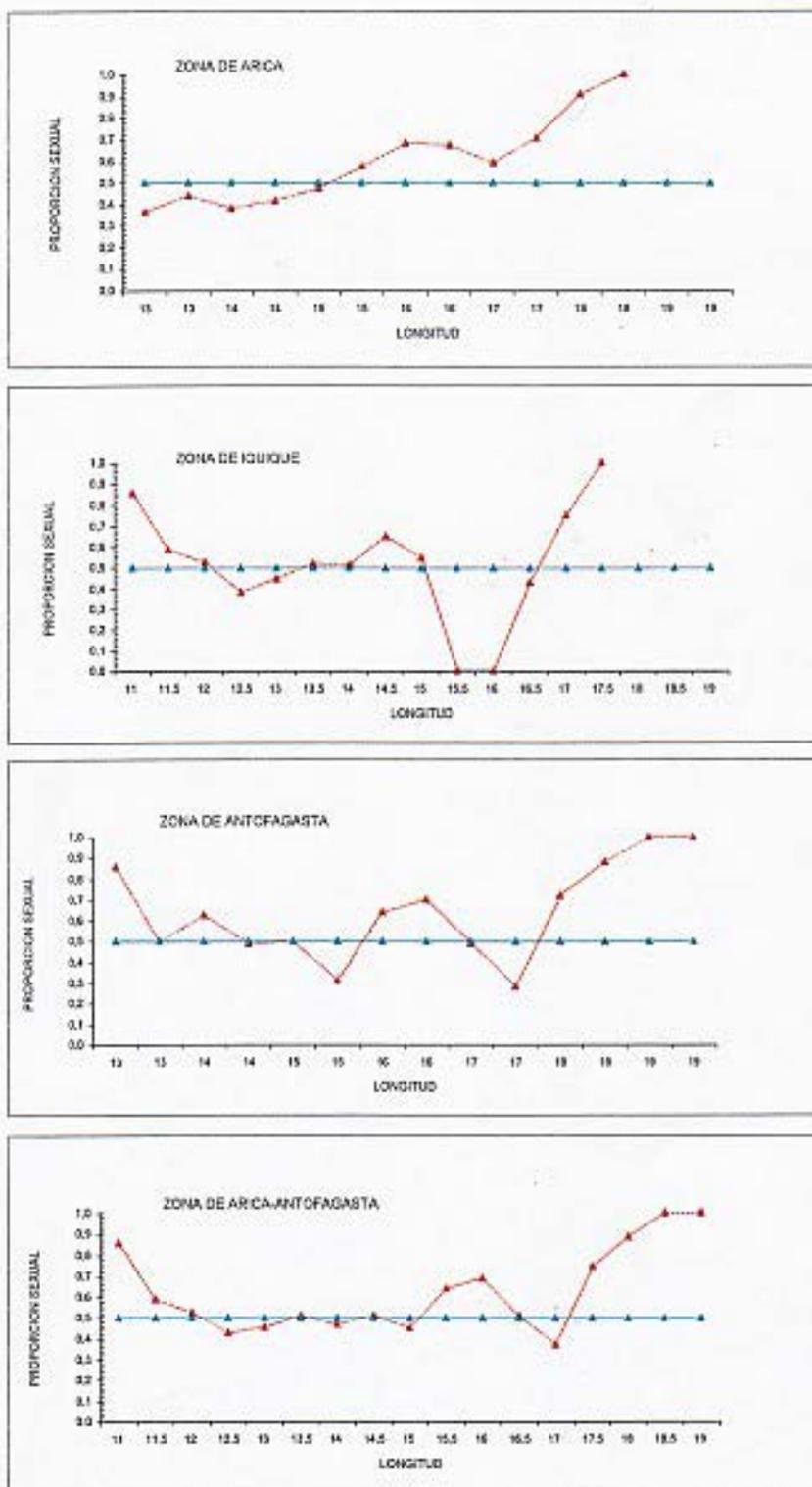


Figura 38 : Proporción sexual de las anchovetas capturadas con red de media-agua para las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total Zona de estudio.

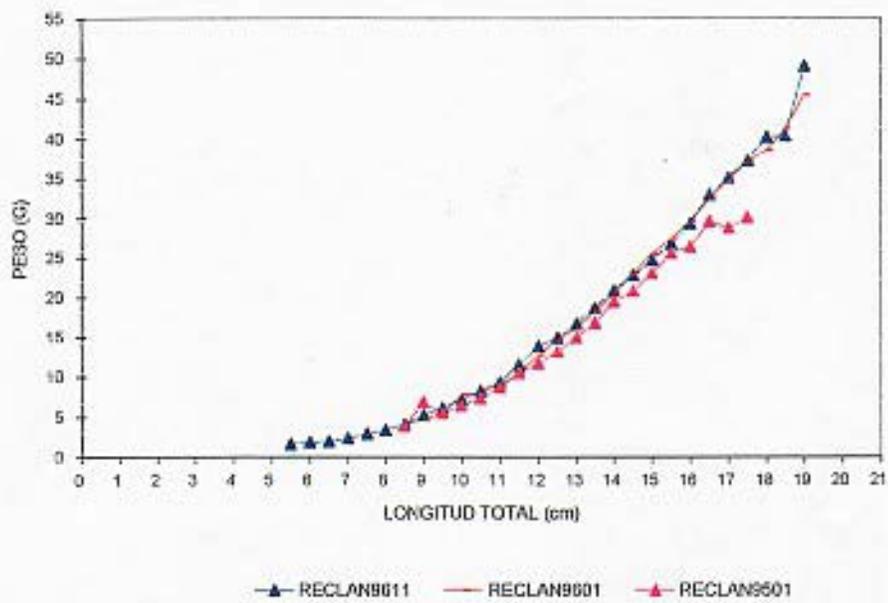


Figura 39: Comparaciones de los resultados de los cruceros RECLAN9501 RECLAN9601 y RECLAN9611, referente a la distribución de longitudes y relación longitud-peso obtenida de los lances de pesca.

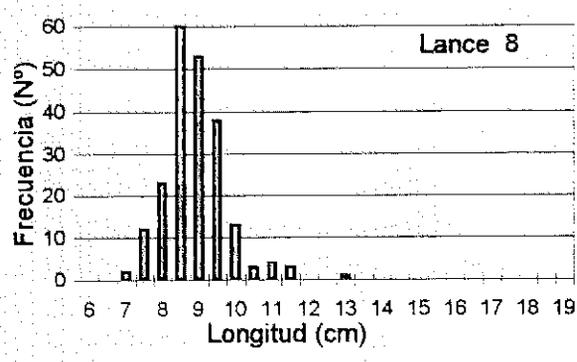
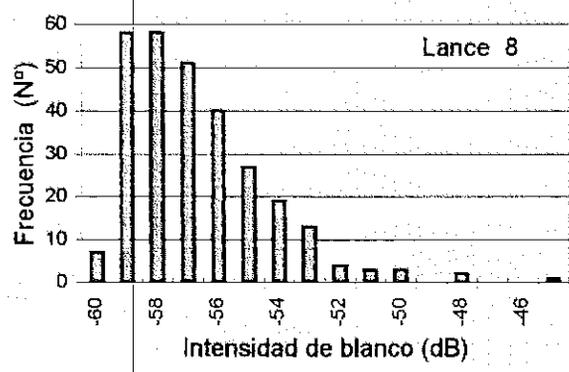
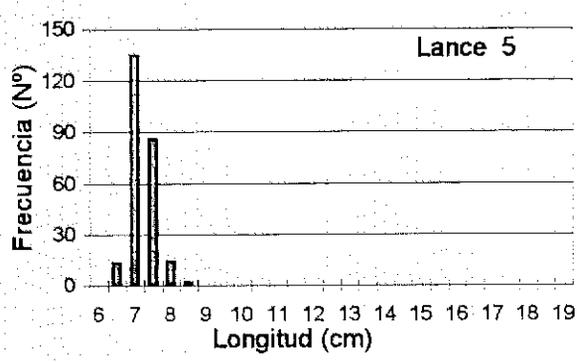
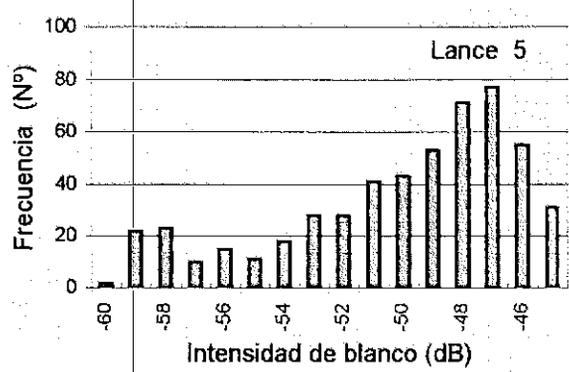
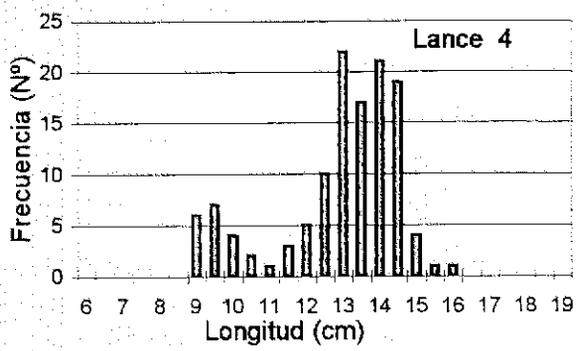
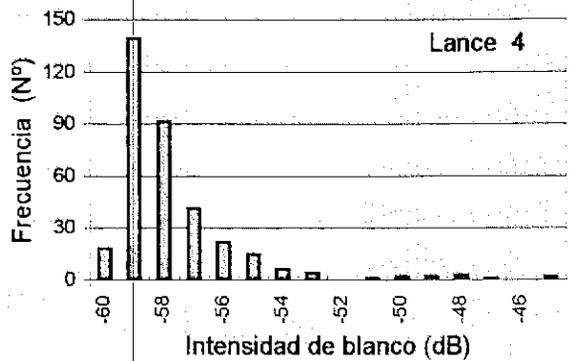


Fig.40 Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 4, 5 y 8). Crucero RECLAN 9611

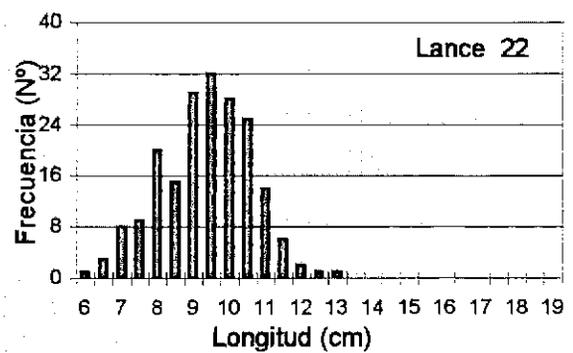
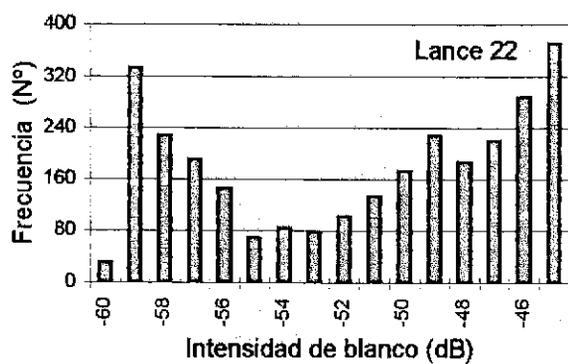
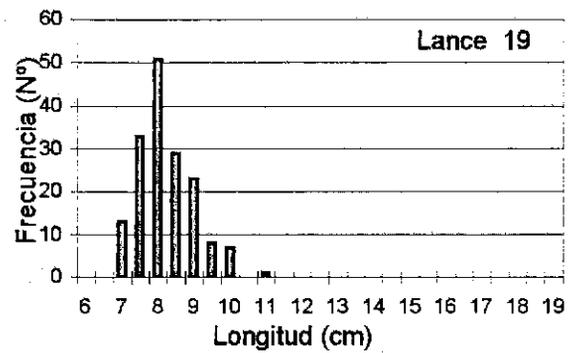
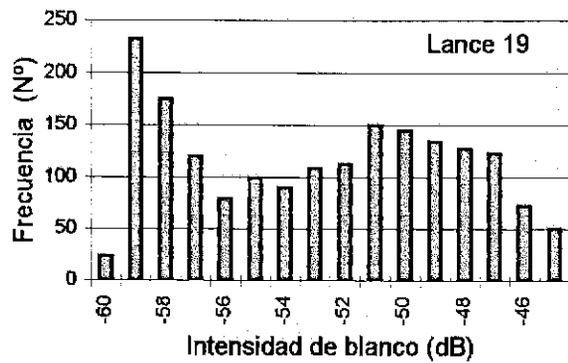
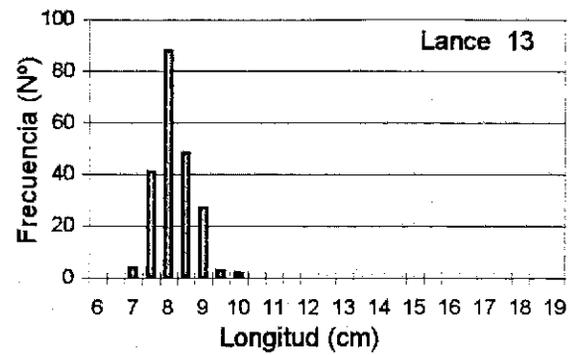
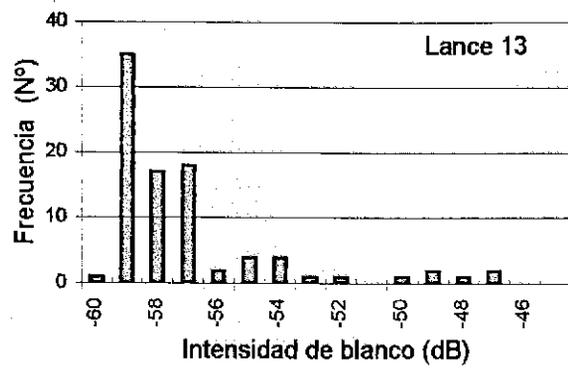


Fig.41 Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 13, 19 y 22). Crucero RECLAN 9611

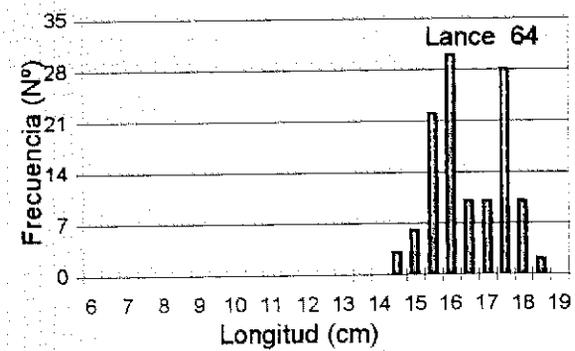
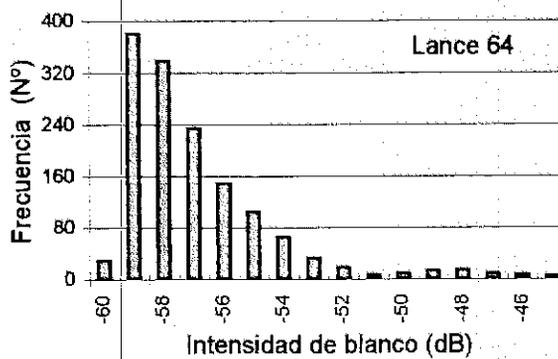
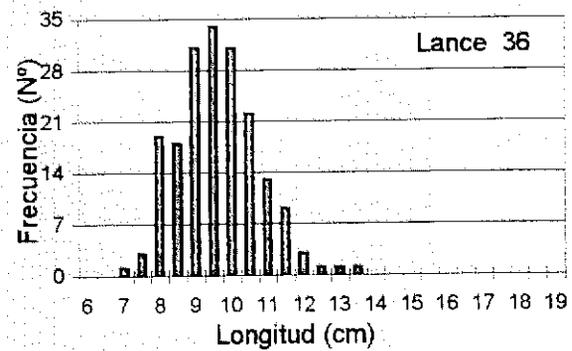
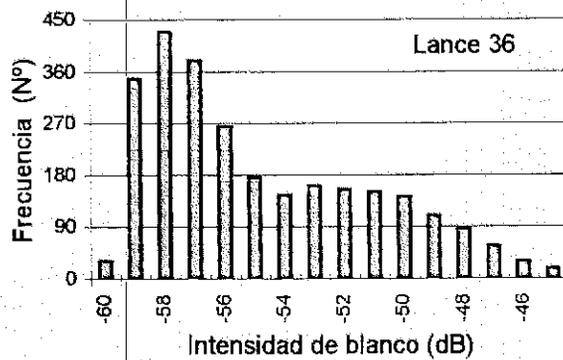
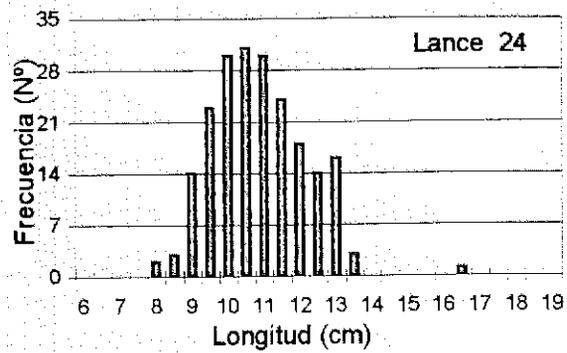
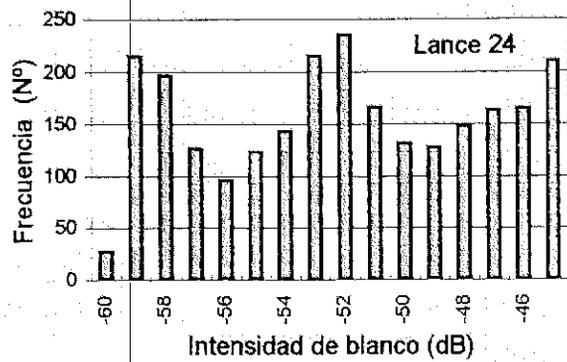


Fig.42 Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (lances 24, 36 y 64). Crucero RECLAN 9611

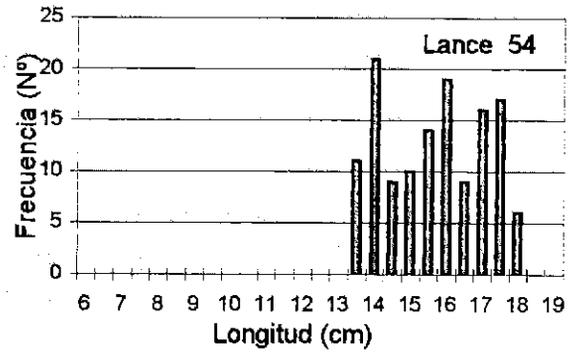
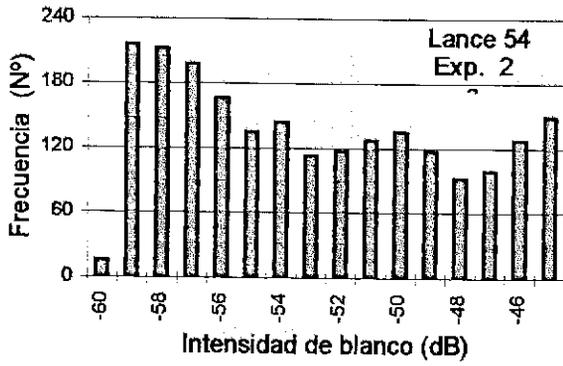
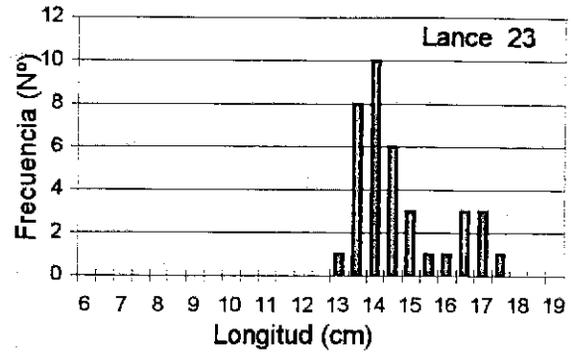
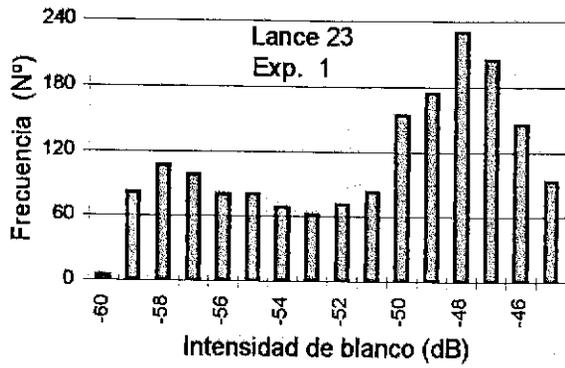


Fig.43 Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (experimentos 1 y 2). Crucero RECLAN 9611

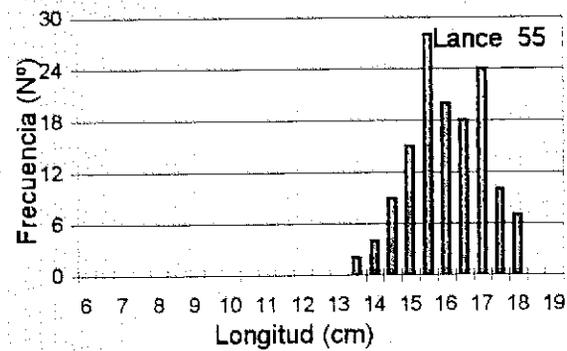
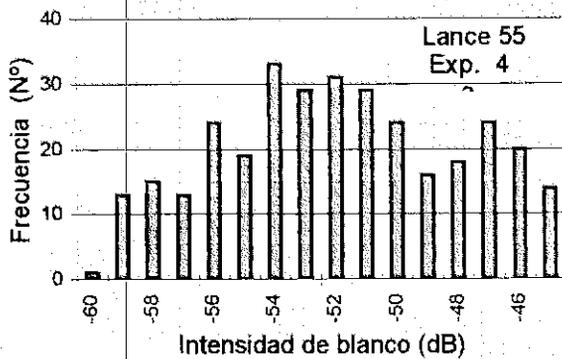
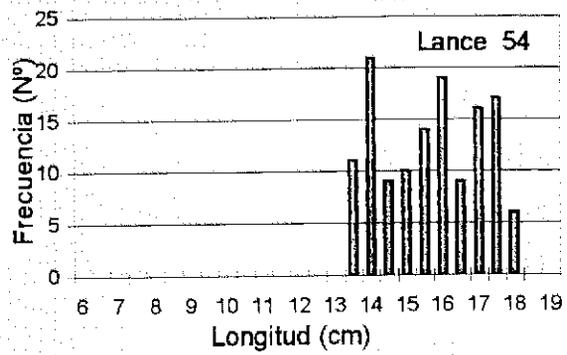
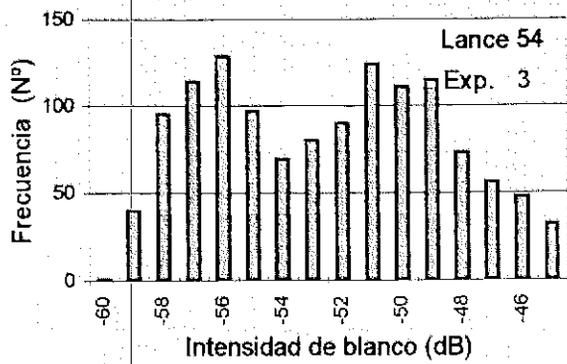


Fig.44 Histogramas de la intensidad de blanco (dB) individuales y de la distribución de tallas de anchoveta (experimentos 3 y 4). Crucero RECLAN 9611

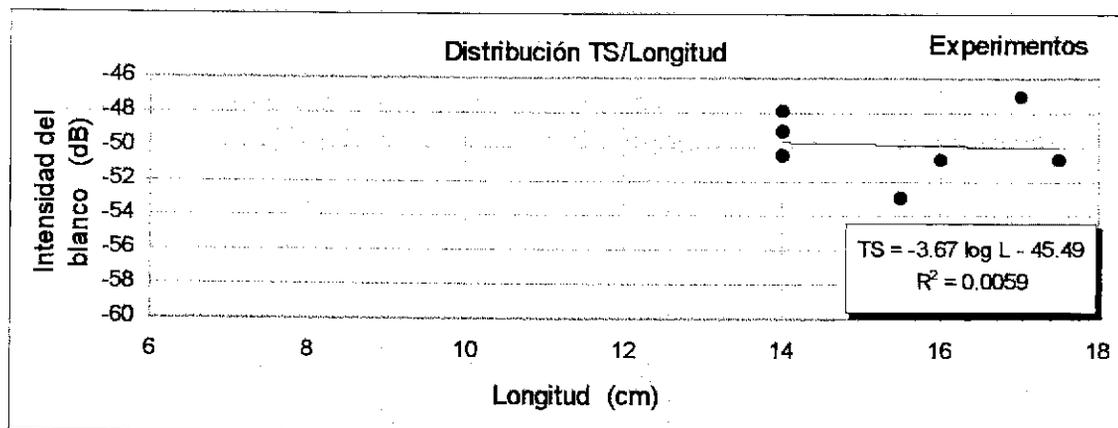
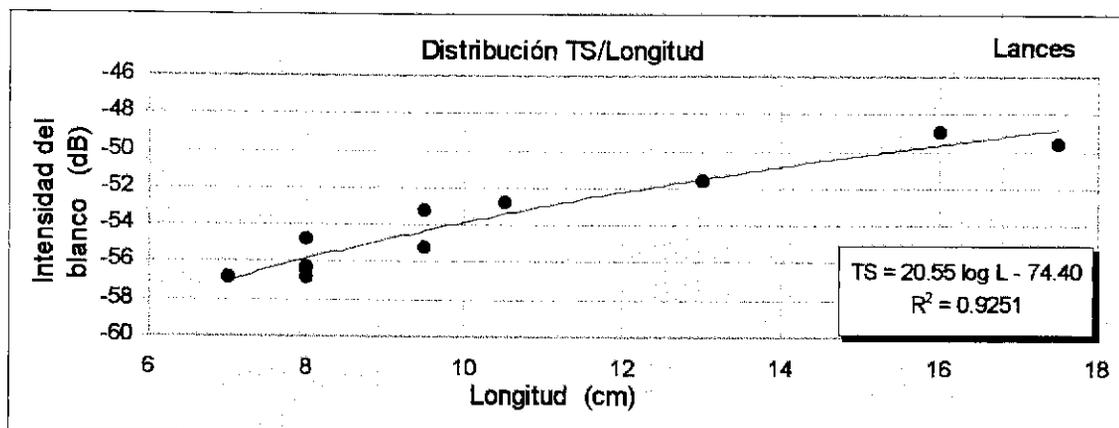
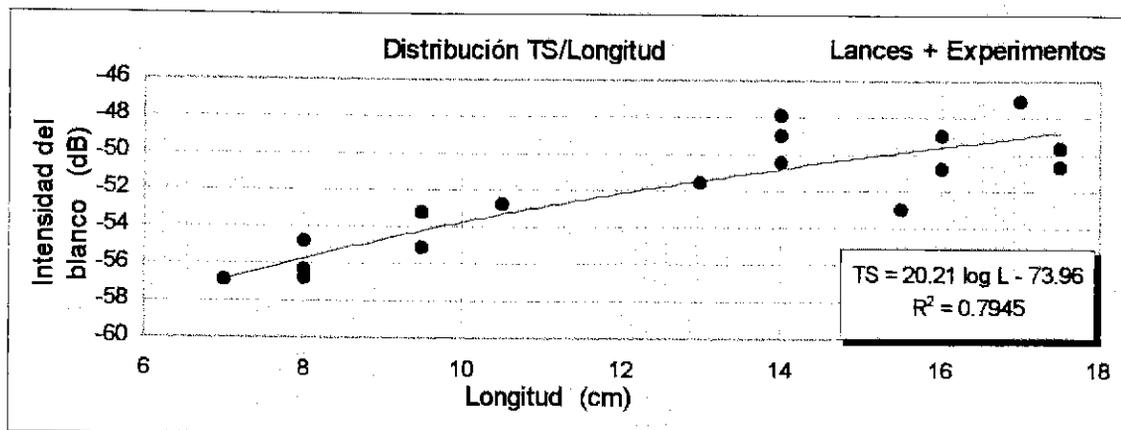


Fig. 45. Relaciones funcionales de la intensidad de blanco (TS) y la longitud total de anchoveta para 38 khz. Crucero RECLAN 9611.

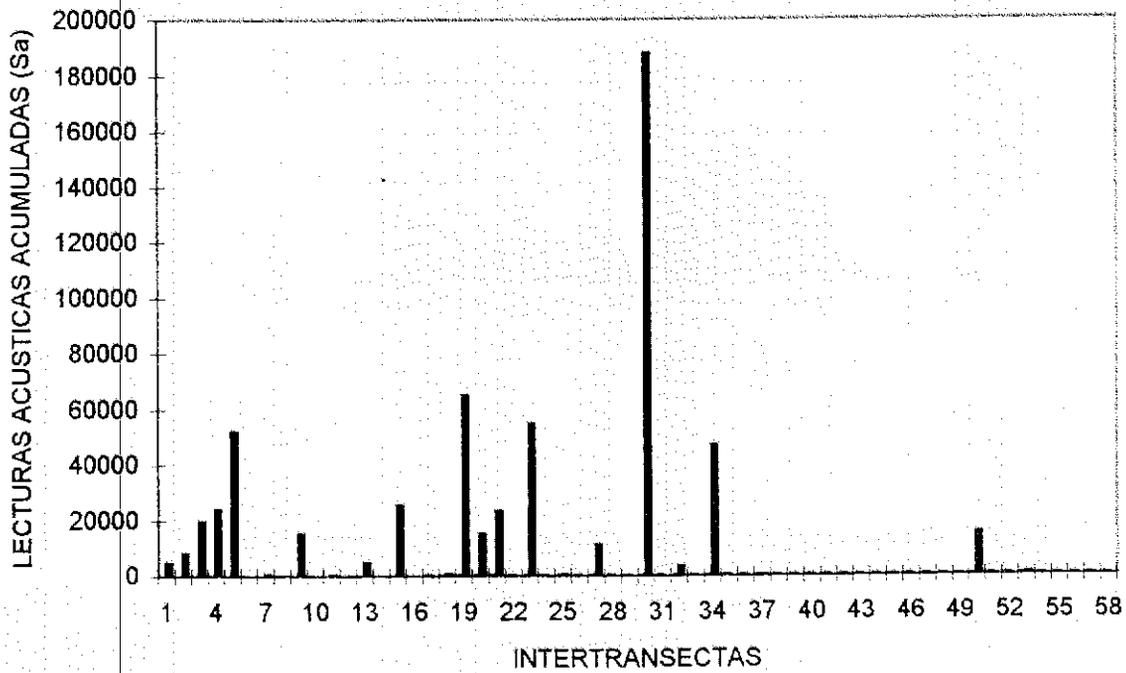
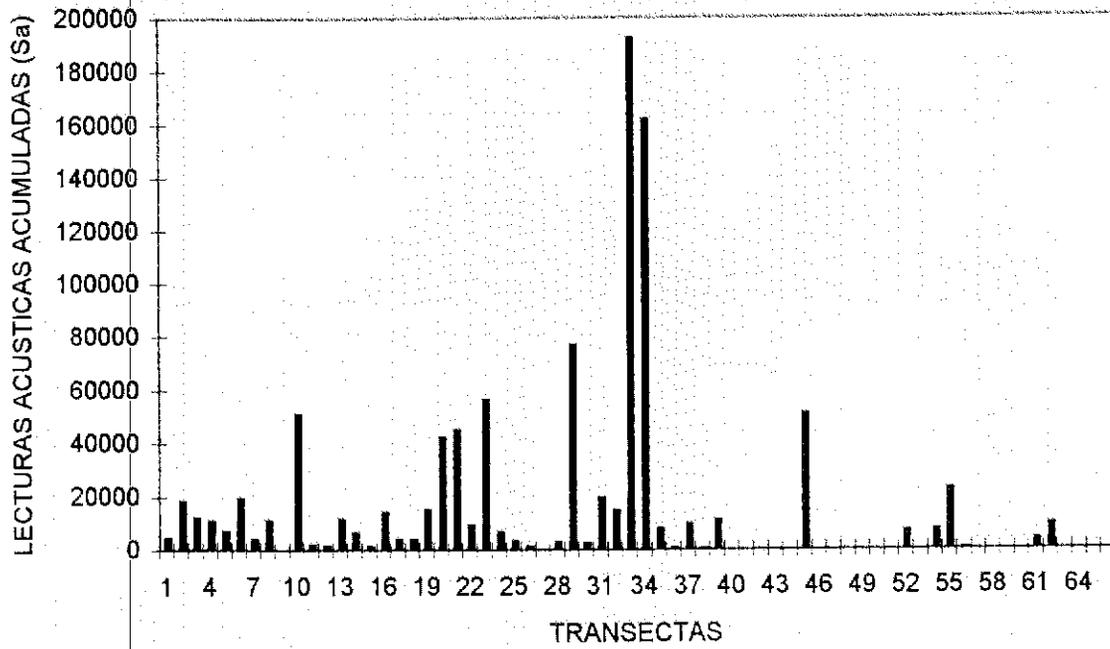


Fig. 46 Lecturas acústicas (Sa) acumuladas por transectas e intertransectas  
Crucero RECLAN 9611.

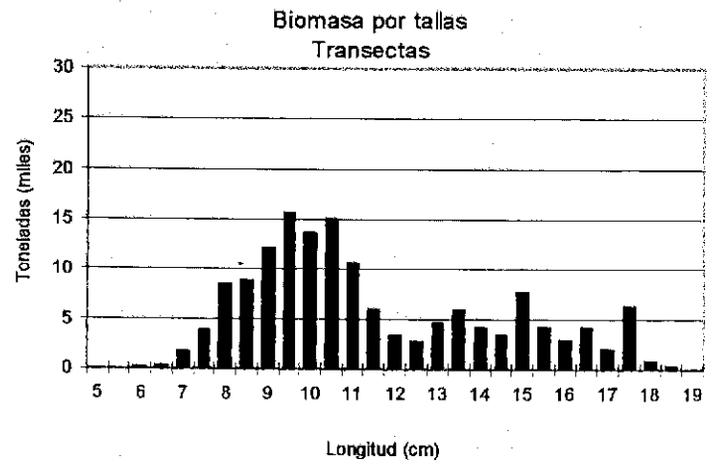
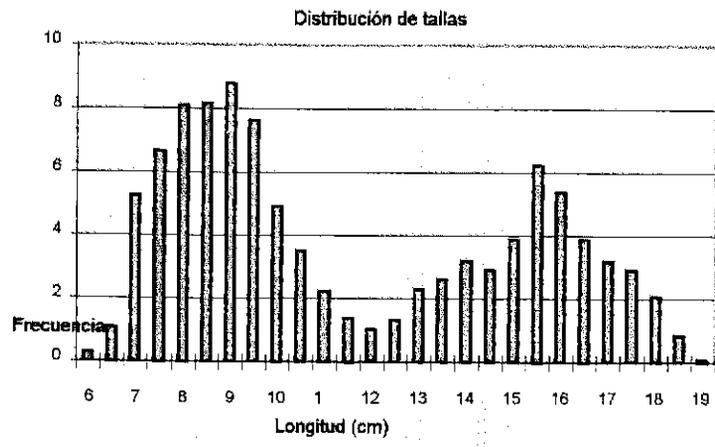


Fig 47. Frecuencia de tallas muestreadas en el crucero y biomasa por tallas en peso. Crucero RECLAN 9611

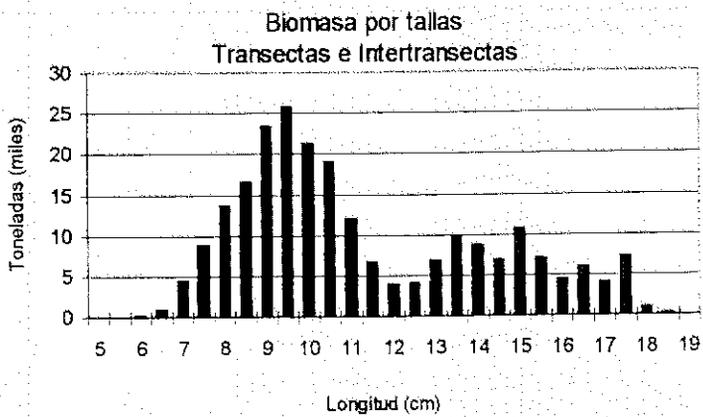
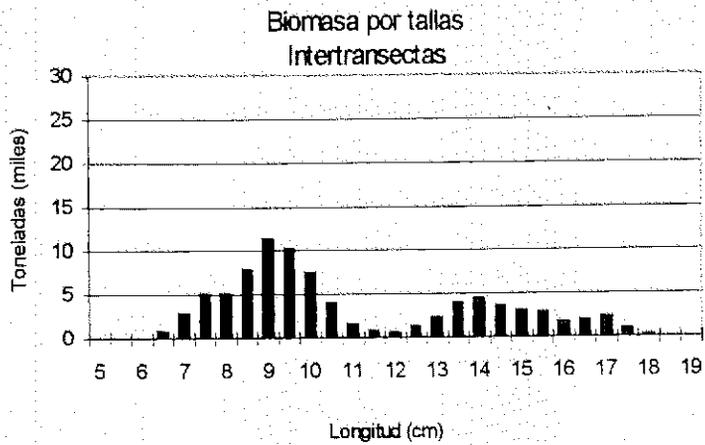


Fig. 48 Biomasa en peso (t) por tallas en transectas e intertransectas, según el método acústico. Crucero RECLAN 9611.

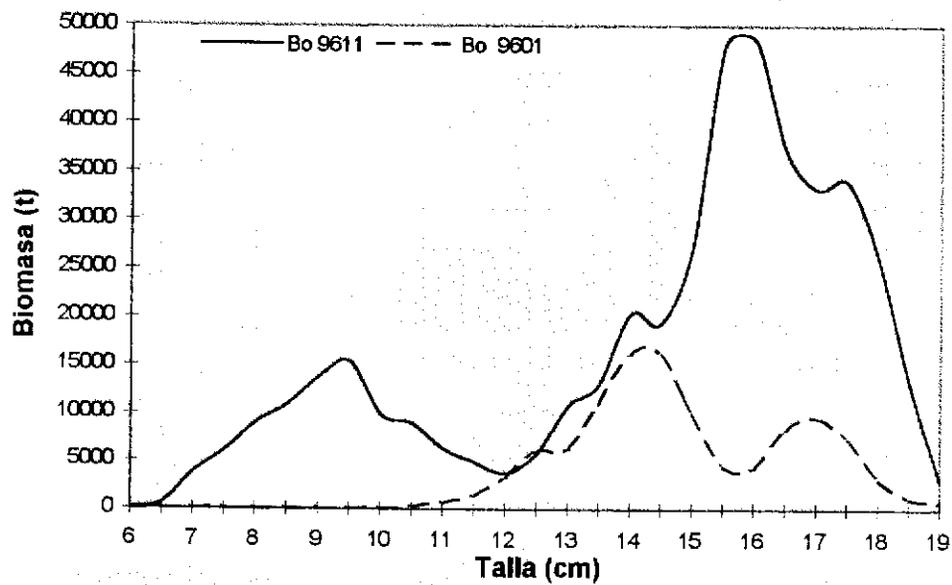
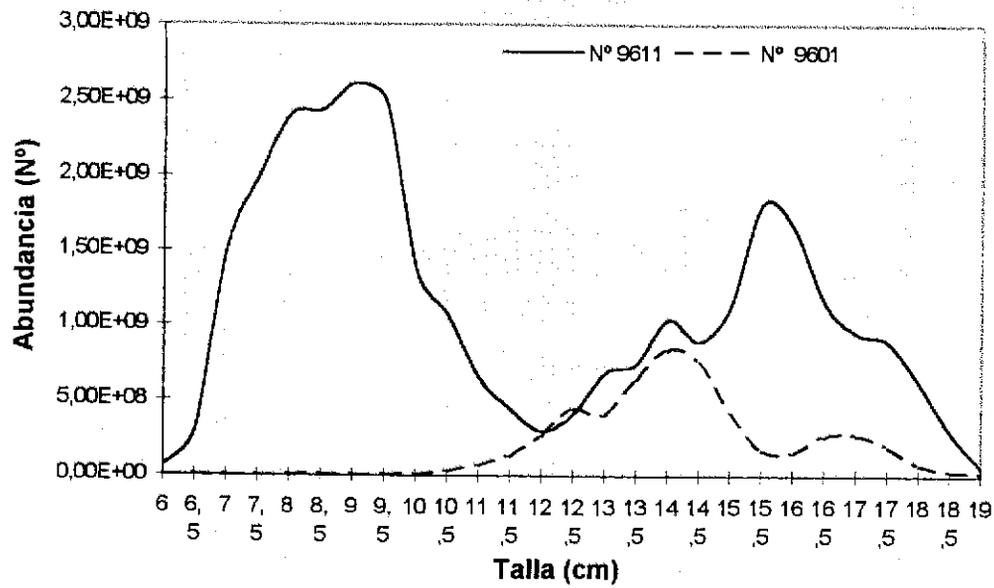


Fig. 49. Biomasa de anchoveta por talla en número y peso de los crucesos RECLAN 9601 Y RECLAN 9611.

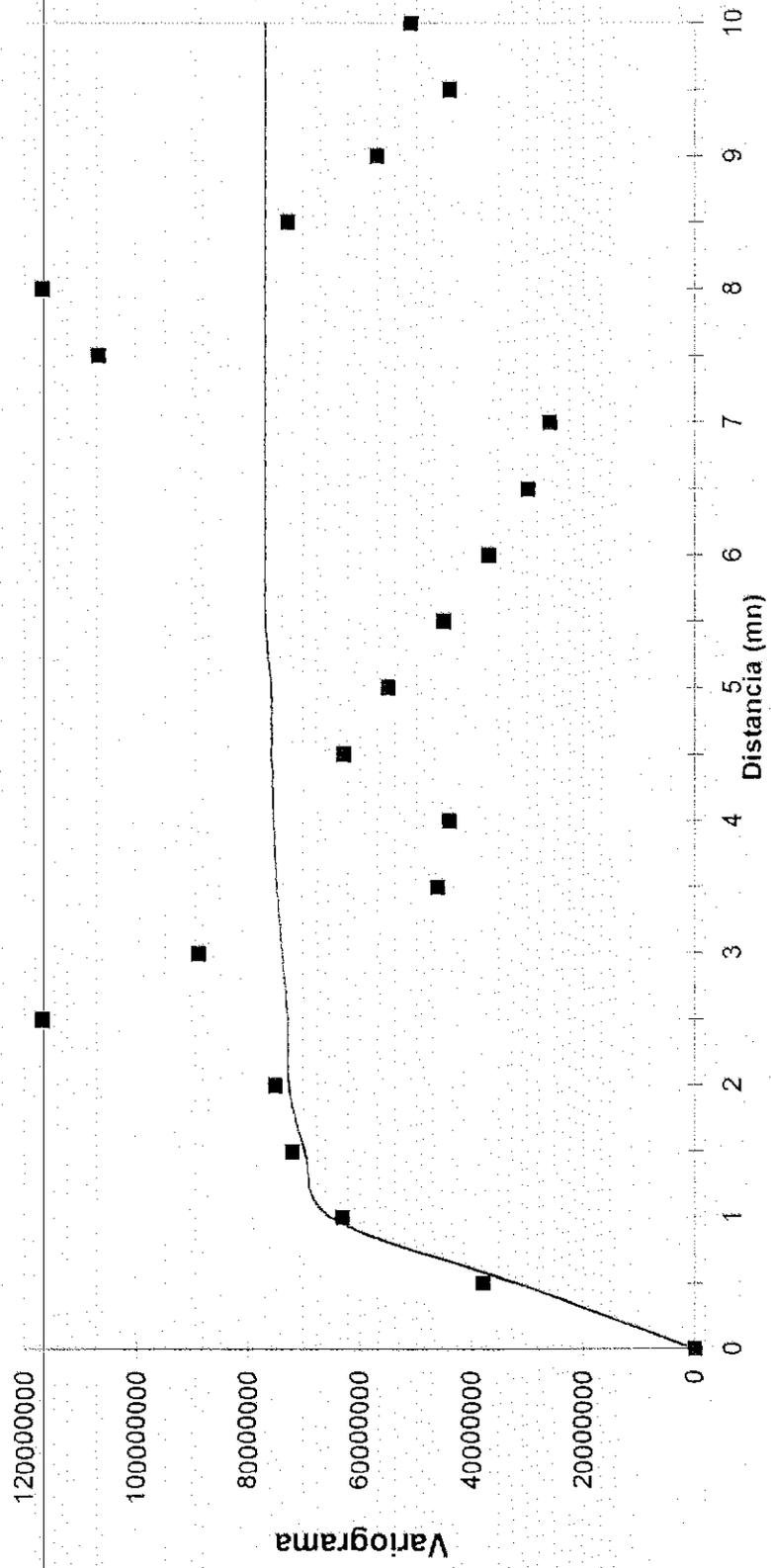


Fig. 50 Variograma de la distribución de anchoveta. Crucero RECLAN 9611

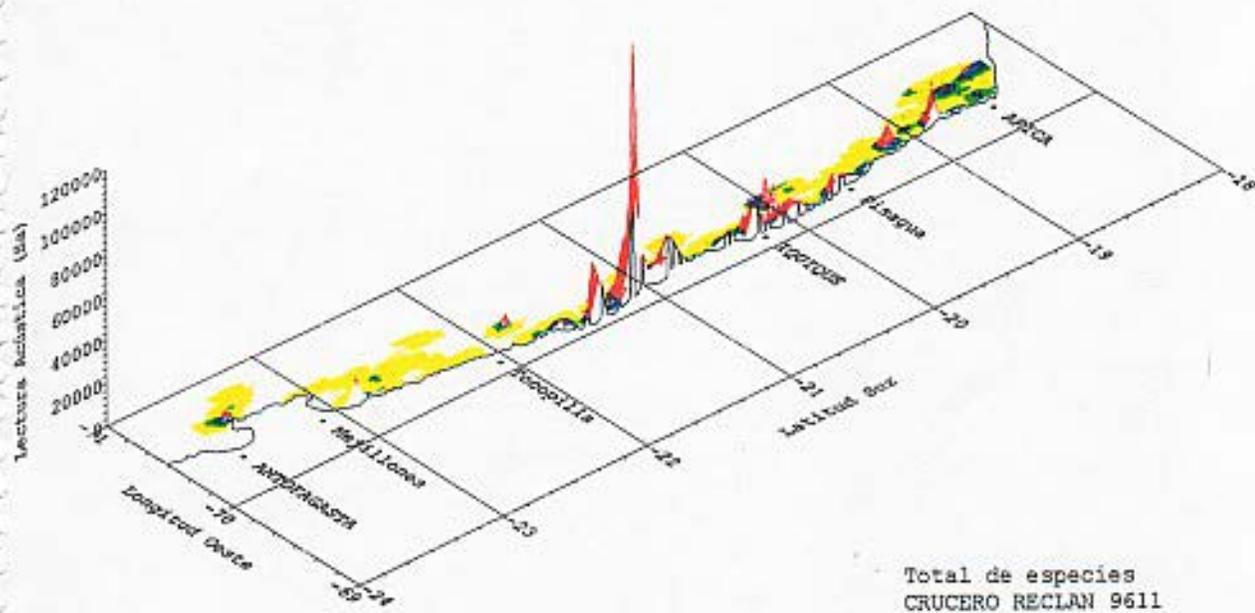
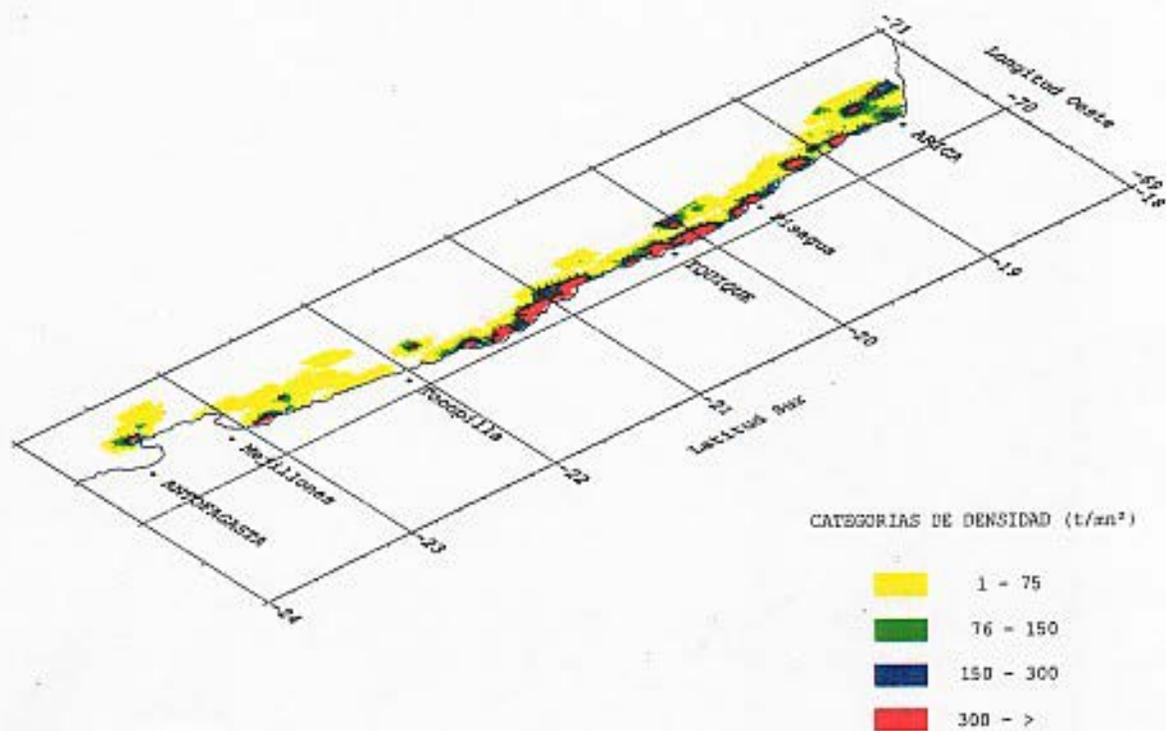


Fig. 51. Distribución espacial de la abundancia del total de especies. CRUCERO RECLAN 9611

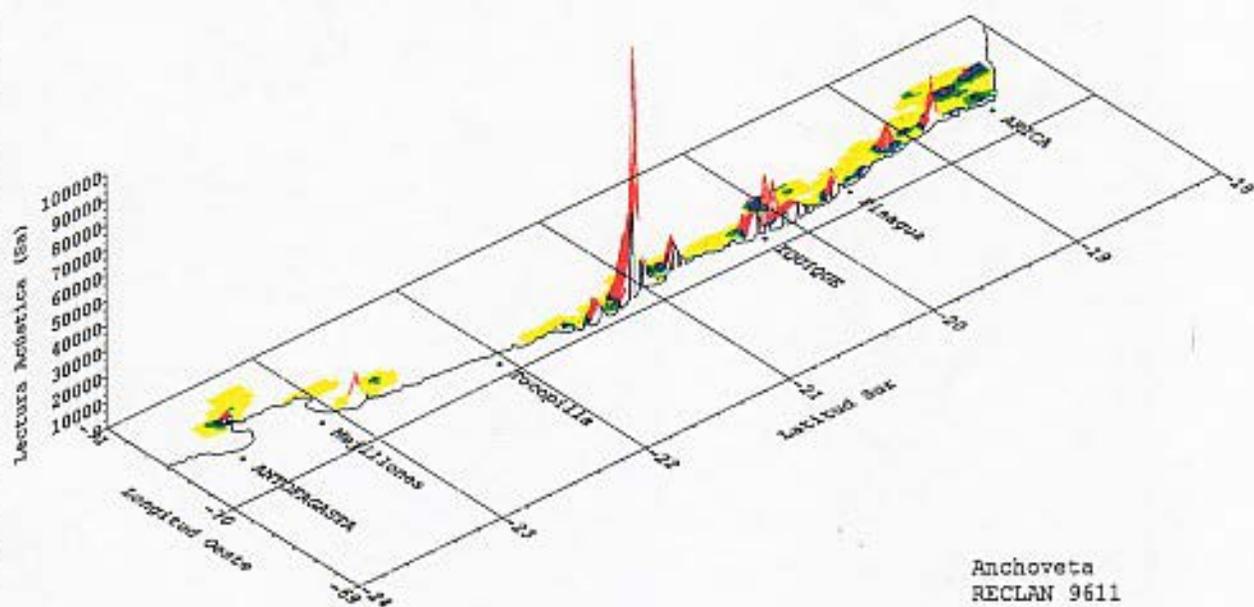
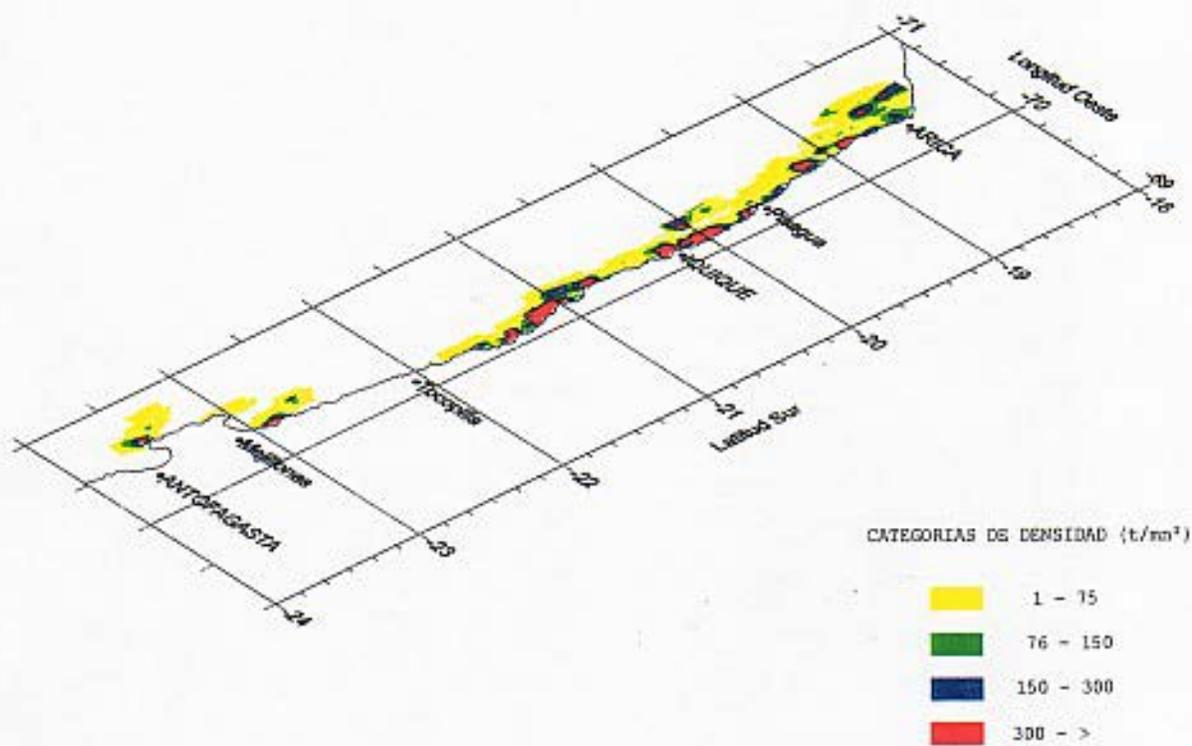


Fig. 52 Distribución espacial de la abundancia de anchoveta. Crucero RECLAN 9611

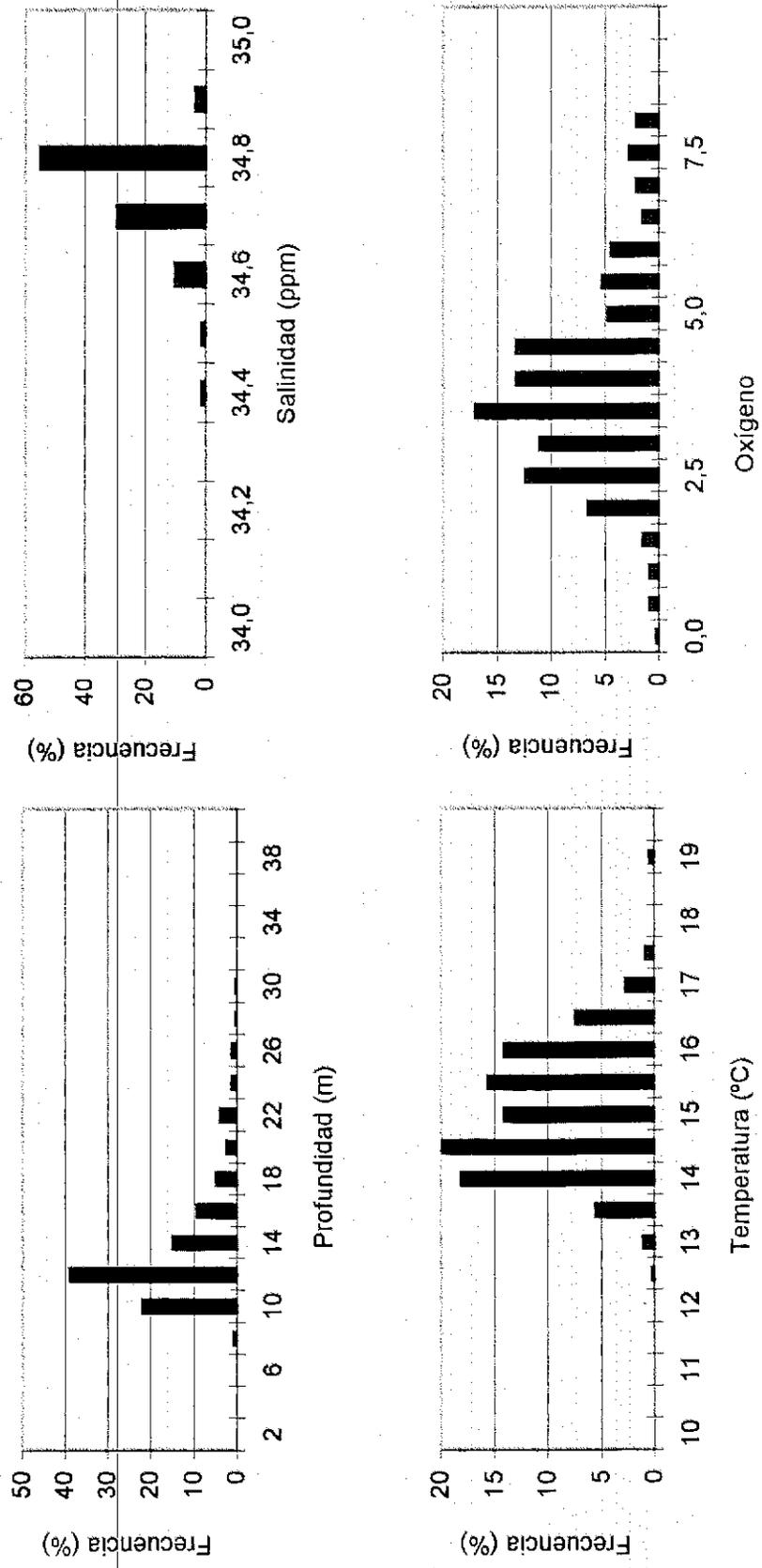


Fig. 53. Frecuencia de cardumenes de anchoveta por profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno. Crucero RECLAN 9611.

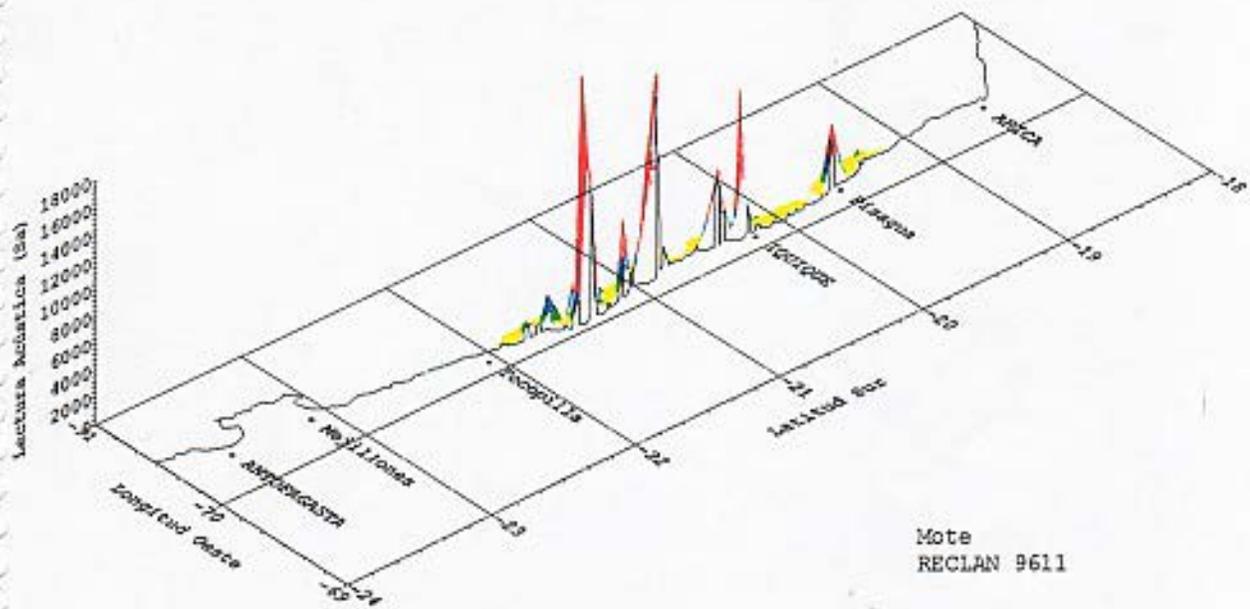
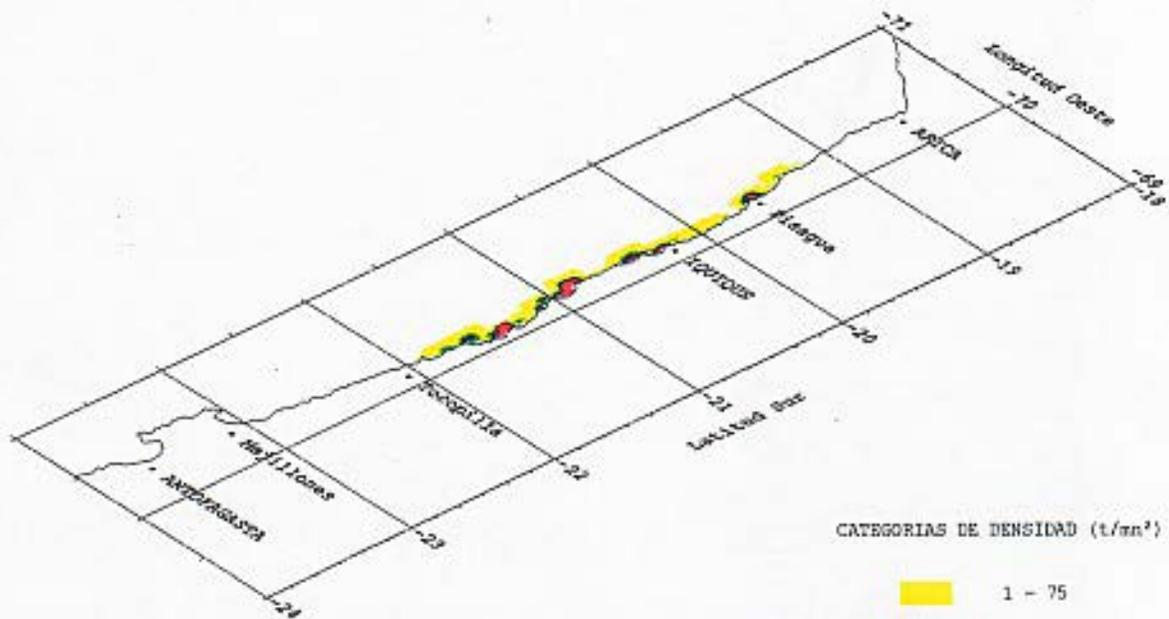


Fig. 54. Distribución espacial de la abundancia de mote . Crucero RECLAN 9611

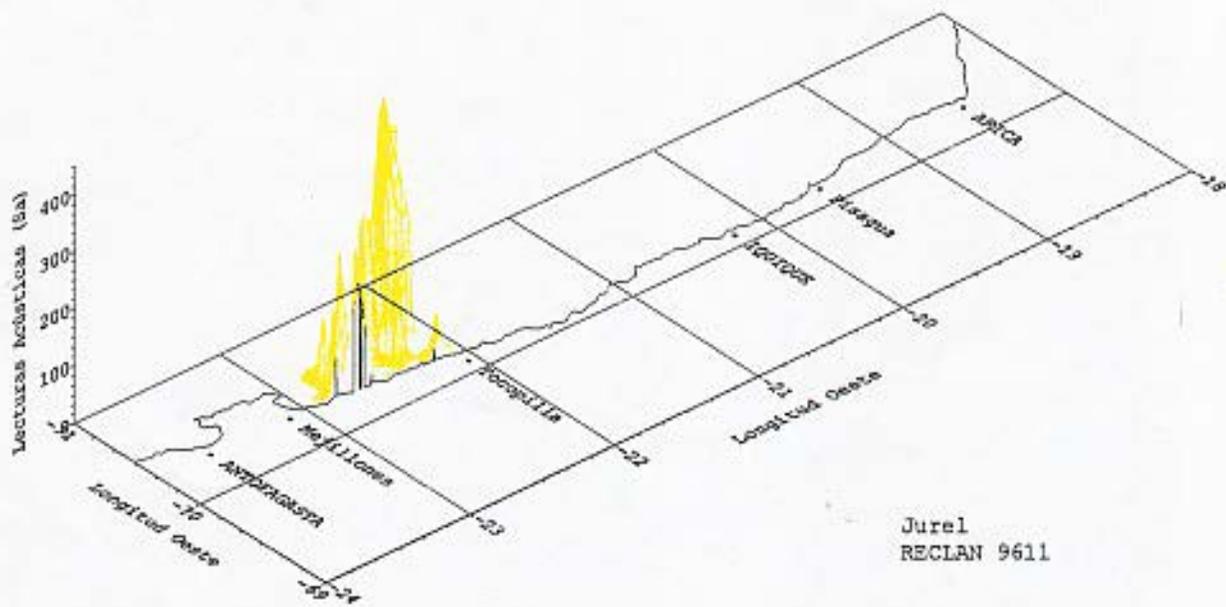
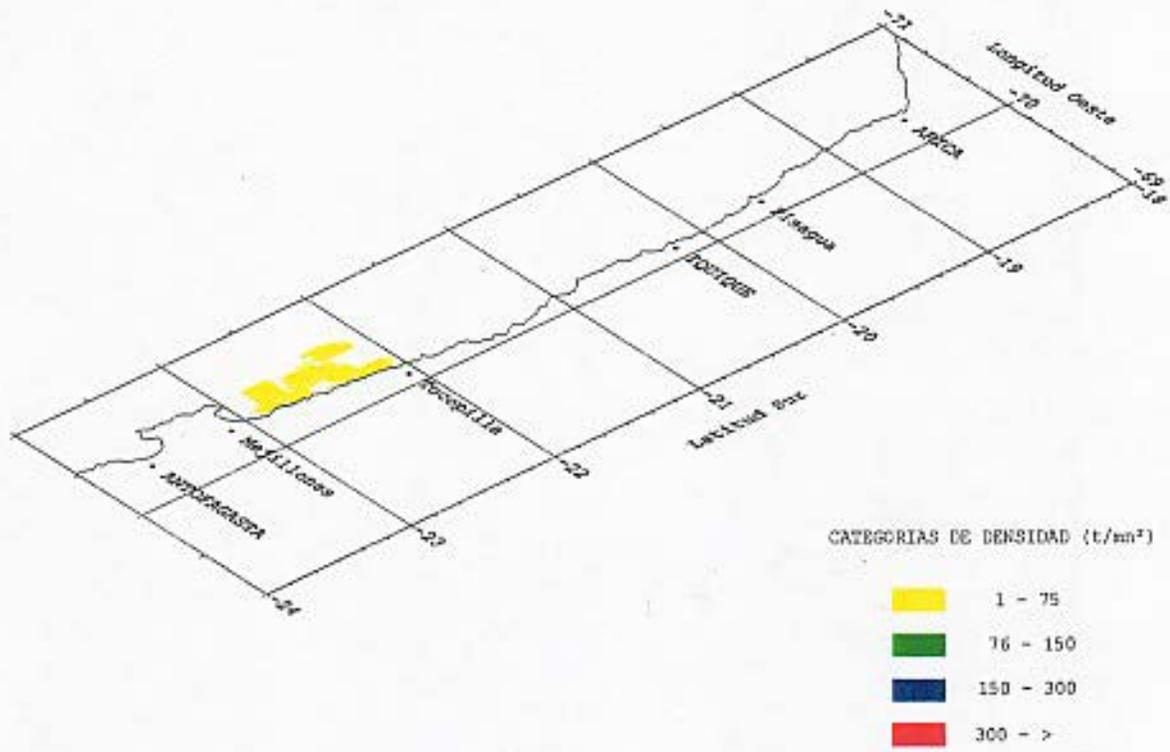
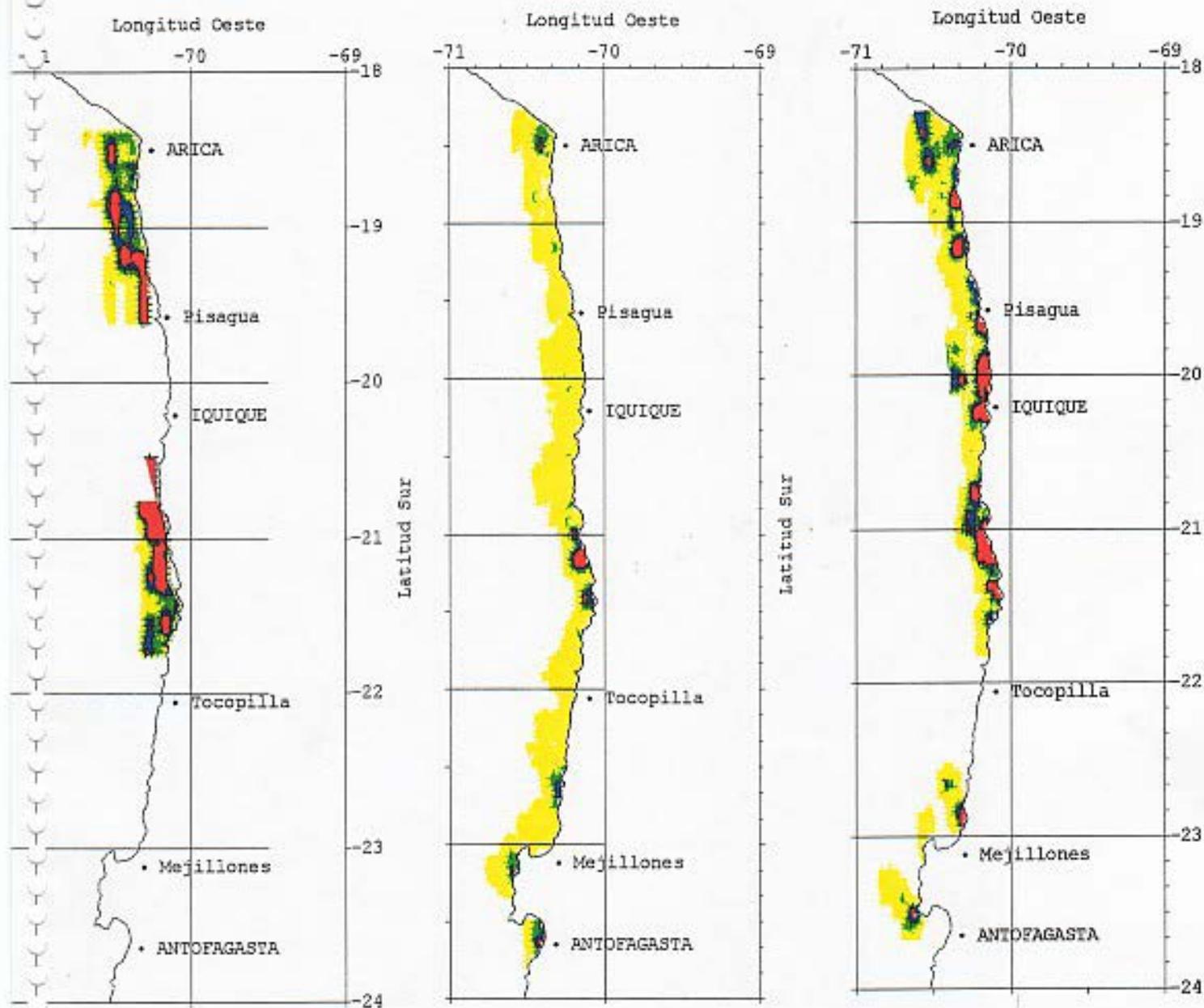


Fig. 55. Distribución espacial de la abundancia de jurel. Crucero RECLAN 9611



RECLAN 9501

RECLAN 9601

RECLAN 9611

CATEGORIAS DE DENSIDAD (t/m<sup>3</sup>)



Fig. 56. Distribución espacial de anchoveta en los cruces RECLAN 9501, 9601 y 9611.

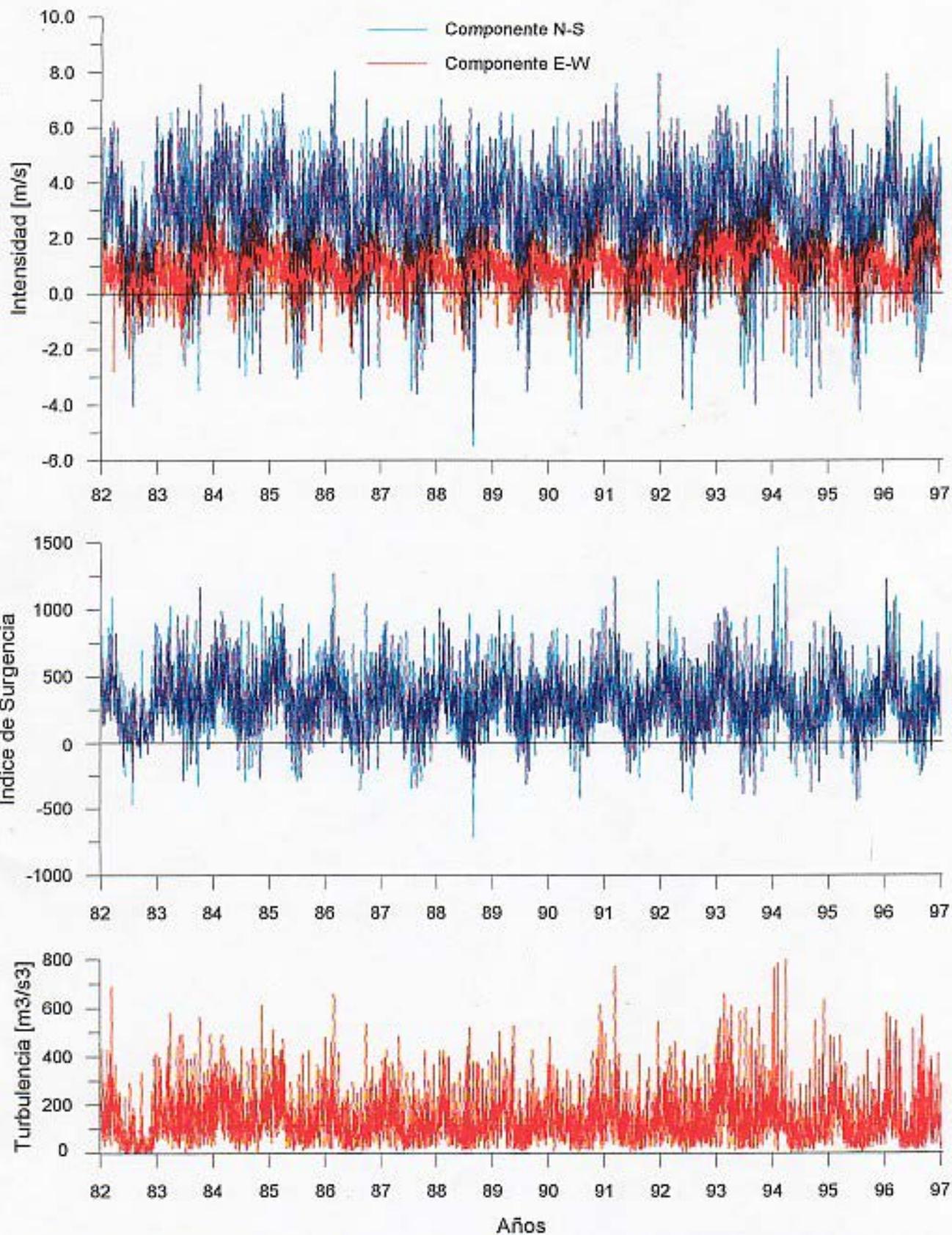
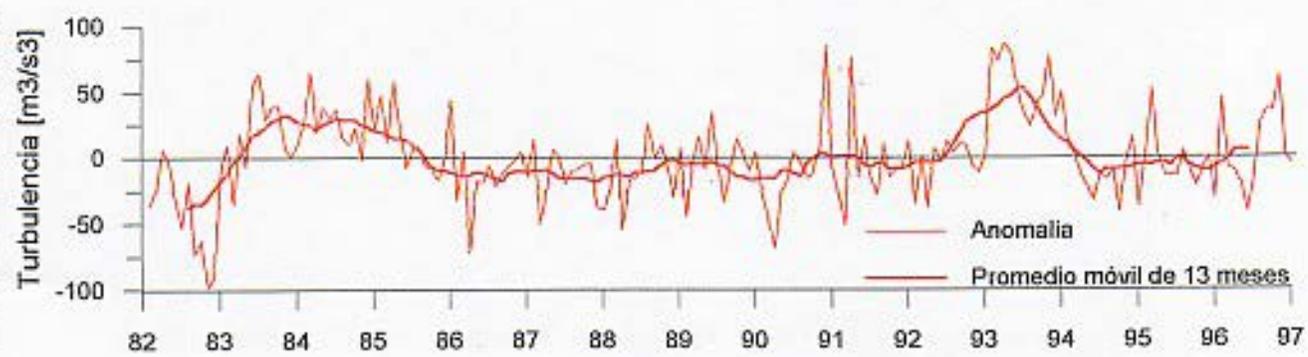
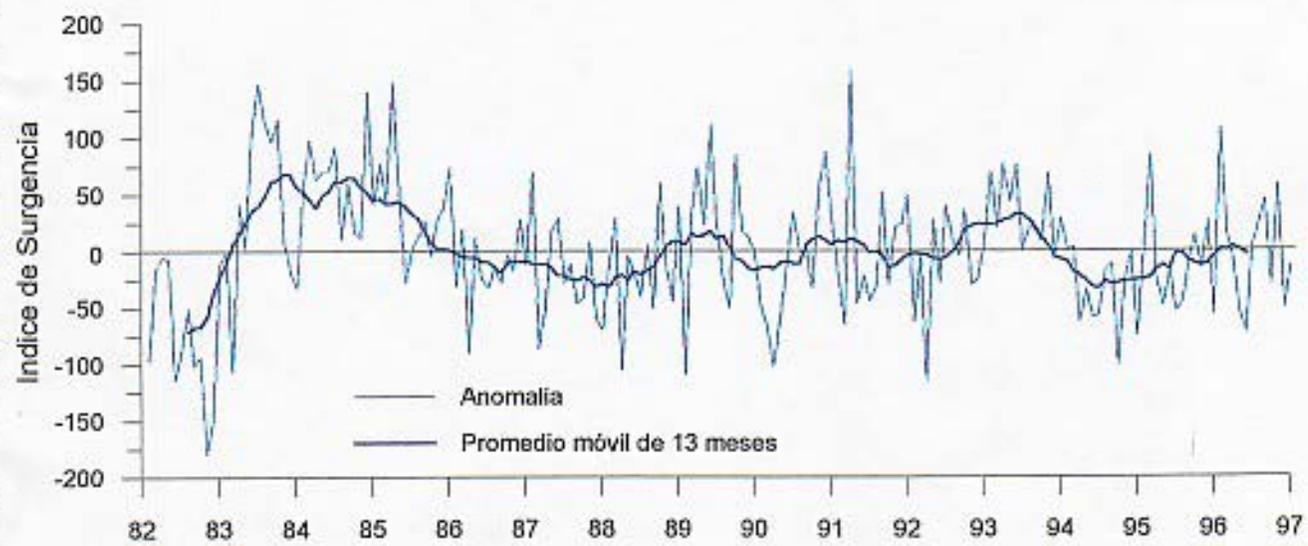
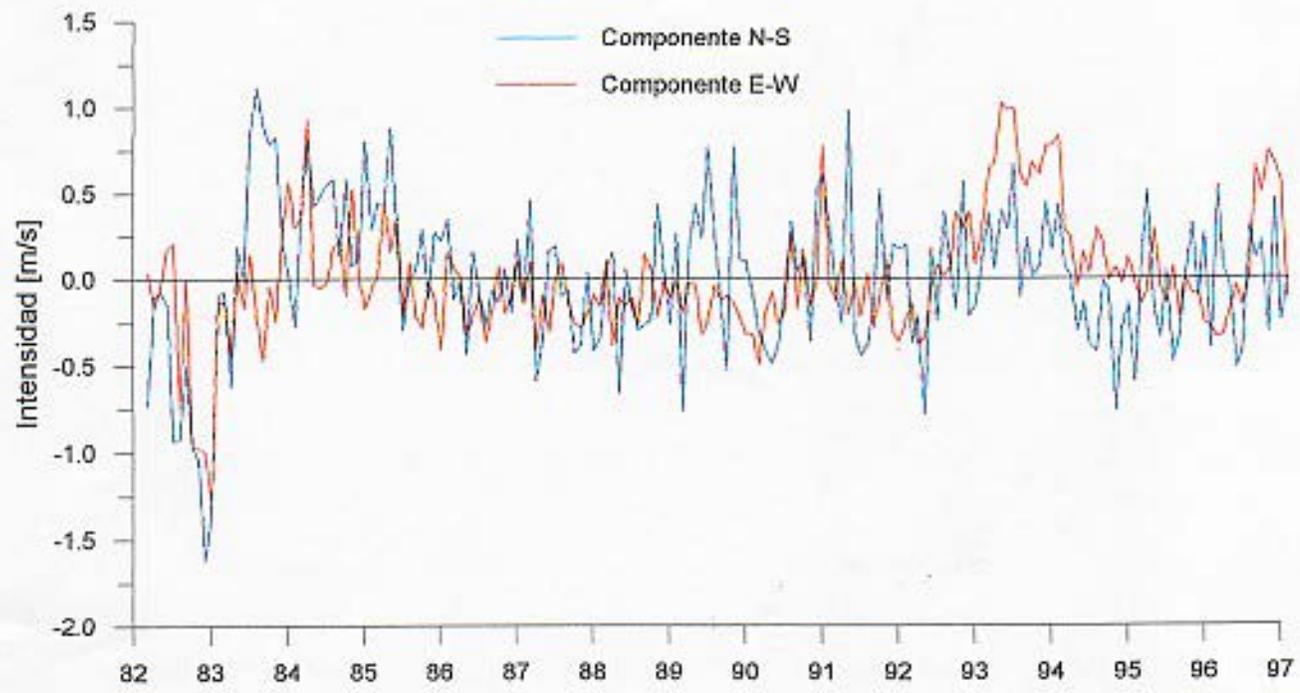


Fig. 57.a. Componente U (Este-Oeste), V (Norte-Sur), Indice de Surgencia y Turbulencia del viento promedio diario en Iquique.



Años

Fig. 57.b. Anomalia mensual de la componente U (Este-Oeste), V (Norte-Sur), Índice de Surgencia y Turbulencia del viento promedio mensual en Iquique.

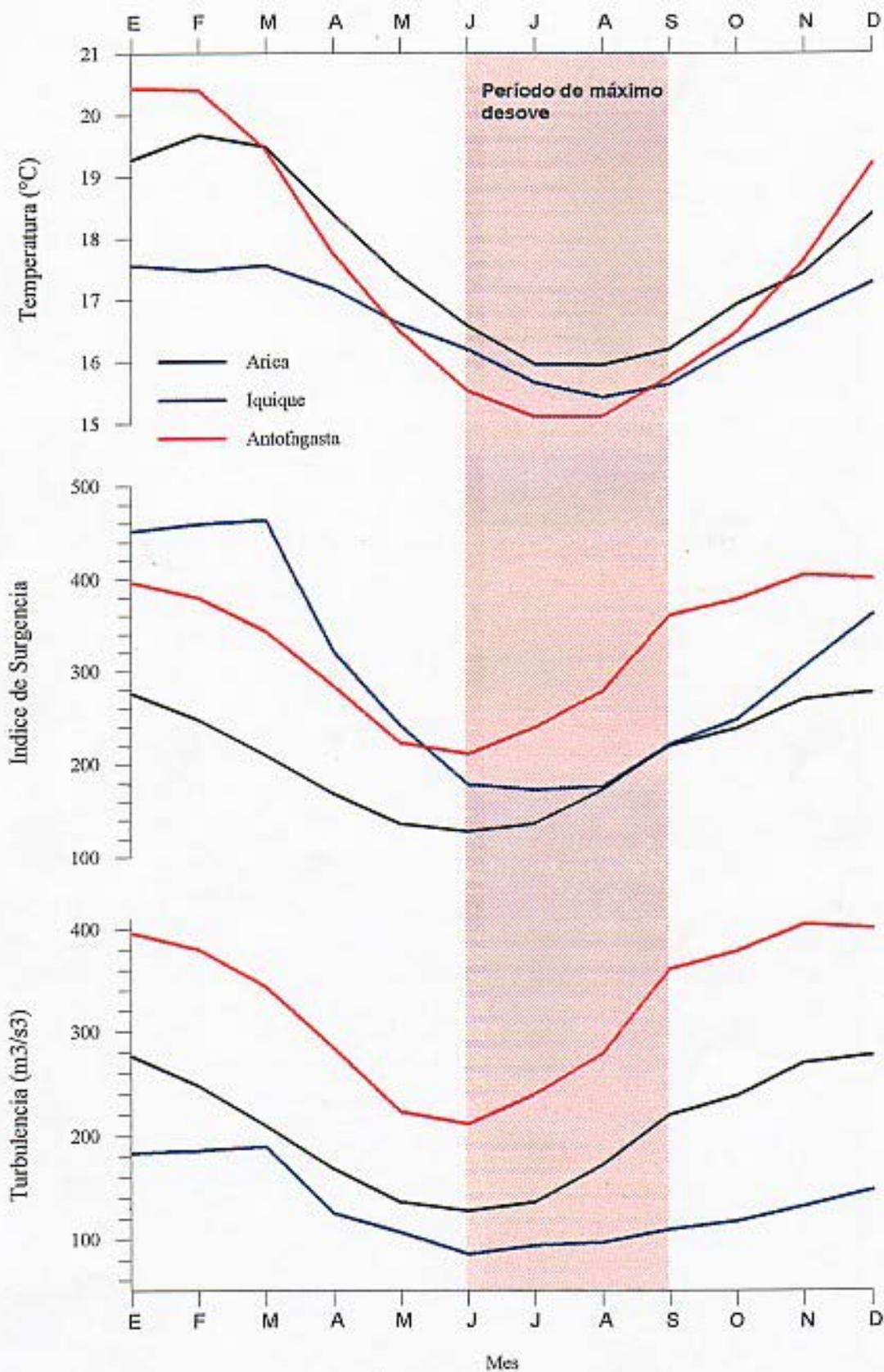


Fig. 58. Promedio mensual de temperatura, Índice de surgencia y turbulencia en Arica, Iquique y Antofagasta. Período 1970 - 1996

### Temperatura superficial (Estaciones costeras)

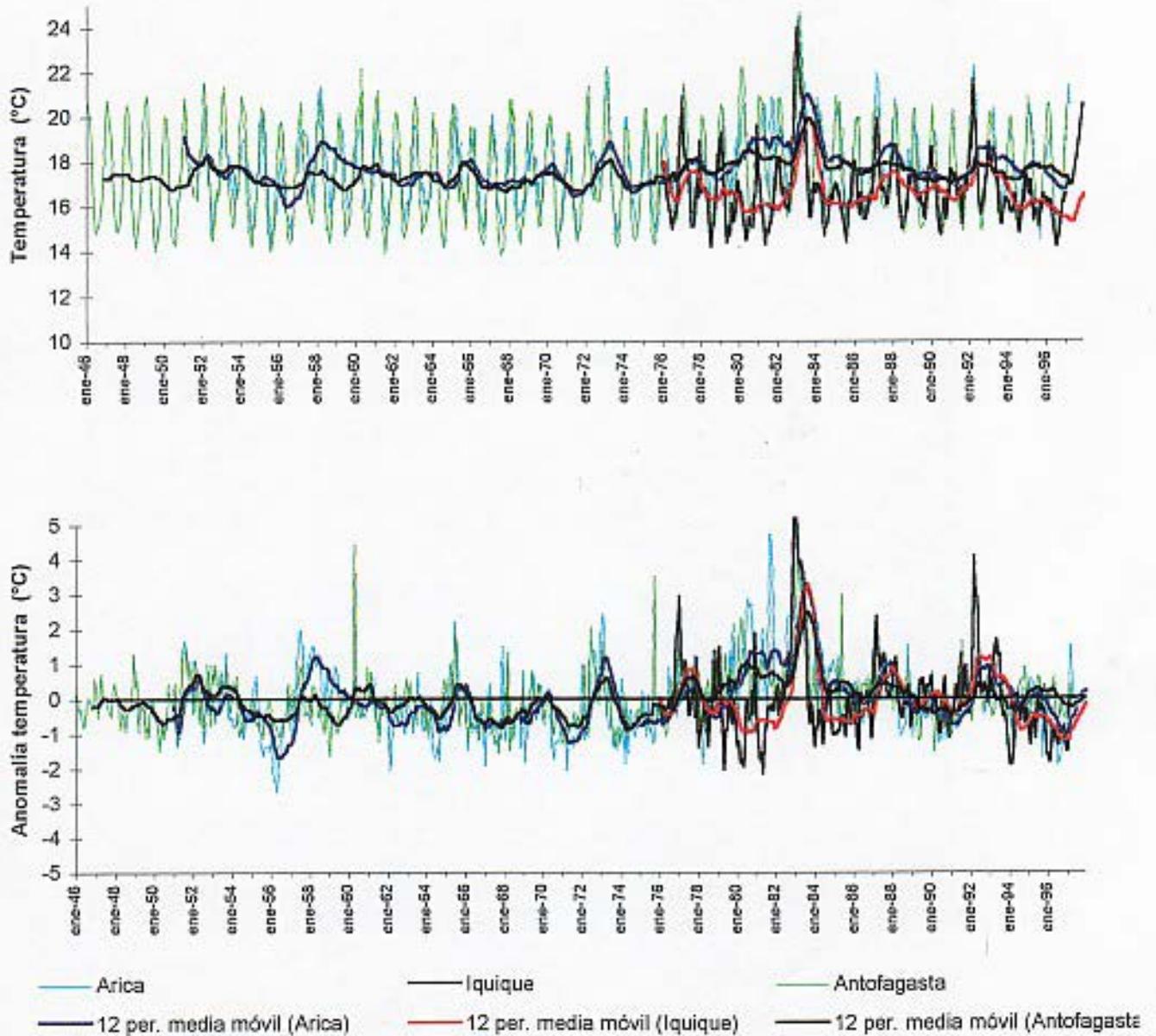


Fig. 59. Promedio mensual de temperatura superficial del mar. Estaciones costeras de Arica, Iquique y Antofagasta. a) Temperatura y b) anomalía de temperatura. Línea gruesa indica promedio móvil de 12 meses.

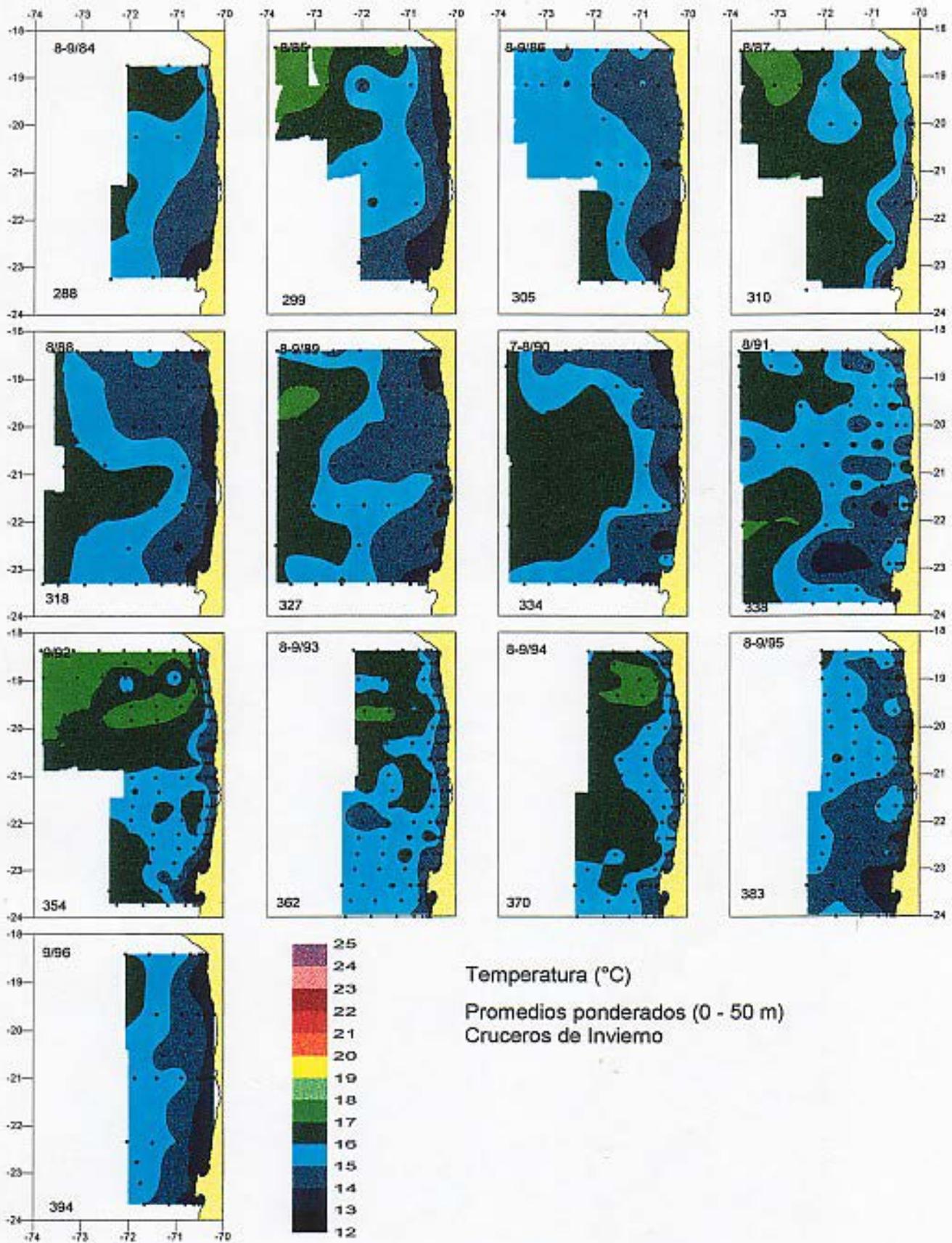


Fig.- 60. Promedio ponderado de temperatura entre 0 y 50 m de profundidad. Cruceros de invierno.

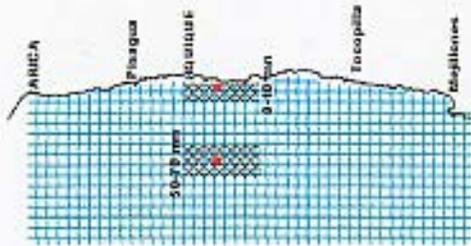
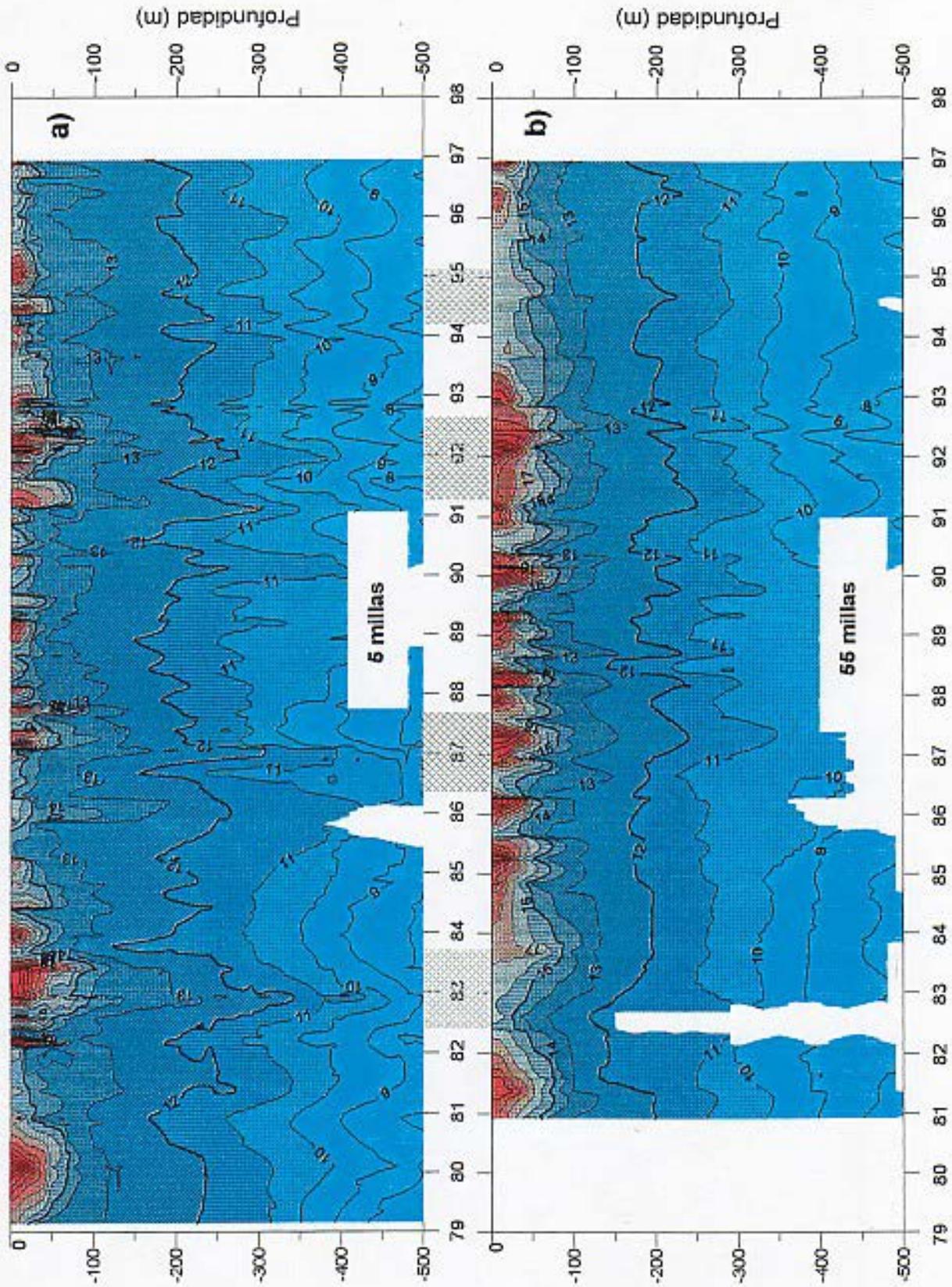


Fig. 61. Distribución vertical de temperatura en a) a 5 millas de la costa y b) a 55 millas de la costa frente a Iquique.

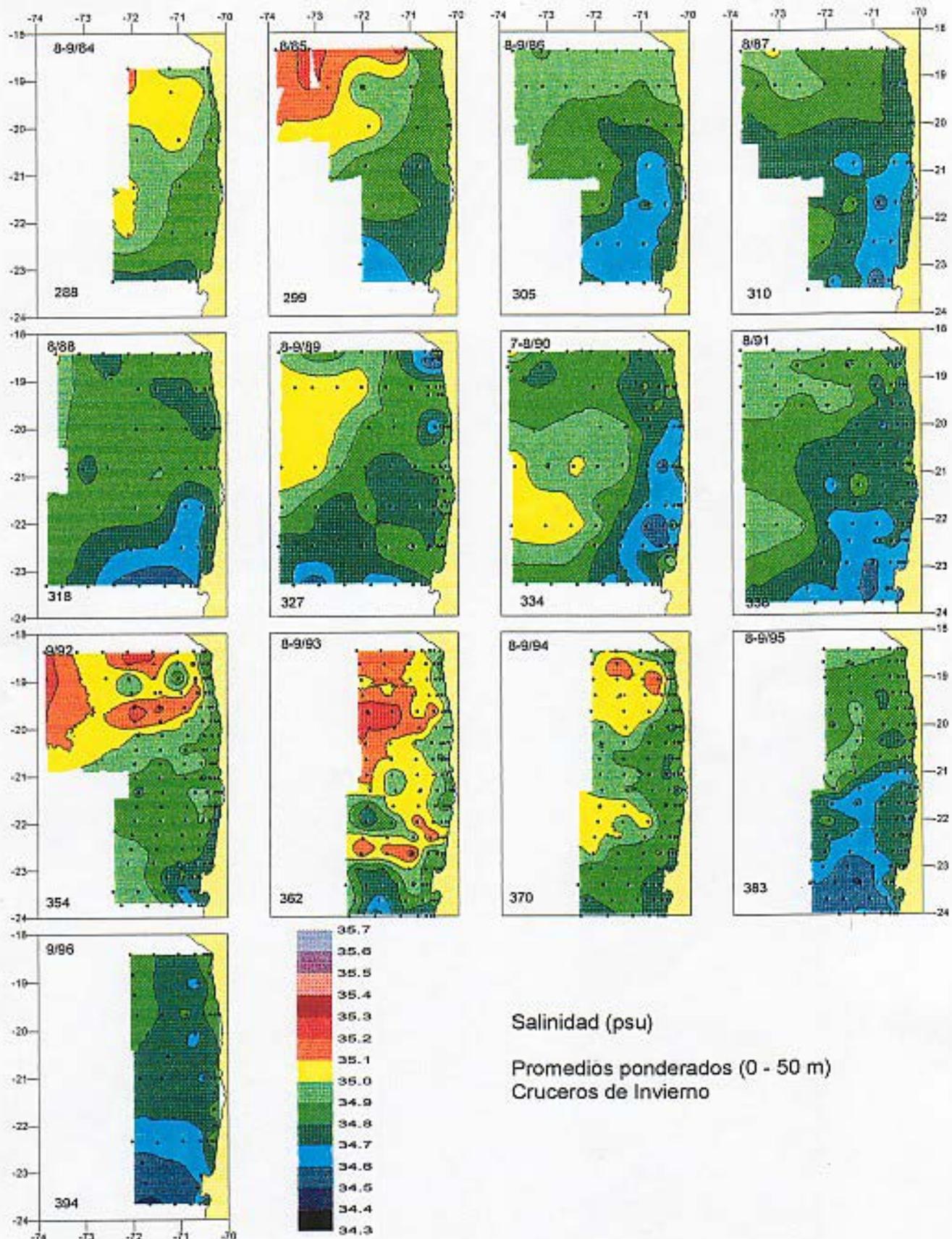


Fig. 62. Promedio ponderado de salinidad entre 0 y 50 m de profundidad. Cruceros de invierno.

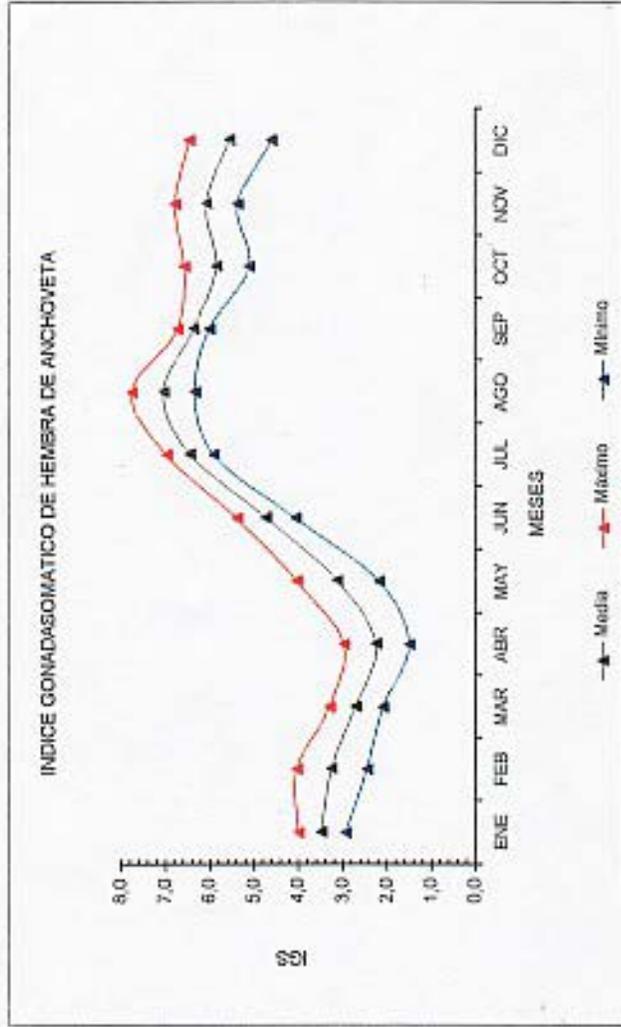


Figura 63 : Patrón del índice gonadasomático de las hembras de anchoveta de la Zona Norte de Chile, período 1987-96. Los valores máximos y mínimos representan el promedio más o menos una desviación estándar del promedio.

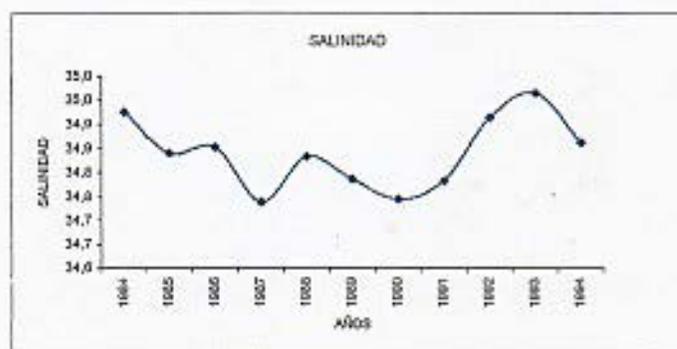
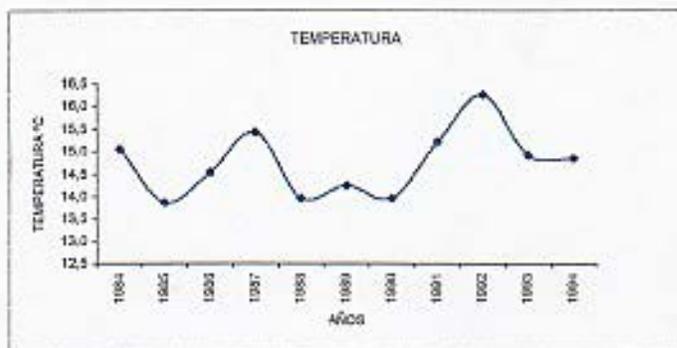


Figura 64 : Cambios interanuales de las variables ambientales (temperatura, salinidad, índice de turbulencia y transporte Ekman) en la zona Arica-Iquique, 0-20 mn de la costa.

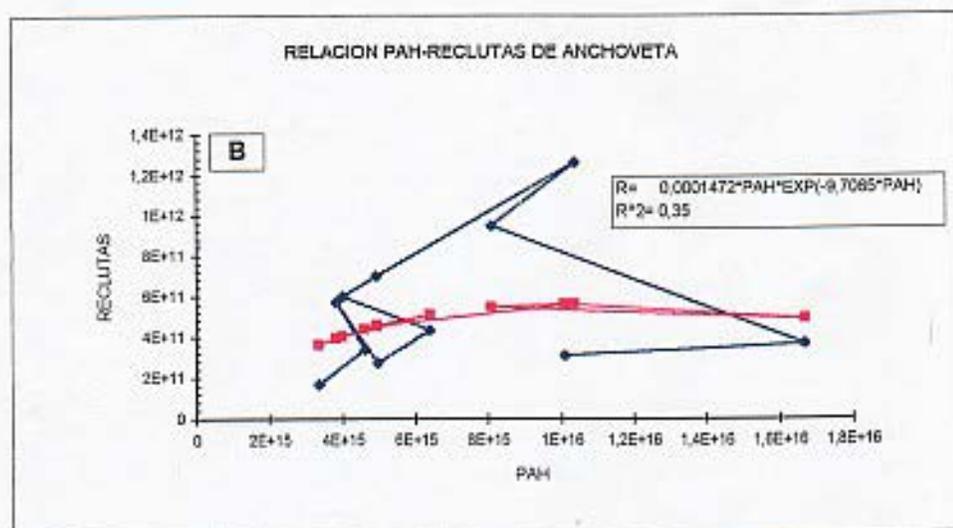
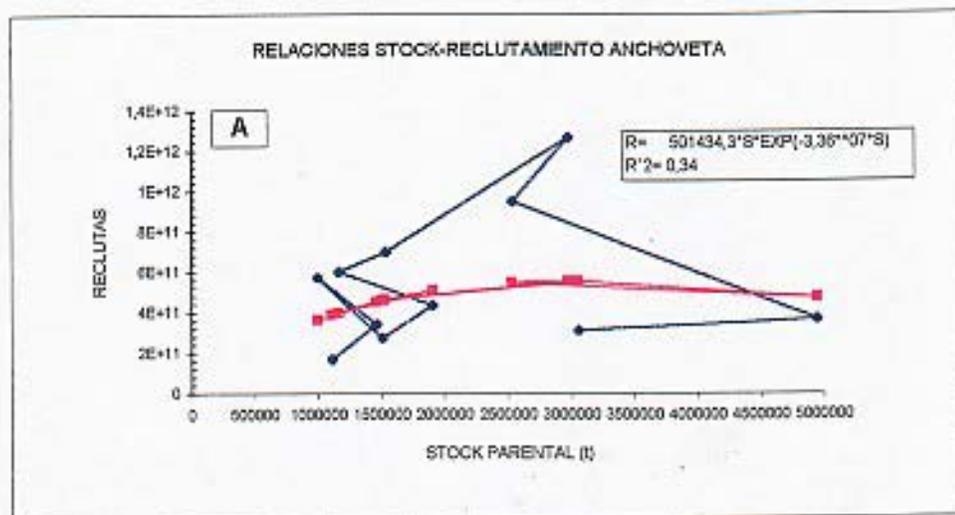
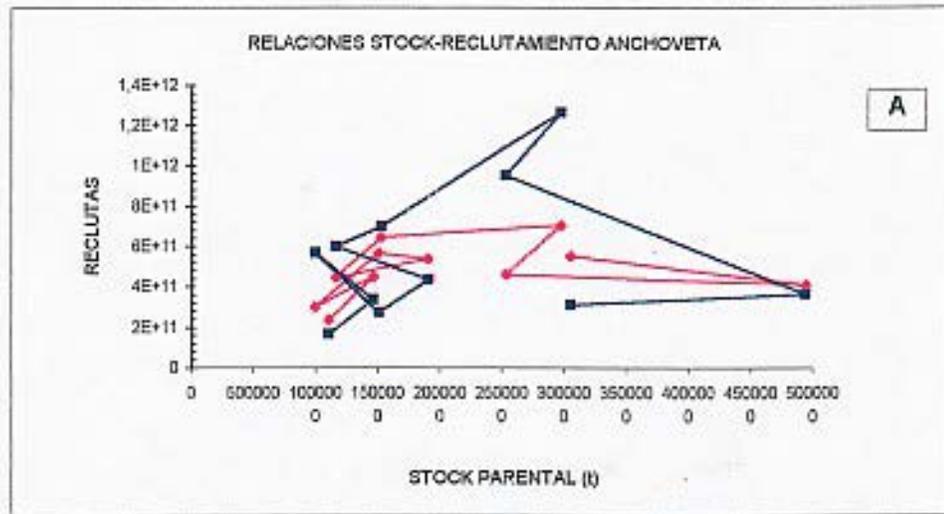
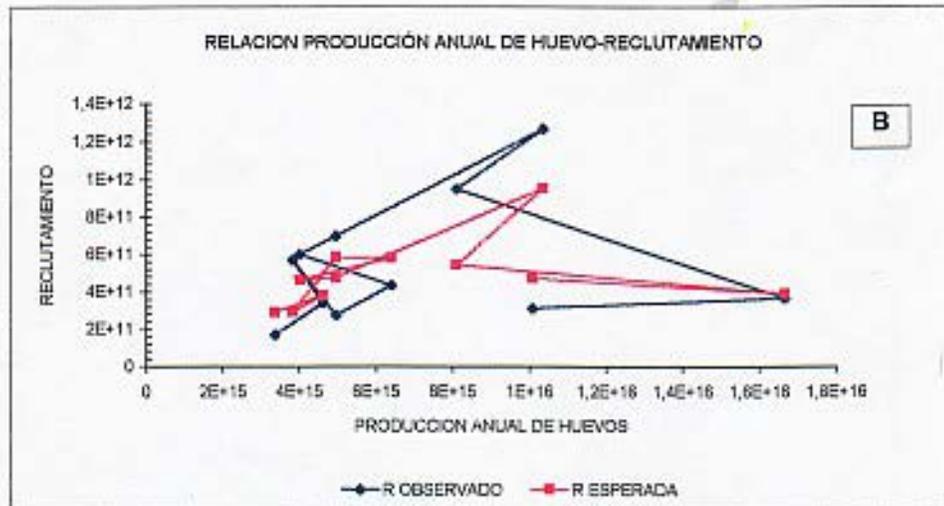


Figura 65 A: Relación stock-reclutamiento de anchoveta  
 B: Relación producción anual de huevos-reclutamiento de anchoveta.



$$R = 425741 \cdot S \cdot \exp(-2,6269E-07 \cdot S) \cdot \exp(-0,026611 \cdot (T-TPR)) \cdot \exp(-4,109994 \cdot (S\% - SPR)) \cdot \exp(0,02394 \cdot (IT-ITPRO)) \cdot \exp(-0,00163 \cdot (EK-EKPR))$$

$R^2 = 0,486051$



$$R = 0,0001267 \cdot PAH \cdot \exp(-7,6620E-17 \cdot PAH) \cdot \exp(-0,029226 \cdot (T-TPR)) \cdot \exp(-4,1002184 \cdot (S\% - SPR)) \cdot \exp(0,02365 \cdot (IT-ITPRO)) \cdot \exp(-0,00116 \cdot (EK-EKPR))$$

$R^2 = 0,482$

Figura 66 A: Relación stock-reclutamiento de anchoveta incorporando variables ambientales.  
 B: Relación producción anual de huevos-reclutamiento de anchoveta incluyendo variables ambientales.

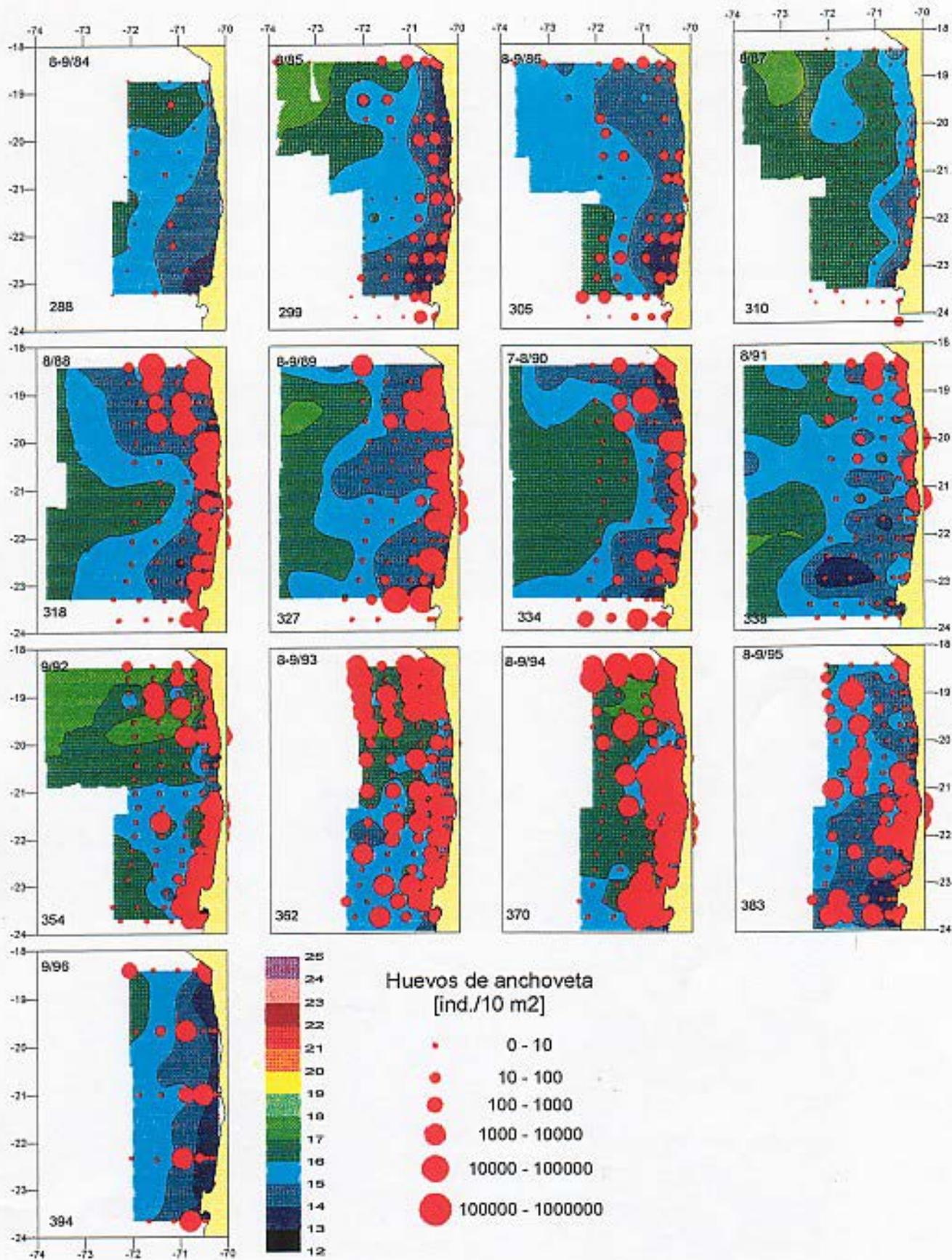


Fig. 67. Mapas de distribución de huevos de anchoveta de los cruceros de invierno (84-96) y su relación con los promedio ponderado de temperatura entre 0 y 50 m de profundidad.

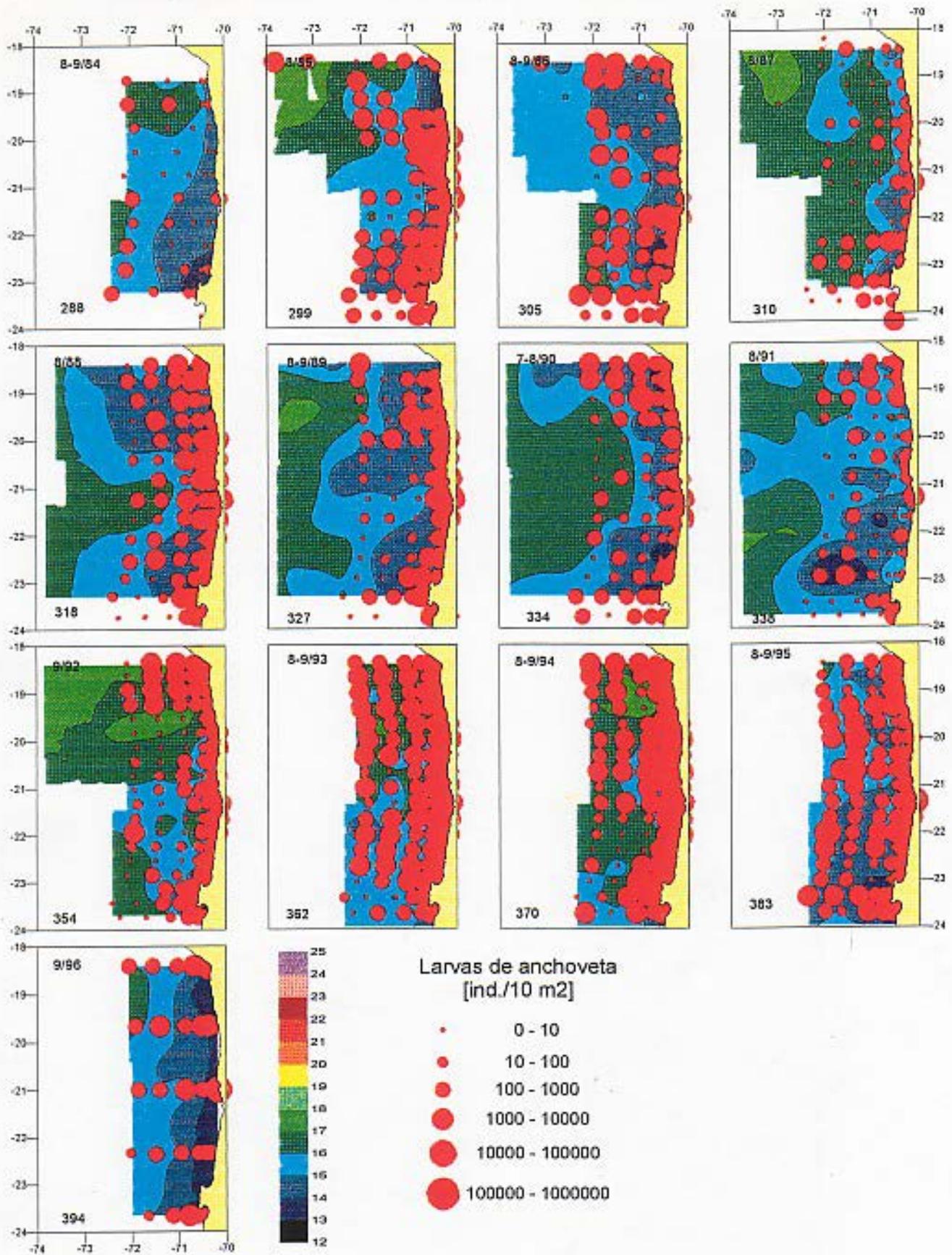


Fig. 68. Mapas de distribución de larvas de anchoveta de los cruceros de invierno (84-96) y su relación con los promedio ponderado de temperatura entre 0 y 50 m de profundidad.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

# TABLAS

Tabla 1.  
Categorías por densidad

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

Tabla 2.  
Información biológico-pesquera de los lances de pesca.

LANCE	FECHA	HORA		POSICIÓN				PROFUNDIDAD ARRASTRE(*)	VELOCIDAD (NUDOS)	CAPTURA (KILOS)	
				CALADO		VIRADO				ANCHOVETA	TOTAL
		CALADO	VIRADO	latitud	longitud	latitud	longitud				
1	22-nov-96	7:10	8:01	18°41'03	70°31'41	18°38'20	70°32'20	0	3,9	105	145
2	22-nov-96	11:56	12:50	18°41'72	70°21'85	18°38'82	70°22'21	0	3,7		
3	22-nov-96	14:55	15:55	18°32'24	70°24'35	18°29'24	70°23'29	0	3,4	137	142
4	22-nov-96	17:21	18:15	18°28'78	70°30'53	18°25'64	70°31'00	0	3,3	133	138
5	23-nov-96	5:56	6:25	19°04'00	70°21'40	19°05'92	70°21'43	0	4,0	87	89
6	23-nov-96	7:29	8:33	19°01'98	70°21'51	18°58'19	70°21'12	0	3,7		2
7	23-nov-96	10:17	10:53	18°54'19	70°23'70	18°52'02	70°23'95	0	3,4		
8	23-nov-96	17:29	18:35	18°47'36	70°28'36	18°43'46	70°27'90	0		165	175
9	23-nov-96	20:45	21:20	18°53'67	70°21'80	18°52'14	70°23'56	0	3,6	75	76
10	24-nov-96	6:19	6:56	19°25'97	70°16'03	19°23'92	70°16'99	0	3,7		
11	24-nov-96	8:27	8:51	19°20'50	70°17'27	19°19'49	70°17'80	0	3,3		
12	24-nov-96	14:15	14:51	19°15'10	70°26'72	19°13'03	70°26'77	0	3,7	67	83
13	24-nov-96	17:59	18:46	19°10'41	70°18'52	19°07'66	70°19'49	0	3,8	27	129
14	24-nov-96	20:48	21:08	19°20'40	70°17'40	19°19'52	70°17'88	0	3,7		
15	25-nov-96	5:38	6:20	19°44'46	70°10'77	19°42'54	70°11'89	0	3,3		
16	25-nov-96	14:22	14:52	19°23'81	70°16'50	19°25'46	70°16'18	0	3,6		
17	25-nov-96	15:55	16:44	19°29'95	70°17'11	19°28'97	70°17'06	0	3,3	158	158
18	25-nov-96	18:26	19:01	19°34'49	70°14'23	19°32'74	70°14'97	0	3,7		
19	26-nov-96	5:17	6:03	20°09'41	70°11'53	20°06'85	70°10'77	0	3,3	323	324
20	26-nov-96	6:50	7:38	20°05'11	70°11'79	20°02'38	70°11'08	0	3,6		
21	26-nov-96	15:50	17:07	20°07'70	70°17'20	20°03'18	70°17'02	0	3,4		
22	26-nov-96	21:00	21:30	20°00'16	70°09'04	19°58'57	70°09'37	0	3,4	591	668
23	26-nov-96	22:18	22:46	19°56'88	70°09'99	19°55'18	70°10'50	0	3,4	6	14
24	27-nov-96	21:00	21:30	20°26'97	70°11'44	20°25'20	70°11'63	0	3,4	70	70
25	27-nov-96	22:55	23:35	20°24'95	70°11'40	20°22'88	70°12'41	0	3,6		411
26	28-nov-96	5:23	7:00	20°11'43	70°11'03	20°09'00	70°10'29	0	3,5	18	20
27	28-nov-96	8:42	9:22	20°17'06	70°09'99	20°15'07	70°11'14	0	3,2	175	231
28	28-nov-96	18:47	19:30	20°53'42	70°11'28	20°51'20	70°12'28	0	3,7	2	9
29	29-nov-96	7:55	8:55	20°55'74	70°11'00	20°52'55	70°12'51	0	3,7		181
30	29-nov-96	12:20	12:52	20°55'13	70°18'10	20°52'69	70°18'21	0	3,1		
31	29-nov-96	14:30	15:25	21°00'51	70°20'40	20°57'21	70°20'07	0	3,6		
32	29-nov-96	19:15	20:15	21°10'20	70°09'50	21°06'86	70°11'04	0	3,7	616	656
33	30-nov-96	5:00	5:40	20°57'16	70°15'02	20°55'60	70°14'80	0	3,6	67	81
34	30-nov-96	6:39	7:47	20°55'56	70°17'14	20°52'05	70°17'30	0	3,6	0	1
35	30-nov-96	10:49	11:36	21°11'04	70°12'18	21°10'29	70°15'02	0	3,5	75	120
36	30-nov-96	21:10	21:42	21°04'81	70°10'48	21°03'58	70°11'81	0	3,6	373	506
37	30-nov-96	23:26	23:53	21°10'27	70°09'01	21°09'82	70°10'35	0	3,5	100	175
38	1-dic-96	10:30	11:25	21°35'10	70°16'80	21°32'80	70°10'40	0	3,9		
39	1-dic-96	15:48	17:02	21°26'53	70°08'30	21°22'56	70°07'25	0	3,6	261	837
40	1-dic-96	21:13	21:47	21°17'51	70°06'78	21°15'71	70°06'90	0	3,6	167	243
41	2-dic-96	6:05	7:10	21°28'54	70°16'69	21°22'36	70°10'62	0	3,4		
42	2-dic-96	11:35	12:00	21°42'80	70°10'00	21°42'00	70°10'10	0	3,5	1	219
43	2-dic-96	15:10	16:00	21°56'76	70°13'38	21°52'66	70°13'55	0	4,0		
44	3-dic-96	6:26	6:40	21°51'00	70°19'97	21°49'46	70°19'95	0	3,5		
45	3-dic-96	12:40	13:55	22°09'19	70°14'91	22°04'80	70°15'70	0	3,7		
46	3-dic-96	22:10	23:10	22°08'33	70°15'56	22°04'65	70°15'55	0	3,4		
47	4-dic-96	9:12	10:20	22°20'07	70°16'91	22°17'85	70°17'89	0	3,1		
48	4-dic-96	12:24	13:00	22°23'55	70°24'90	22°21'76	70°23'27	0	3,1		
49	4-dic-96	16:30	17:08	22°25'90	70°17'10	22°23'14	70°16'81	0	3,8		
50	4-dic-96	20:40	21:26	22°32'03	70°18'09	22°29'50	70°17'20	0	3,7		
51	5-dic-96	10:09	11:01	22°39'22	70°21'74	22°36'28	70°21'24	0	3,6		
52	5-dic-96	12:05	12:55	22°40'29	70°19'03	22°37'83	70°18'50	0	3,4		
53	5-dic-96	17:40	18:46	22°48'66	70°25'40	22°44'92	70°24'00	0	3,5		
54	5-dic-96	20:45	21:08	22°53'08	70°19'98	22°51'74	70°20'04	0	3,7	42	42
55	5-dic-96	21:49	22:50	22°53'15	70°21'33	22°49'64	70°21'13	0	3,7	451	457
56	6-dic-96	10:20	11:27	22°56'96	70°26'35	22°53'30	70°26'30	0	3,0		
57	6-dic-96	15:11	16:10	22°57'31	70°20'82	22°54'03	70°20'42	0	3,5	8	16
58	6-dic-96	17:54	18:55	23°00'92	70°23'28	22°56'90	70°20'40	0	3,8	2	6
59	7-dic-96	10:56	11:56	23°08'17	70°41'40	23°05'16	70°39'45	0	3,6		
60	7-dic-96	16:25	17:30	23°14'10	70°46'66	23°09'47	70°46'27	0	3,6		
61	7-dic-96	7:36	8:36	23°21'97	70°39'98	23°18'79	70°39'98	0	3,5		
62	8-dic-96	10:20	11:00	23°19'73	70°43'79	23°16'82	70°44'19	0	3,5		
63	8-dic-96	16:47	17:35	23°27'05	70°39'80	23°23'98	70°39'11	0	4,0	8	10
64	9-dic-96	6:15	7:16	23°31'17	70°40'27	23°26'35	70°39'81	0	3,6	156	162
65	9-dic-96	10:00	11:00	23°37'09	70°42'19	23°33'28	70°40'31	0	3,5		
66	9-dic-96	17:38	18:40	23°42'35	70°34'13	23°37'34	70°33'55	0	3,7	1155	1155

Tabla 3

Pesos promedios empíricos de anchoveta en las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio.  
Cruceros RECLAN9501, RECLAN9601 y RECLAN9611.

Longitud (cm)	Arica P. Prom. (g)	Iquique P. Prom. (g)	Antofagasta P. Prom. (g)	RECLAN9611 P. Prom. (g)	RECLAN9601 P. Prom. (g)	RECLAN9501 P. Prom. (g)
5.5	1,5			1,5		
6.0	1,8	1,7		1,8		
6.5	1,9	1,9		1,9		
7.0	2,2	2,2		2,2		
7.5	2,7	2,8		2,8		
8.0	3,5	3,1		3,3		
8.5	4,0	4,0		4,0	4,0	3,8
9.0	5,0	5,2		5,1	4,6	6,7
9.5	5,9	6,1		6,0	5,4	5,4
10.0	6,9	7,1		7,1	7,7	6,3
10.5	8,3	8,2		8,2	7,9	7,2
11.0	9,8	9,1		9,3	8,9	8,6
11.5	10,5	11,7	10,0	11,4	10,4	10,4
12.0	13,1	14,1		13,8	12,6	11,6
12.5	15,0	15,2	12,8	14,8	14,6	13,1
13.0	17,1	17,5	14,2	16,6	16,0	14,8
13.5	19,4	20,2	16,8	18,6	18,1	16,7
14.0	21,8	21,0	19,5	20,8	20,4	19,3
14.5	23,6	23,3	21,1	22,7	22,9	20,7
15.0	25,9	24,8	23,3	24,6	25,4	22,9
15.5	28,6	26,9	25,9	26,7	27,3	25,5
16.0	32,3	31,5	28,3	29,3	29,5	26,3
16.5	34,1	34,5	31,7	32,9	32,4	29,5
17.0	39,1	35,0	34,0	35,1	34,8	28,7
17.5	40,9	36,7	36,6	37,2	37,1	30,0
18.0	48,0		39,6	40,2	38,5	
18.5			40,3	40,3	41,1	
19.0			49,0	49,0	45,3	

Tabla 4

Estimación de parámetro de la relación longitud-peso por zona de pesca y total zona de estudio. Cruceros RECLAN 9501, RECLAN 9601 y RECLAN 9611.

Parámetro	Arica	Iquique	Antofagasta	Total	RECLAN 9601	RECLAN 9501
a	0,00505	0,00489	0,00658	0,00664	0,00574	0,00943
b	3,15451	3,15451	3,01474	3,02828	3,07490	2,86018
R <sup>2</sup>	0,99662	0,99565	0,99195	0,99618	0,99448	0,97908
N	25	23	13	27	22	19
g.l.	23	21	11	25	20	17
RSS	0,01655	0,01623	0,00252	0,02025	0,23879	0,17912
RDF	23	21	11	25	20	17
SumX <sup>2</sup>	29,00859	26,88474	21,11725	32,24952	28,1395	23,3229

Comparación de b	g. l.	tc	t(g.l.,0.975)	Diferencia
Arica-Iquique	44	0	2,013	N.S.
Iquique-Antofagasta	32	-19,86	2,038	D.S.
Arica-Antofagasta	34	-20,63	2,032	D.S.
RECLAN9501-9601	37	-7,22	2,027	D.S.
RECLAN9501-9611	42	-8,98	2,017	D.S.
RECLAN9601-9611	45	2,38	2,011	D.S.

N.S. = no significativa

D.S. = diferencia significativa

Tabla 5

Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I Abate Molina para la frecuencia de 38 KHz, por longitud de pulso (ms).

Fecha	Lugar	TS-transd. gain			Sv-transd. gain		
		Corto 0,3	Medio 1,0	Largo 3,0	Corto 0,3	Medio 1,0	Largo 3,0
20.06.93	Valparaíso	26,8	27,9	27,9	26,9	27,5	27,6
09.11.93	Valparaíso	26,5	27,2	27,4	26,9	27,2	27,6
27.02.94	Mejillones	26,0	27,0	27,0	26,1	26,7	27,0
13.07.94	Valparaíso	25,7	26,5	26,5	25,8	26,3	26,7
06.01.95	Mejillones	27,0	27,9	27,8	27,1	27,7	28,1
19.11.96	Mejillones	26,7	27,9	27,9	26,9	27,7	28,0

Tabla 6

Valores de  $TS_{mo}$  y corregidos por el método PDF, según la talla y experimento.  
Crucero RECLAN 9611

Experimento	Talla (cm)	$TS_{mo}$ (dB)	TS corr (dB)	Dif TS (dB)
ecos-04	13.0	-48.0	-51.60	-3.60
ecos-05	7.0	-56.0	-56.84	-0.84
ecos-08	8.0	-58.0	-56.34	1.66
ecos-13	8.0	-54.0	-56.83	-2.83
ecos-19	8.0	-55.0	-54.79	0.21
ecos-22	9.5	-54.0	-55.17	-1.17
ecos-22	8.0	-54.0	-56.29	-2.28
ecos-24	10.5	-52.0	-52.74	-0.74
ecos-36	9.5	-53.0	-53.24	-0.24
ecos-64	16.0	-48.0	-48.96	-0.96
ecos 64	17.5	-50.0	-49.66	0.34
tshor-01	14.0	-51.0	-50.50	0.50
tshor-02	16.0	-50.0	-50.73	-0.73
tshor-02	14.0	-51.0	-49.03	1.97
cas1-23	14.0	-48.0	-47.92	0.08
lanc-55	15.5	-52.0	-52.97	-0.97
lanc-55	17.0	-47.0	-47.11	-0.11
tshor-01	17.5	-50.0	-50.66	-0.66

Tabla 7  
 Análisis de varianza de la regresión TS-L de anchoveta con 38 khz y pulso corto  
 (TS = 20,206 LOG L - 73,964).

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Nivel de probabilidad
Modelo	137,55	1	137,55	61,950	0
Residual	35,53	16	2,22		
Grado de ajuste	25,92	8	3,23	2,697	0,091
Error puro	9,61	8	1,20		

$r^2 = 0,795$ ;  $n = 18$

Tabla 8  
 Análisis estadístico de la ecuación de regresión TS-L de anchoveta con 38 khz  
 (TS= 20,206 LOG L - 73,964 ).

Parametro	Estimado	Error Standar	t	Nivel de prob.
Intercepto	-73,964	2,77594	-26,6472	0,0
Pendiente	20,206	2,56795	7,87052	0,0

Tabla 9  
Relaciones funcionales de TS respecto a la longitud de diversos autores.

Especie	Relación funcional	Talla (cm)	Frecuencia	Autor
Herring sprat	TS = -56,8 + 13,6 log (L)	8-39	38	Nakken, 1977
Anchoveta	TS = -60,8 + 17,2 log (L)	5-19	38	Nakken, 1977
Anchoveta	TS = -57,84	7,50	38	Barange, 1994
Anchoveta	TS = -57,73	7,34	38	Barange, 1994
Anchoveta	TS = -68,8 + 20 log (L)	5-10	70	Rui de Paula 1985
Herring	TS = -72,1 + 20 log (L)	24-34	38	Foote et al, 1986
Sprat	TS = -71,2 + 20 log (L)			ICES 1983
Herring	TS = -72,6 + 20 log (L)		38	Degnbol 1985
Herring	TS = -70,8 + 20 log (L)		38	Degnbol 1985
Herring	TS = -73,6 + 20 log (L)		38	Forbes 1985
Sprat	TS = -81,3 + 20 log (L)	6-26	70	Rudstam 1988
	TS = -74,4 + 24,1 log (L)			Rudstam 1988
	TS = -69,9 + 20 log (L)			Rudstam 1988
Herring	TS = -75,5 + 21,7 log (L)	9-33	38	Halldorsoon 1983
Anchoveta	TS = -44,2 dB	11		Vorobyov 1982
Herring	TS = -69,5 + 20 log (L)	10-32	38	Foote 1987
Sprat	TS = -67,2 + 20 log (L)	6,6-17,6	38	Foote 1987
Herring	TS = -69,1 + 20 log (L)	16-31	38	Foote 1987
Herring(*)	TS = -72,6 + 20 log (L)	10-32	38	Foote 1987
Sprat (*)	TS = -70,6 + 20 log (L)	6,6-17,6	38	Foote 1987
Herring (*)	TS = -72,5 + 20 log (L)	16-31	38	Foote 1987

Tabla 10  
Biomasa, Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$  coeficientes de variación (CV) y error (%) de anchoveta y fracción reclutas (en peso). Crucero RECLAN 9611.

ESPECIE	METODO		CONGLOMERADOS			ESTRATOS AGRUPADOS			BOOTSTRAP		
	Area mn <sup>2</sup>	Biomasa (t)	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>08</sup> )	E (%)	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>08</sup> )	E (%)	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>08</sup> )	E (%)	CV
Anchoveta	3.195	385.881	96.8435	41,9	0,255	9.23303	13,2	0,08	76.07476	36,2	0,22
Reclutas	3.195	98.785	17.4692	69,6	0,42	12.44197	58,8	0,36	16.27913	67,2	0,41

Tabla 11.

Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$ , coeficiente de variación (CV) y biomasa de la fracción reclutas de anchoveta. Crucero RECLAN 9611.

ESPECIE	METODOS		CONGLOMERADOS		ESTRATOS AGRUPADOS		BOOTSTRAP	
	Area (mn <sup>2</sup> )	Abundancia (Nx1010 <sup>10</sup> )	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>20</sup> )	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>20</sup> )	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>20</sup> )	CV
Anchoveta	3.195	3,03843307	6,4738	0,84	6.3002	0,83	6.4327	0,83
Reclutas	3.195	1,9369078	2,2036	0,77	2.1084	0,48	2,1806	0,76

Tabla 12

Biomasa de la anchoveta y de la fracción recluta en peso y número y Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$ , coeficientes de variación (CV) y error (%) por el método geoestadístico y de las tallas (acústico).

METODOS	Especie	Area (mn <sup>2</sup> )	PESO				NUMERO		
			Biomasa (t)	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>9</sup> )	CV	E(%)	Abundancia (x 10 <sup>10</sup> )	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>20</sup> )	CV
Geoestadístico	Anchoveta	1.497	472.822	11,13445	0,21	36,2	3,778126	9,9334	0,83
Geoestadístico	Reclutas	1.497	122.643	2,480756	0,41	66,8	2,404755	3,3556	0,76
Tallas	Anchoveta	3.195	432.803				2,9994		
Tallas	Reclutas	3.195	84.548				1,6900		

Tabla 13.

Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn<sup>2</sup>) de anchoveta en toda la zona de estudio y de la fracción recluta.

	ID (t/mn <sup>2</sup> )	IC (%)
Anchoveta	640,9	18,9
Fracción recluta	557,8	14,0

# ANEXOS

# ANEXO 1

## DESCRIPTORES DE ARCHIVOS DE DATOS MAGNÉTICOS

## 1. REGISTROS ACUSTICOS

La información concerniente a la evaluación hidropacústica está contenida en dos tipos de archivos: BIOMA-XX.DAT y POSIC-XX.DAT. En el nombre de estos archivos se indica el número de la transecta por las letras XX.

Los archivos BIOMA-XX.DAT contienen la información de las lecturas acústicas por especie en cada IBM indicando la frecuencia del ecosonda, la especie, las profundidades superior e inferior, tipo de agregación y lectura acústica.

Los archivos BIOMA-XX.DAT están estructurados según:

Linea	columna	Tipo de información
1	1-	nombre del crucero
2	2-	barco
3	3-	zona
4 y +	1 a 3	número de la Y BM
	4	espacio
	5	especie (1 a 4) (ver 1)
	6	espacio
	7	ecosonda (1=38 khz)
	8	espacio
	9	tipo de agregación (ver 2)
	10	espacio
	11 a 13	profundidad superior (m)
	14	espacio
	15 a 17	profundidad inferior (m)
	18	espacio
	19 a 23	lectura acústica

(1) Códigos de especie

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

Sardina española	Código de especie	= 1
Jurel	Código de especie	= 2
Anchoveta	Código de especie	= 3
Caballa	Código de especie	= 4
Otras	Código de especie	= 5

(2) Códigos del tipo de agregación

Cardúmen	=	1
Agregación (estrato)	=	2
Individual (aislado)	=	3

Los archivos POSIC-XX.DAT contienen la información del número de la IBM, hora, latitud y longitud.

Los archivos POSIC-XX.DAT están estructurados según:

Columna	Tipo de Información
1 a 3	número de IBM
4	coma (,)
5 a 12	hora (HHMMSSSS)
13	coma (,)
14 a 20	latitud (GGMM.mm)
21	coma (,)
22	S (sur)
23	coma (,)
24 a 31	longitud (GGGMM.mm)
32	coma (,)
33	W (weste)

## 2. REGISTROS OCEANOGRAFICOS

Este subdirectorío contiene los subdirectoríos CLOROFIL, EPCS, OCEANOG Y OXIGENO y corresponden a los datos oceanográficos recopilados durante el crucero. De este modo, en cada subdirectorío se han organizado los datos correspondientes según la siguiente estructura.

Directorio: CLOROFIL

sub-directorio : dat  
 archivo : cll.dat  
 cll : transecta

Estructura de archivo

	Columnas
distancia de la costa (mn)	1 - 12
profundidad (m)	13 - 21
fluorescencia in vivo	22 - 30
clorofila-a (mg/m3)	31 - 38
feopigmentos (mg/m3)	39 - 47
estación	48 - 54

Directorio : EPCS

subdirectorío: dat  
 Archivo : EPC!.dat  
 EPC! : transectas

Estructura archivo

	Columnas
hora (hora minutos)	1 - 15
longitud (grados minutos segundos)	16 - 28
temperatura (°C)	29 - 36
salinidad (psu)	37 - 45
fluorescencia in vivo	46 - 54

Directorio : OCEANOG  
 subdirectorio : dat  
 Archivo : tX.dat  
 tX : Transecta

Estructura archivo

	Columnas
distancia de la costa (mn)	1 - 13
profundidad (m)	14 - 22
temperatura	23 - 31
salinidad (psu)	32 - 40
densidad como sigma-t	41 - 49
estación	50 - 58

Directorio : OXIGENO  
 Subdirectorio : dat  
 archivo oxiX.dat  
 oxiX : transecta

Estructura archivo

	Columnas
distancia de la costa (mn)	1 - 9
profundidad (m)	10 - 18
concentración de oxígeno disuelto (ml/l)	19 - 27
saturación de oxígeno disuelto (%)	28 - 36
utilización o producción aparente de oxígeno	37 - 45
estación	46 - 54

**3. REGISTROS DE LANCES DE PESCA**

Estos registros contienen la información correspondiente a los muestreos biológicos de los lances de pesca de arrastre de media agua, realizados durante el crucero.

Los archivos se encuentran en planillas de cálculo, en extensión .xls, ordenados por lance según el nombre lxx.xls, donde xx indica el número del lance. Cada archivo está encabezado por la fecha, la posición del lance (latitud y longitud), el número del lance y la especie muestreada, al final de la tabla de datos, se indica las especies capturadas. La información está organizada según:

	Columnas
LONGITUD	1 - 12
FREC. - NUM	13 - 21
PESO (g)	22 - 30
PESO PROM A LA TALLA (g)	31 - 39

## **A N E X O 2**

### **CONCLUSIONES DEL TALLER INTERNACIONAL**

## Conclusiones del Taller Internacional

### “Análisis de los factores que afectan el reclutamiento del stock de anchoveta del sur de Perú y norte de Chile”

- Valparaíso, 5,6 y 7 de mayo de 1997 -

ORGANIZACION: Instituto de Fomento Pesquero-IFOP

FINANCIAMIENTO : Proyecto FIP 96-02

#### 1. Lista de Participantes

Richard Parrish	NOAA-EEUU
Marc Soria	ORSTOM-FRANCIA
Sulma Carrasco	IMARPE-PERU
Miguel Ñiquen	IMARPE-PERU
Patricia Ayón	IMARPE-PERU
Omar Rojas	Consultor Privado
Leonardo Castro	Universidad de Concepción
Rosalino Fuenzalida	Universidad Arturo Prat
Fernando Balbontín	Universidad de Valparaíso
Eleuterio Yañez	Universidad Católica de Valparaíso
Rubén Pinochet	SUBPESCA
Dorís Oliva	FIP

José Raúl Cañón	Pesquera Eperva
Maximiliano Alarma	Pesquera Coloso

Rodolfo Serra	IFOP
Jorge Oliva	IFOP
José L. Blanco	IFOP
Mauricio Braun	IFOP
Jorge Osses	IFOP
María Angela Barbieri	IFOP
Sergio Lillo	IFOP
Patricio Barría	IFOP
Jorge Castillo	IFOP
Sergio Rosales	IFOP

## 2. Metodología de trabajo

El tema del Taller se desarrolló por medio de exposiciones de los participantes del IFOP y que integran el equipo de trabajo del proyecto, del Sr. Jorge Oliva y el Dr. Eleuterio Yañez; de los investigadores del IMARPERU y el Dr. Richard Parrish. Posteriormente, se procedió a efectuar una discusión común y se definieron tres grupos de trabajo, que elaboraron un listado de conclusiones y recomendaciones.

## 2. CONCLUSIONES GENERALES DEL TALLER "ANALISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL RECLUTAMIENTO DEL STOCK DE ANCHOVETA DEL SUR DEL PERU Y NORTE DE CHILE"

Como conclusión general del Taller, se reconoció que es un tema de extrema complejidad que no ha sido resuelto aún en ningún recurso pesquero en términos de cuantificar los factores claves de la sobrevivencia de huevos y larvas hasta el reclutamiento.

Sin embargo, existen avances metodológicos importantes que incluyen la necesidad de incorporar tecnología de punta en lo que se refiere al estudio de los factores de circulación de masas de agua en el sur de Perú y norte de Chile, de manera de comprender los procesos de transporte que se considera una fuente importante de mortalidad para los huevos y larvas de anchoveta.

También se concluyó que el proceso de reclutamiento se puede analizar en diferentes escalas espaciales y en cada uno de ellas existen procesos físicos y biológicos diferentes, que tienen incidencia en la mortalidad natural de esta especie.

De lo anterior, es necesario efectuar un trabajo conjunto de análisis de la información existente del sur de Perú y norte de Chile; en el sentido de incrementar la observación del sistema, sistematizarla y de ese modo tener una síntesis del conocimiento actual. Además se visualiza la necesidad que el conocimiento cabal del proceso de reclutamiento de anchoveta, necesariamente debe considerar la realización de estudios conjuntos entre ambos países. Lo anterior se lograría mediante un proyecto de gran escala, en el cual participarían los Institutos de Investigación de ambos países.

Esta tarea se ubica en dos niveles:

El primero de ellos se relaciona con la integración y análisis de información ya existente en ambos países, para lo cual es necesario estandarizar metodologías y probablemente definir bases de datos compartidas. La segunda, consiste en la realización de actividades futuras como cruceros coordinados, talleres y un proyecto de gran escala.

#### **A. INTEGRACION Y ANALISIS DE INFORMACION EXISTENTE EN PERU Y CHILE**

Este análisis se identifica en los siguientes disciplinas:

- **Fitoplancton e ictioplancton.** Se recomienda la realización de análisis retrospectivos de los datos en forma conjunta con el fin de establecer la circulación y distribución del fitoplancton entre 0-50m, distribución y abundancia espacial y temporal de huevos y larvas.
- **Evaluación de Stock.** Se propone disponer de información de captura, esfuerzo, estructura de edad y evaluación de stock
- **Hidroacústica.** Se sugiere realizar análisis retrospectivos de información existente y estandarizar metodologías.
- **Percepción remota.** Debido a la alta cobertura espacial y temporal de este tipo de información, se recomienda incorporar técnicas de análisis de información satelital, para que complemente la información proveniente de los cruceros y relacionarlo con los procesos biológicos.

- **Oceanografía** Se identifican las siguientes variables como relevantes para estudiar sus efectos sobre el reclutamiento: Temperatura, Salinidad, Índice de Surgencia, Índice de Turbulencia. En este sentido se considera relevante el análisis de los aspectos dinámicos de circulación oceánica mediante correntometría, si es que se dispusiera de la información, de lo contrario se recomienda hacer los esfuerzos para realizar estudios en ese sentido.
- **Meteorología:** El viento se define como la variable más relevante con el fin de establecer los aspectos dinámicos, realizando mediciones de campos de viento frente a las zonas de surgencia.

## B. TAREAS DE COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES FUTURAS

- Coordinar fechas de cruceros de Evaluación Hidroacústica y de Método de Producción de huevos.

Implementar a la brevedad, la posible utilización simultánea de un muestreador continuo (bomba) de huevos e hidroacústica en los barcos de investigación de Chile y Perú. Procedimiento que permitirá obtener dos estimados de la biomasa en forma independiente pero simultáneos.

- Se recomienda reforzar el programa de observadores pesqueros a bordo de goletas pesqueras de Chile en el que se realiza un monitoreo biológico permanente de la frecuencia de reclutas y aspectos reproductivos.
- Recomendar la reactivación de la realización de Talleres conjuntos Chile-Perú para la evaluación de stock por métodos indirectos tipo ASP.

- Incorporar en forma rutinaria el análisis de la cantidad de grasa de las anchovetas, con el fin de relacionar este indicador con la intensidad del desove. Se recomienda estructurar una serie de tiempo con el contenido de grasa y valores de índice gonadosomático.
- Se estima altamente conveniente equipar buques con ADCP de última generación y complementarlo con estaciones fijas a 50 y 100 mn de la costa.

#### **B1. Realización de estudios conjuntos**

- Implementar un programa simultáneo en Chile y Perú en centros de surgencia para analizar la retención larval de anchoveta y su impacto en el reclutamiento.
- Efectuar la cartografía de las variables biológico-pesquera y ambientales con el propósito de definir patrones del ciclo vital de la anchoveta (adultos y reclutas), utilizando información satelital y antecedentes de proyectos de marcaje y recaptura.
- Realizar el modelamiento numérico de las variables oceanográficas en la zona norte. Tendiente a efectuar pronósticos de la circulación de masas de agua y transporte de huevos y larvas desde los centros de desove.

**B2. Preparación de un programa de investigación conjunto.**

El objetivo de este Programa tiende a estudiar la abundancia, distribución espacial y las variables ambientales asociadas al reclutamiento de la anchoveta desde su nacimiento hasta el reclutamiento. En este sentido se entiende que el proceso de reclutamiento se inicia en el mismo instante del desove.

Para este fin es necesario estudiar la abundancia de huevos, larvas y adultos en al menos dos hitos, como son el periodo de desove y el reclutamiento, que puede tener variaciones temporales en Perú y Chile. Además, se visualiza al menos un cruce de vigilancia de la evolución del proceso, intermedio a los dos hitos señalados.

Se recomienda que en principio este Programa tenga una duración de 5 años y su financiamiento podría contar con fondos internacionales.

Al respecto se acordó que IFOP, haría llegar a IMARPE y al FIP una propuesta metodológica para ser sometida al análisis interno de ambos países y de este modo explorar la viabilidad técnica y las posibles fuentes de financiamiento.