



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS F I P**

FIP - IT / 95 - 02

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

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

**REQUIRENTE:**

**CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP**  
**Presidente del Consejo: PATRICIO BERNAL PONCE**

**EJECUTOR:**

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

• Noviembre de 1996 •

**JEFE DE PROYECTO:**

JORGE CASTILLO P.

**AUTORES:**

***EVALUACION Y DISTRIBUCION ESPACIAL DEL  
RECLUTAMIENTO DE ANCHOVETA***

JORGE CASTILLO P.  
JOSE CORDOVA M.  
SERGIO LILLO V.  
M. ANGELA BARBIERI B.

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

JORGE OSSES R.

***BIOLOGIA PESQUERA***

PATRICIO BARRIA M.

• Noviembre de 1996 •

PERSONAL PARTICIPANTE

Acústica

Jorge Castillo P.	Ingeniero Pesquero-Jefe de Proyecto
José Córdova M.	Ingeniero Pesquero-Jefe de Crucero
Marcos Espejo V.	Ingeniero Electrónico
Alvaro Saavedra	Ingeniero Pesquero
María Angela Barbieri B.	Dr. Oceanografía
Sergio Lillo V.	Ingeniero Pesquero

Oceanografía

Jorge Osses R.	Profesor de Química
----------------	---------------------

Biología

Patricio Barría	Magister en Cs. Biológicas
Victor Baros	Biólogo Marino
Gastón Rosson	Técnico

## 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.

Para este fin se realizó un crucero de prospección acústica y oceanográfica entre Arica y Antofagasta (Regiones I y II) a bordo del B/I Abate Molina entre el 2 y el 21 de enero de 1996, correspondiente a la época del pico principal de reclutamiento de anchoveta en la zona norte. 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 63 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 68 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. También se efectuaron dos experimentos para determinar el TS de anchoveta indirectamente a bordo de los PAM Eperva 63 y 64, los que efectuaron mediciones de cardúmenes con sonar de los cardúmenes y se intentó la captura.

Los resultados de la componente oceanografía del proyecto permite determinar que en el plano superficial la temperatura varió entre

15 y 20°C, la salinidad entre >34,7 a 34,8 psu, la densidad en el rango 24,6 a 25,8 kg/m<sup>3</sup> y el oxígeno disuelto superficial entre 4 a 6 ml/l. La distribución superficial de la clorofila a (cloa) muestra que las mayores concentraciones (i.e. 5 mg/m<sup>3</sup>), se localizaron en las cercanías de la zona costera entre el límite norte del área de estudio y el paralelo 19°, llegando a valores de hasta 1 mg/m<sup>3</sup> a 10 mn de distancia de la costa. Entre punta Lobos (21° 05'S) y punta Arenas (21°45'S), se observa la intrusión de una masa de agua con valores de cloa típicos de sistemas oligotróficos (i.e. < 0,5 mg/m<sup>3</sup>), coincidiendo con el sector de mayor concentración de anchoveta adulta.

La clorofila integrada muestra un patrón diferente de distribución al de la cloa superficial, con valores inferiores a 60 mg/m<sup>3</sup>, entre Arica (18°45'S) y las cercanías de la caleta Patillos (20°45'S). Tendiendo a aumentar a valores cercanos a 200 mg/m<sup>2</sup> en la franja entre 1 y 5 mn entre caleta Patillos y península de Mejillones (23°05'S).

Los reclutas se situaron preferentemente entre la zona costera y los bordes internos de los frentes, hasta una distancia no superior a las 5 mn, asociado a valores de cloa de hasta 10 mg/m<sup>3</sup> y a tensiones de oxígeno mayores de 40 % de saturación.

Los resultados obtenidos permiten concluir que durante el presente crucero se constató el debilitamiento en el afloramiento de masas de agua con bajo contenido de oxígeno disuelto, más frías y menos salinas impidiendo la formación de frentes térmicos intensos en gran parte de la zona muestreada.

La distribución de frecuencias de longitudes de la anchoveta obtenida de los 69 lances de pesca presenta dos modas centradas en los 14,0 y 17,0 cm. El porcentaje de reclutas en número y peso fue

de 15 y 7 %, respectivamente. El peso promedio total de las anchovetas fue de 21,6 y 11,3 g para los ejemplares reclutas. 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 ó iguales a 12,0 cm) siendo su porcentaje en número y peso de 54 y 27 %, respectivamente. El peso promedio total de las anchovetas fue de 16,4 y para la fracción de reclutas fue de 8,4 g.

En la zona de Iquique existe una distribución de longitudes unimodal donde prevalecieron los ejemplares adultos (mayores a 12,0 cm) con la moda en los 14,0 cm. El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 10 y 6 %, respectivamente. El peso promedio total de los ejemplares de anchoveta fue de 18,9 y los ejemplares reclutas 11,5 g.

En la zona de Antofagasta la distribución de longitudes es poli-modal donde prevalecieron los ejemplares adultos (mayores a 12,0 cm) con la modas en los 12,5, 14,0 y 17,0 cm, respectivamente. El porcentaje de reclutas en número y peso es de 9 y 5 %, respectivamente. El peso promedio total de los ejemplares de anchoveta fue de 22,6 y los ejemplares reclutas 11,8 g.

Estos resultados permiten sostener la existencia de una fuerte segregación espacial de la anchoveta por tamaños, presentándose en la zona de Arica un foco de reclutamiento y en las zonas de Iquique y Antofagasta la fracción correspondiente al stock desovante. En relación a la fortaleza de la clase anual, se aprecia un descenso significativo del número de reclutas en comparación a 1995.

Respecto a los pesos promedios por zonas de pesca estos presentan diferencias significativas, al igual que los pesos promedios obtenidos de los cruceros RECLAN 1995 y 1996, lo cual implica que existen variaciones en la oferta ambiental (alimentación).

En relación a los estadios de madurez, el 64% de las hembras adultas estaba en estado 2 y el 32,7 % en estado 3 (pre-desove); información biológica de la anchoveta para esta zona y mes indica índices gonadosomáticos altos y en estado de pre-desove. Este resultado implica que la veda de reclutamiento cumple también con el objetivo de una veda reproductiva.

Los resultados biológico-pesqueros señalan que en Arica existió un foco de reclutamiento, asociado a una zona de surgencia y constreñido hacia la costa por los gradientes termohalinos. En la zona de Iquique y Antofagasta presentó un predominio de anchovetas adultas (stock desovante) en período de pre-desove, con una distribución entre las 3 y 7 millas de la costa.

Los resultados de las dos experiencias realizadas para determinar indirectamente el TS de anchoveta fueron insuficientes para conseguir el objetivo planteado, motivado fundamentalmente por la escasa presencia de cardúmenes de esta especie y por las condiciones de tipo operativas.

Con los datos de intensidad de blanco de anchoveta, tendientes a determinar la relación TS-L *in situ*, recolectados durante los lances de pesca, 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 tales como las medias aritmética y geométrica; la mediana y la moda. De estas medidas del valor central se seleccionó la moda para asociarla con las tallas de los peces capturados en los



lances de pesca, las otras medidas del valor central fueron desestimadas por encontrarse influenciadas por la simetría de las distribuciones. Desde la estructura de tallas obtenida de los lances de pesca, se determinó la talla modal, los que fueron correlacionados con los TS medidos en el mismo lance.

De este modo, los TS y las tallas de los peces se ajustaron a una regresión lineal simple mediante el método de los mínimos cuadrados, para cada pulso y frecuencia. En el caso de la frecuencia de 120 khz, en que se obtuvo suficiente información con los pulsos corto y medio, se ajustaron dos ecuaciones de regresión, las que fueron analizadas mediante un ANDEVA y comparadas entre sí con el test t de Student. Según el resultado del test, se ajustó una regresión común. Para el caso de la frecuencia de 38 khz, los datos fueron insuficientes para ajustar una regresión, haciéndose una comparación con la información obtenida con la frecuencia de 120 khz.

De los 63 experimentos tendientes a determinar la relación TS-L de anchoveta in situ, solo fue posible discriminar los ecos de anchoveta en la frecuencia 120 khz en 7 casos para el pulso corto (0,1 ms) y en 9 casos para el pulso medio (0,3 ms). Para la frecuencia de 38 khz, pulso medio (1,0 ms) los datos filtrados alcanzaron a 4 lances. Finalmente con los datos de 120 khz en pulsos corto y medio se determinó la ecuación  $TS = 20 \text{ LOG } L - 78,075$ , la que se descarta por estar fuertemente subestimada, las posibles razones de esta situación puede estar explicado en el efecto de escape hacia mayores profundidades de la anchoveta inducido por el paso del barco durante los experimentos, provocando la alta variabilidad de los TS medidos en la talla de 14 cm y subestimando el TS a la talla, puesto que se redujo el área dispersante de los peces. Por este motivo para el cálculo de la biomasa se utiliza la ecuación  $TS = -72,59 + 20 \text{ LOG } L$ .

De este modo, la biomasa total de anchoveta alcanzó a 78.469 t. La fracción reclutas de anchoveta, determinada según el aporte en peso de los ejemplares menores a 12 cm en los lances de pesca, alcanzó al 7,6% de la biomasa total, llegando a las 5.964 t. Considerando un peso promedio de 11,31 g, correspondiente a los pesos de los individuos menores a 12 cm presentes en las capturas, la biomasa en número de la fracción reclutas alcanzó a 527.320.955 individuos.

El Coeficiente de variación de la biomasa total de anchoveta fluctuó entre 0,16 y 0,19, presentándose al igual que en el error, el menor CV con el método de Estratos Agrupados, siendo similares con los métodos de Conglomerados y Bootstrap.

Las varianzas y coeficientes de variación de la fracción reclutas en peso y número el CV varió entre 0,63 y 0,64, según el método utilizado, siendo menor para los Estratos agrupados.

La anchoveta fue la especie mas frecuente en la zona prospectada, presentándose entre la costa y las 10 mn en bajas densidades, con algunos sectores de mayor concentración en áreas costeras que no superaron las 5 mn. El sector que presentó la mayor concentración de anchoveta se ubicó entre punta Lobos (21°00'S) y punta Chilena (21°30'S). Los reclutas se ubicaron en aquellas zonas en las que se encontraron los máximos gradientes térmicos, situándose entre la costa y el comienzo del gradiente horizontal principal. Los reclutas se presentaron solo en tres zonas, ubicadas a la cuadra de Arica, entre punta Madrid (19°00'S) y punta Colorada (20°00'S) y entre punta Angamos (23°03'S) y el paralelo 23°15'S.

Se determinó que en las cercanías de Arica, del río Loa (21°26'S) y en algunos sectores cercanos a Mejillones, se presentó una estratificación de las tallas modales de los peces en el sentido

longitudinal, ubicándose los de menor tamaño hacia la costa, en distancias inferiores a las 3 mn, mientras que los de mayor envergadura tendieron a localizarse en sectores mas alejados de la costa.

En el sentido batimétrico, la anchoveta se detectó entre los 5 y 25 m de profundidad, con las mayores frecuencias de cardúmenes entre los 10 y 14 m. Esta distribución batimétrica estuvo asociada con las isotermas de 13 a 17 °C, centrándose entre los 14 y 15°C. La salinidad que limitó la distribución vertical de anchoveta varió entre 34,2 y 34,8 psu, registrándose las mayores frecuencias de cardúmenes entre los 34,6 y 34,8 psu. El oxígeno disuelto tuvo un amplio rango, que varió entre 1 y 6,5 ml/l, detectándose con mayor frecuencia entre los 2,5 y 4,5 ml/l.

## II. INDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN EJECUTIVO	1
II. INDICE GENERAL	8
III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	11
IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO	21
1. Objetivo general	21
2. Objetivos específicos	21
V. ANTECEDENTES	22
VI. METODOLOGIA	27
1. Zona de estudio y plan de muestreo	27
2. Metodología por objetivo	28
2.1 Objetivo 2.1	28
2.1.1 Muestreo acústico	28
2.1.2 Calibración del sistema acústico	29
2.1.3 Identificación de especies	37
2.1.4 Procesamiento de la información acústica	38
2.1.5 Estimación de la biomasa	39
2.1.6 Varianza	43
2.2 Objetivo 2.2	51
2.2.1 Distribución de los recursos	51
2.2.2 Indices de cobertura y abundancia relativa	52
2.3 Objetivo 2.3	53

2.3.1	Determinación de la estructura de tallas y pesos de anchoveta	53
2.3.2	Relación longitud/peso de la anchoveta durante el proceso de reclutamiento	58
2.3.3	Muestreo en puerto	60
2.3.4	Determinación de parámetros biológicos de la anchoveta, durante el proceso de reclutamiento	60
2.3.5	tamaño de la muestra	60
2.4	Objetivo 2.5	62
2.4.1	Estaciones y datos oceanográficos	62
2.4.2	Registro continuo horizontal	63
<b>VII.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>65</b>
1.	Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento	65
1.1	Variables superficiales	65
1.2	Relación entre la fluorescencia in vivo, la clorofila-a y las variables físicas	66
1.3	Asociación entre la clorofila superficial y la integrada	67
1.4	Distribución vertical de las variables medidas	68
1.5	Registros horizontales continuos	69
1.6	Variaciones interanuales de la clorofila integrada	71
2.	Determinación de la estructura de tallas y los pesos medios a la talla de los ejemplares que componen el proceso de reclutamiento de la anchoveta	71
2.1	Resultados de los lances de pesca	71
2.2	Determinación de la estructura de tamaños	72
2.3	Determinación de los pesos medios	75

3.	Estimación del reclutamiento de anchoveta en peso y número mediante método hiroacústicos	77
3.1	Calibración del sistema acústico	77
3.1.1	Calibración electroacústica	77
3.2	Medición de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta	78
3.3	Estimación de la biomasa de anchoveta	84
3.4	Estimación de la biomasa mediante geoestadística y descripción de las estructuras	86
3.5	Precisión de los estimados de biomasa de anchoveta	86
3.6	Distribución espacial de los recursos pelágicos	87
3.6.1	Total de especies	87
3.6.2	Anchoveta	87
3.6.3	Jurel	89
3.7	Indices de cobertura y densidad de anchoveta	89
3.8	Asociación entre las variables oceanográficas y la distribución de anchoveta	89
<b>VIII.</b>	<b>ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>91</b>
1.	Condiciones oceanográficas	91
2.	Biología pesquera	92
3.	Estimados de biomasa de la fracción recluta de anchoveta	96
4.	Precisión de los estimados de biomasa	98
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>100</b>
<b>X.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>103</b>
<b>FIGURAS</b>		
<b>TABLAS</b>		
<b>ANEXOS</b>		

### III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

- Figura 1. Red de transectas realizadas (a) y lances de pesca de reconocimiento (b).
- Figura 2. Posición de las estaciones de muestreo para la zona de muestreo.
- Figura 3. Distribución superficial de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la salinidad (PSU).
- Figura 4. Distribución superficial de la densidad (como  $\sigma\text{-t}$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) y el oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ).
- Figura 4. Distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno (%) y la producción o utilización aparente de oxígeno ( $\text{ml}/\text{l}$ ).
- Figura 5. Distribución superficial de la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y la fluorescencia in vivo (UR).
- Figura 6. Distribución superficial de los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), y la clorofila a integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ).
- Figura 7. Distribución superficial de los feopigmentos integrados ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ).
- Figura 8. Distribución de la profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$ .
- Figura 9. Gráfico de dispersión entre la fliv y la temperatura (a), la cloa y la temperatura (b), la cloa superficial y la densidad (c), la cloa y la densidad (d), la fliv y la cloa (e) y la cloa integrada y la cloa superficial (f).

Figura 10 Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad (PSU) y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 1 (Lat.  $18^{\circ} 23.4'S$ ).

Figura 11 Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ), la AOU/AOP ( $\text{ml}/\text{l}$ ) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 1 (Lat.  $18^{\circ} 23.4'S$ ).

Figura 12 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 1 (Lat.  $18^{\circ} 23.4'S$ ).

Figura 13 Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad (PSU), y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 9 (Lat.  $19^{\circ} 05'S$ ).

Figura 14 Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ), la AOU/AOP ( $\text{ml}/\text{l}$ ) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 9 (Lat.  $19^{\circ} 05'S$ ).

Figura 15 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 9 (Lat.  $19^{\circ} 05'S$ ).

Figura 16 Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (PSU), y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 17 (Lat.  $19^{\circ} 45'S$ ).

Figura 17 Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ), la AOU/AOP ( $\text{ml}/\text{l}$ ) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 17 (Lat.  $19^{\circ} 45'S$ ).

Figura 18 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 17 (Lat.  $19^{\circ} 45'S$ ).



- Figura 19 Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad (PSU), y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 25 (Lat.  $20^{\circ} 25'S$ ).
- Figura 20 Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ), la AOU/AOP ( $\text{ml}/\text{l}$ ) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 25 (Lat.  $20^{\circ} 25'S$ ).
- Figura 21 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 25 (Lat.  $20^{\circ} 25'S$ ).
- Figura 22 Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad (PSU), y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 33 (Lat.  $21^{\circ} 05'S$ ).
- Figura 23 Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ), la AOU/AOP ( $\text{ml}/\text{l}$ ) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 33 (Lat.  $21^{\circ} 05'S$ ).
- Figura 24 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 33 (Lat.  $21^{\circ} 05'S$ ).
- Figura 25 Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad (PSU), y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 41 (Lat.  $21^{\circ} 45'S$ ).
- Figura 26 Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ), la AOU/AOP ( $\text{ml}/\text{l}$ ) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 41 (Lat.  $21^{\circ} 45'S$ ).
- Figura 27 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 41 (Lat.  $21^{\circ} 45'S$ ).

Figura 28 Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad (PSU), y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 49 (Lat.  $22^{\circ} 25'S$ ).

Figura 29 Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ), la AOU/AOP ( $\text{ml}/\text{l}$ ) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 49 (Lat.  $22^{\circ} 25'S$ ).

Figura 30 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 49 (Lat.  $22^{\circ} 25'S$ ).

Figura 31 Distribución vertical de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad (PSU), y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 57 (Lat.  $23^{\circ} 05'S$ ).

Figura 32 Distribución vertical del oxígeno disuelto ( $\text{ml}/\text{l}$ ), la AOU/AOP ( $\text{ml}/\text{l}$ ) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 57 (Lat.  $23^{\circ} 05'S$ ).

Figura 33 Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 57 (Lat.  $23^{\circ} 05'S$ ).

Figura 34 Diagramas de distribución horizontal, en perfiles continuos, de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) (a y c) y la fluorescencia in vivo (UR) (b y d), en las transectas 1 (Lat.  $18^{\circ} 23'S$ ) y 5 (Lat.  $18^{\circ} 41'S$ ).

Figura 35 Diagramas de distribución horizontal, en perfiles continuos, de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) (a y c) y la fluorescencia in vivo (UR) (b y d) en las transectas 9 (Lat.  $19^{\circ} 01'S$ ) y 13 (Lat.  $19^{\circ} 21'S$ ).

- Figura 36 Diagramas de distribución horizontal, en perfiles continuos, de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )(a y c) y la fluorescencia in vivo (UR)(b y d) en las transectas 29 (Lat.  $20^{\circ} 45'S$ ) y 33 (Lat.  $21^{\circ} 05'S$ ).
- Figura 37 Diagramas de distribución horizontal, en perfiles continuos, de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )(a y c) y la fluorescencia in vivo(UR)(b y d), en las transectas 37 (Lat.  $21^{\circ} 25'S$ ) y 41 (Lat.  $21^{\circ} 45'S$ ).
- Figura 38 Variación interanual latitudinal de la clorofila a integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ), expresada como el delta entre el año 1995 menos el 1996.
- Figura 40 Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de media-agua en la zona de Arica (lances 1-5) e Iquique (lances 6-20). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.
- Figura 41 Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de media-agua en la zona de Iquique (lance 21) y Antofagasta (lances 22-38). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.
- Figura 42 Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de media-agua en la zona de Antofagasta (lances 39-60). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.
- Figura 43 Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de media-agua en la zona de Antofagasta (lances 61-67). La barra

ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.

Figura 44 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 de estudio (lances 1-67). 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 de estudio.

Figura 45 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 46 Proporción sexual de las anchovetas capturadas con red de media-agua para las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio.

Figura 47 Comparaciones de los resultados de los cruceros RECLAN 1995 y RECLAN 1996 referentes a la distribución de longitudes para las zonas de Arica e Iquique y relación longitud-peso obtenida de los lances de pesca.

Figura 48 Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso corto.

Figura 49 Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso corto.

Figura 50 Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso medio.

- Figura 51 Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso medio.
- Figura 52 Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso medio.
- Figura 53 Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 38 Khz en pulso medio.
- Figura 54 Relaciones funcionales de la intensidad de blanco (TS) y la longitud total (L) de anchoveta para 120 y 38 khz en pulsos corto y medio.
- Figura 55 Histogramas de las lecturas acústicas (Sa) de anchoveta por transecta e intertransecta. Crucero RECLAN 9601.
- Figura 56 Variograma de la distribución de anchoveta, incluyendo las intertransectas. Crucero RECLAN 9601.
- Figura 57 Distribución espacial de la abundancia total de recursos pelágicos en el área de estudio. Crucero RECLAN 9601.
- Figura 58 Distribución espacial de la abundancia de anchoveta en el área de estudio. Crucero RECLAN 9601.
- Figura 59 Distribución batimétrica respecto a la temperatura, salinidad y oxígeno de la anchoveta. Crucero RECLAN 9601
- Figura 60 Distribución espacial de la abundancia de jurel en el área de estudio. Crucero RECLAN 9601.
- Figura 61 Variación de Coeficientes de Variación (CV) y Razón de los estimados de biomasa de anchoveta, respecto a la separación entre transectas. Crucero RECLAN 9601.

**TABLAS**

- Tabla 1. Categorías por densidad
- Tabla 2. Estaciones realizadas durante el crucero RECLAN96
- Tabla 3. Clorofila-a integrada para los años 1995 y 1996
- Tabla 4. Pesos promedios empíricos de anchovetas en las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio. Crucero RECLAN 9501 y RECLAN 9601.
- Tabla 5. Estimación de parámetros de la relación longitud-peso por zonas y total zona de estudio. Crucero RECLAN 9501 y RECLAN 9601.
- Tabla 6. Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter para la frecuencia de 38 KHz, por longitud de pulso (ms).
- Tabla 7. Valores modales de la intensidad de blanco  $TS_{mo}$  (dB), número de blancos filtrados, área dispersante promedio de los peces ( $\sigma$ ),  $V(\sigma)$  y  $\sigma$  máximos y mínimos, por lance para la frecuencia de 120 khz, con pulso corto.
- Tabla 8. Valores modales de la intensidad de blanco  $TS_{mo}$  (dB), número de blancos filtrados, área dispersante promedio de los peces ( $\sigma$ ),  $V(\sigma)$  y  $\sigma$  máximos y mínimos, por lance para la frecuencia de 120 khz, con pulso medio.
- Tabla 9. Análisis de varianza de la regresión TS-L de anchoveta con 120 khz y pulso corto ( $TS = 27,3196 \text{ LOG } L - 85,9047$ ).

- 
- Tabla 10 Análisis de varianza de la regresión TS-L de anchoveta con 120 khz y pulso medio (TS= 27,8007 LOG L - 87,6113).
- Tabla 11 Comparación entre las regresiones ajustadas para 120 khz en pulso corto y medio.
- Tabla 12 Análisis de varianza de la regresión TS-L de anchoveta con 120 khz conjunta (TS = 28,7987 LOG L - 88,2403).
- Tabla 13 Relaciones funcionales de TS respecto a la longitud de diversos autores.
- Tabla 14 Información biológico-pesquera de los lances de pesca.
- Tabla 15 Biomasa, Varianza ( $\hat{V}(\hat{B})$ ) coeficientes de variación (CV) y error (%) de anchoveta. Crucero RECLAN 9601.
- Tabla 16 Varianza ( $\hat{V}(\hat{B})$ ), coeficiente de variación (CV) y biomasa de la fracción reclutas de anchoveta. Crucero RECLAN 9601.
- Tabla 17 Número de individuos y pesos por rango de tallas de anchoveta, según el método acústico.
- Tabla 18 Biomasa de la fracción recluta en peso y número y coeficientes de variación por el método geoestadístico.
- Tabla 19. Varianza ( $\hat{V}(\hat{B})$ ), coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de anchoveta por el método Geoestadístico.

Tabla 20 Varianza ( $\hat{V}(\hat{B})$ ), coeficiente de variación (CV) y biomasa de la fracción reclutas de anchoveta en número. Crucero RECLAN 9601.

Tabla 21. 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.





#### IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO

##### 1. Objetivo general

Realizar una evaluación directa mediante el método hidroacústico para estimar el reclutamiento del recurso anchoveta desde el límite norte del país hasta Antofagasta ( $23^{\circ}26'S$ ) entre diciembre de 1995 y enero de 1996.

##### 2. Objetivos específicos

- 2.1 Estimar el reclutamiento de anchoveta en peso y en número entre diciembre de 1995 y enero de 1996 desde el límite norte del país hasta Antofagasta ( $23^{\circ}26'S$ ) mediante método hidroacústico.
- 2.2 Estimar la cobertura geográfica del reclutamiento de anchoveta respecto al área total prospectada y estimar índices de densidad relativa ( $\text{ton /mn}^2$ ) de la fracción juvenil y adulta presente en el área de estudio.
- 2.3 Determinar la estructura de talla y los pesos medios a la talla de los ejemplares que componen el proceso de reclutamiento de la anchoveta.
- 2.4 Identificar espacio temporalmente (en forma latitudinal, longitudinal y batimétrica) la distribución del reclutamiento de anchoveta en el litoral de las I y II Regiones.
- 2.5 Determinar las condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento de anchoveta en el litoral de la I y II Regiones.

## V. ANTECEDENTES

El problema del reclutamiento de los recursos pelágicos y en particular de la anchoveta ha sido identificado desde los comienzos de la investigación pesquera en Chile (Brandhorst, 1965), como un elemento relevante para establecer la potencialidad del recurso. Desde aquella época se intuía que las variaciones de la biomasa de la anchoveta estaba asociado en forma directa con la fuerza de la clase anual (reclutas) y en forma algo mas indirecta con la producción anual de huevos y el éxito del desove. Sin embargo las dificultades de carácter metodológicas asociadas a la problemática de estimar directamente los niveles de reclutamiento, han impedido, hasta la fecha, la ejecución de estudios tendientes a este fin.

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.

Actualmente las estimaciones del reclutamiento de anchoveta se realizan mediante el ASP (Análisis Secuencial de Poblaciones) (Barría, 1991; 1992; GTE, 1992; 1993 y 1994), las que pueden ser mejoradas con la incorporación de información proveniente de crueros de investigación (Hilborn y Walters, 1992) o con el diseño de modelos poblacionales que incluyen información de la distribución y abundancia obtenida mediante métodos acústicos (Methot, 1992), siendo actualmente ésta 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 Battenworth, 1987), mejorando de este modo la certeza en las prognosis (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 provenientes de la actividad extractiva de la anchoveta en la zona norte en el período 1961 -1963 (Brandhorst y Rojas, 1967) y del monitoreo del reclutamiento en la época estival (Peña et al., 1993) señalan que los reclutas de anchoveta se distribuyen preferentemente en sectores muy cercanos a la costa.

Por otro lado, 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.

En Chile los antecedentes sobre la distribución de los reclutas son escasos, al respecto los primeros resultados de la distribu-

ción de los reclutas mediante el método acústico, alcanzados en el proyecto FIP 035-94-01 "Estimación del reclutamiento de anchoveta de la zona norte (I a II Regiones)", indican 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.*, 1996), concentrándose principalmente en una franja costera que llega hasta las 3 mn de la costa.

Los antecedentes de la anchoveta sudafricana (*Engraulis capensis*), conseguidos mediante 22 cruceros acústicos en el período 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 stock de la anchoveta (Cruickshank, *et al.* 1990). De acuerdo a los resultados alcanzados en el proyecto FIP 035-94-01, dicha relación también se presentaría en el caso de la anchoveta del norte de Chile (Osses, 1995; Castillo *et al.*, 1996).

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

En el caso de la zona norte de Chile, además de los escasos antecedentes sobre la distribución de los reclutas de anchoveta mediante métodos directos, también se desconocen los mecanismos que determinan que estos recursos presenten altas concentraciones en ciertas zonas, no siendo posible establecer su ubicación a priori, observándose que aparentemente existe una importante dependencia con el grado de normalidad de las condiciones oceanográficas.

Información preliminar (Serra com. pers.) señala que los juveniles de anchoveta a nivel de post-larvas se distribuyen en áreas muy costeras (caletas y playas) y a medida que se produce el crecimiento, paulatinamente abandona estos refugios para ubicarse en sectores relativamente más oceánicos.

El reclutamiento de la anchoveta a la pesquería comienza a producirse en noviembre, aproximadamente a partir de la segunda quincena abarcando principalmente hasta marzo, existiendo una estratificación temporal y geográfica en el sentido latitudinal. Al respecto, Peña *et al.* (1993) indican que la frecuencia de ejemplares inferiores a los 12 cm en las capturas realizadas durante la veda de reclutamiento de 1992-93 fue mayor en los puertos de Arica e Iquique en las primeras semanas de enero, sugiriendo que el proceso de reclutamiento presenta una mayor estacionalidad hacia diciembre-enero.

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 Sudafrica 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 una unidad de esfuerzo. Sin embargo, su aplicación en recursos pelágicos en los cuales el coeficiente de capturabilidad cambia en función de la densidad de los cardúmenes hacen poco aconsejable utilizar este método en términos de cuantificación absoluta del reclutamiento.

En este sentido, los resultados alcanzados en el proyecto FIP 035-94-01, han permitido lograr importantes avances en el conocimiento del comportamiento de los reclutas de anchoveta en la zona norte, destacándose el establecimiento de un movimiento migratorio de la anchoveta en el sentido Este-Oeste entre el día y la noche, determinándose que las noches con luna constituyen el momento más adecuado para efectuar la prospección acústica de esta fracción de la población. También se observaron cambios en los tipos de agregación diurna y nocturna de la anchoveta, prevaleciendo un mayor grado de contagio durante el día con agregaciones tipo cardúmen de alta densidad, en tanto durante la noche se dispersa presentando agregaciones tipo estrato. Esta situación también confirma la conveniencia de las prospecciones nocturnas con luna, por cuanto las agregaciones 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.

## 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 una distancia de la costa determinada por el veril de los 25 m y las 10 mn (Fig. 1).

El crucero de evaluación se realizó a bordo del B/I Abate Molina entre el 2 y el 21 de enero 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, entre el 2 y el 15 de enero de 1996, entre los días previos a la luna llena (5 de enero) y días posteriores al cuarto menguante (13 de enero). Posteriormente a la prospección, se efectuaron las pescas intensivas y los experimentos tendientes a la medición del TS in situ. 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 63 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 (Fig. 2).



## 2. Metodología por objetivo

2.1 **Objetivo 2.1. Estimar el reclutamiento de anchoveta en peso y en número entre diciembre de 1995 y enero de 1996 desde el límite norte del país hasta Antofagasta (23°26'S) mediante el método hidroacústico.**

### 2.1.1 Muestreo acústico

Entre los patrones de migración de alta frecuencia de la anchoveta juvenil, se observa que diariamente se registra un movimiento hacia el oeste en el crepúsculo, regresando a la costa al amanecer.

De acuerdo a los objetivos planteados, el diseño de muestreo sistemático es el más adecuado, asumiendo aleatoriedad de la distribución de los recursos pelágicos con respecto a la posición de las transectas (Shotton y Bazigos, 1984; Francis, 1984; Simmonds, 1984 y Simmonds *et al.*, 1991), lo que se ajusta adecuadamente a la característica de contagio de los recursos objeto del presente proyecto.

La varianza obtenida con este método, es similar a la alcanzada con un muestreo aleatorio cuando no existe tendencia lineal en la dirección del muestreo (Shotton y Bazigos, 1984).

Una ventaja de este diseño de muestreo lo constituye la disminución de la varianza del estimador cuando la información presenta un gradiente de densidad en el sentido de las transectas. Además, el muestreo sistemático es recomendado para obtener adecuada información sobre la distribución de los recursos (Mac Lennan y Simmonds, 1992).

La distribución batimétrica de las especies pelágicas en la zona norte se caracteriza por un marcado comportamiento migratorio nictemeral (Guzmán *et al.*, 1982; Rodríguez *et al.*, 1983; Lillo *et al.*, 1991 y Castillo *et al.*, 1993), ubicándose durante las horas de luz diurna asociado a la capa de mezcla, migrando hacia la superficie en la noche.

De acuerdo a los antecedentes reunidos en el proyecto FIP 035-94-01, el muestreo acústico tendiente a la evaluación del reclutamiento de anchoveta, debe realizarse en los períodos de oscuridad solar con la fase lunar entre cuarto creciente y cuarto menguante.

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 ecointegración con el navegador satelital GPS. La información acústica registrada correspondió al valor de densidad expresado en energía retrodispersada, referida a una  $\text{mn}^2$  (Sa), 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 ecointegración SIMRAD EK 500 consiste en un proceso iterativo, en que se mide las señales de la intensidad de blanco (TS) y ecointegración (Sa) provenientes de un blanco 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 utilizaron blancos estándar de cobre diseñados para las frecuencias de 38 y 120 KHz, según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Acústica del ICES y por el fabricante (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 ó repetir la medición.

Las mediciones se efectuaron en Valparaíso antes del inicio de la prospección. El buque se fondeó con dos anclas por la proa y una por la popa (barbas de gato).

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

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

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

donde:

$G_1$  = nueva ganancia del transductor

$G_0$  = ganancia antigua

TSm= intensidad de blanco medida (dB)

TSb= intensidad de blanco teórico (dB)

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

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

siendo:

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

donde:

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

#### 2.1.2.2 Calibración de la intensidad de blanco (Target Strength-TS) de los juveniles de anchoveta.

##### a. Medición del TS in situ de anchoveta

Con el fin de determinar la intensidad de blanco (TS) "in situ" de la anchoveta se recolectó la información de TS discriminada por el sistema EK-500 durante cada lance de pesca.

Los datos fueron recolectados con las frecuencias de 38 y 120 Khz en pulsos corto y medio.

La información de TS detectada por el sistema acústico fue recolectada ping a ping 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.

La información fue procesada de acuerdo a las siguientes consideraciones; se consideró blanco individual aquellos ecos registrados a igual profundidad en al menos 2 pings, se aceptó que en 1 ping el blanco estuviera ausente, debiendo volver a ser detectado en el sondeo siguiente, también se aceptó como blanco aquellos que presentaran una variación de hasta 15 cm en la profundidad.

En todo caso se debe tener presente que la prospección se realizó con la frecuencia de 38 khz con pulso medio, siendo la frecuencia y pulso mas utilizada a nivel mundial (Foote, 1987; Foote, 1986 y Simmonds *et al.*, 1987), debido a la mejor penetración del sonido (Clay 1990) y para evitar interferencias del pasabanda que se pueden producir en pulsos cortos (Soule *et al.*, 1995).

El TS corresponde a la ecuación:

$$TS = 10 \log \frac{\sigma}{4 \Pi}$$

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 tales como las medias aritmética y geométrica; la mediana y la moda. Es importante señalar que los valores centrales, excepto la moda, se determinaron a partir del área dispersante, derivada según la ecuación antes descrita. En el caso de la moda, se hizo una comparación entre los indicadores del TS en dB y el área dispersante, prevaleciendo aquel que presentara coincidencias en la frecuencia.

De estas medidas del valor central se seleccionó la moda para asociarla con las tallas de los peces capturados en los lances de pesca, las otras medidas del valor central fueron desestimadas por encontrarse influenciadas por la simetría de las distribuciones.

La composición de tallas de los peces se obtuvieron de las capturas obtenidas en los lances de pesca realizados para fines de identificación de especies. Desde la estructura de tallas se determinó la talla modal, los que fueron correlacionados con los TS medidos en el mismo lance.

De este modo, los TS y las tallas de los peces se ajustaron a una regresión lineal simple mediante el método de los mínimos cuadrados, para cada pulso y frecuencia. En el caso de la frecuencia de 120 khz, en que se obtuvo suficiente información con los pulsos corto y medio, se ajustaron dos ecuaciones de regresión, las que fueron analizadas mediante un ANDEVA y comparadas entre sí con el test t de Student. Según el resultado del test, se ajustó una regresión común. Para el caso de la frecuencia de 38 khz, los datos fueron insuficientes para ajustar una regresión, haciéndose una comparación con la información obtenida con la frecuencia de 120 khz.

Una vez ajustadas las ecuaciones de regresión para cada pulso y frecuencia, se estandarizó a la forma aplicada internacionalmente y recomendado por Foote (1987) según:

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

donde:

TS = intensidad de blanco (dB)

L = longitud total (cm)

El TS se refirió a valores de TS<sub>kg</sub> según:

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

siendo:

TS<sub>kg</sub> = intensidad de blanco (dB/kg)

w = peso del pez (kg).

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

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

#### **b. Medición indirecta del TS de anchoveta**

En atención a los resultados del Taller realizado en el ámbito del proyecto FIP 035-94-01, y teniendo presente las características

gregarias de la anchoveta que dificultan la condición de blancos resuelto necesaria para medir el TS in situ, se realizaron experimentos tendientes a aplicar la metodología propuesta por Misund y Beltestad (1996).

El procedimiento consiste en determinar el TS de anchoveta en forma indirecta, a partir de mediciones acústicas y geométricas de los cardúmenes. Con este fin se utilizan un sistema acústico científico calibrado, compuesto de ecosonda y ecointegrador, un sonar, con registro de las señales y la captura de los cardúmenes mediante una red de cerco.

Las características geométricas del cardúmen (altura y ancho) se midieron mediante el sonar y la densidad acústica fue establecida con el sistema acústico científico. La densidad del cardúmen se determinó mediante el cociente entre la captura y el tamaño geométrico establecido según el sonar. De este modo, es posible aplicar las siguientes ecuaciones:

$$Q_{sonar} = \frac{N \text{ peces capturados}}{A \text{ cardúmen}}$$

$$P_{ecointeg} = \frac{S_A}{\sigma}$$

donde:

$Q_{sonar}$  = densidad del cardumen medido desde el sonar ( $\text{kg/m}^2$ )

$Q_{ecointeg}$  = Densidad del ecointegrador

$S_A$  = lectura del ecointegrador

$\sigma$  = coeficiente de dispersión del blanco



Siendo consideradas ambas mediciones de la densidad de los cardúmenes como iguales.

El procedimiento anteriormente descrito se puede aplicar con dos variantes, la primera de ellas, expuesta por Hamre y Dommasnes (1994), consiste en que la medición de la densidad acústica es realizada por el B/I Abate Molina y las mediciones con sonar y las capturas son efectuadas por el barco pesquero. Una segunda opción consiste en efectuar todas las mediciones desde el barco pesquero, para lo cual es necesario instalar el sistema acústico científico.

Los trabajos experimentales se efectuaron en dos oportunidades, la primera se llevó a cabo entre el 8 y el 10 de enero de 1996 a bordo del PAM Eperva 63, trabajando en conjunto con el B/I Abate Molina. El procedimiento consistió en la detección de un cardumen con el sonar SIMRAD SR 240, instalado a bordo del barco pesquero. La señal fue grabada con una video cámara tipo Handicam, formato 8 mm. Una vez que esta operación se completó, el cardumen fue ecointegrado con el sistema Simrad EK-500 del B/I Abate Molina, siendo capturado por el barco pesquero.

El segundo experimento se realizó a bordo del PAM Eperva 64 y el procedimiento consistió en establecer la densidad de los cardúmenes de anchoveta por intermedio del sonar SIMRAD SR 240 en las faenas de pesca rutinarias y compararlos con las mediciones provenientes del ecointegrador SIMRAD EK-500, instalado a bordo del pesquero. Para realizar estos trabajos, fue necesario instalar a bordo del PAM EPERVA 64 el sistema acústico SIMRAD EK-500, conectándose al transductor del ecosonda SIMRAD EQ-50 disponible a bordo. Las señales del sonar SIMRAD SR 240 fueron grabadas en sistema VHS posteriormente a la decodificación de la señal mediante un video scan converter.

### 2.1.3 Identificación de especies

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

**a) Método acústico (Guzmán et al., 1983):**

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

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

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).

**b) Pescas de identificación:**

Con el objeto de validar la identificación efectuada mediante el método acústico, se realizaron lances de pesca con una red de arrastre a media agua de un tamaño de malla de 1,3 cm en el copo ("tipo anchovetera"). 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.*, 1991). De igual modo esta información fue comparada con la identificación de las especies realizada mediante el método acústico. De esta forma se determinó la fracción de reclutas de anchoveta 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 mas 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 durante el crucero. 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 un conjunto de programas computacionales diseñados para estos fines. 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

#### a) Biomasa total y fracción recluta

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

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

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<sup>2</sup>/Sa).

El coeficiente de ecointegración se calcula según:

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

siendo la razón R correspondiente a las lecturas acústicas del econtegrador (Sa) por I.B.M., calculándose según:

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

donde:

- n = número de transectas de la muestra  
 $x_i$  = densidad de la transecta i-ésima.  
 $Y_i$  = número de I.B.M. en la transecta i-ésima.

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

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

donde :

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

Un segundo estimador de biomasa utilizado correspondió al propuesto por Petitgas (1991) el cual considera que la biomasa depende de la geometría del área de distribución del recurso y estima su densidad ( $Z$ ) solo en dicha área ( $V$ ) mediante la expresión:

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

$Z_v$  es un estimador de la media ponderada de las muestras, 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.

#### b) Fracción recluta

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

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

donde:

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

Siendo  $P_{rI}$  igual a:

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

donde:

$Y_{l(k \leq k_0)}$  = peso de los reclutas en 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:

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

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

Alternativamente, se calcula la biomasa por talla en base a la información acústica por I.B.M., la información de estructura de tallas por cada lance de pesca y la relación TS-L de anchoveta.

De este modo el número de ejemplares, por talla ( $N_k$ ) se calcula según:

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

y consecuentemente la biomasa en peso, a la talla, se calcula según:

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

siendo:

- $N_k$  = número de ejemplares en la k-ésima talla  
 $S a_j$  = 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 Varianza

##### a) 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  $\hat{V}(\hat{R})$  estando el estimador para la varianza de la biomasa estimada ( $\hat{B}$ ), expresado por:

$$\hat{V}(\hat{B}) = A^2 \times \hat{V}_1(\hat{R})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

donde:

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

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

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

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

- Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990).

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

donde:

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

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

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

$$(\hat{F}^{-1} \{ \phi(2Z_0 - Z_\alpha) \} ; \hat{F}^{-1} \{ \phi(2Z_0 + Z_\alpha) \})$$

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

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

y donde,

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

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

#### - Método Geoestadístico

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

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

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

$$\gamma(S, S) = \frac{1}{n^2} \sum_a \sum_b \gamma(x_a - x_b)$$

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

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

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

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

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

#### b) Varianza de la biomasa de la fracción recluta

La varianza de la biomasa de reclutas se calcula según:

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

donde:

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

V ( $\hat{P}_{rI}$ ) está dada por:

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

donde:

La varianza de los pesos de reclutas es:

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

La varianza de los pesos por talla es:

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

La covarianza de los reclutas y peso total es:

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

donde:

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

**c) Varianza de la biomasa de reclutas en número**

La varianza de la biomasa en número se calcula según:

$$\hat{V}(\hat{B}_N) = \frac{\hat{B}^2}{\bar{w}^4} \hat{V}(\bar{w}) + \left(\frac{1}{\bar{w}}\right)^2 \hat{V}(\hat{B}) - \hat{V}(\hat{B}) \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{w}}\right)$$

donde:

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

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

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

**d) Estimación del coeficiente de error (%) y Coeficiente de variación (CV).**

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

Porcentaje de error:

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

donde:

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

$\hat{B}$  = Abundancia

t = test de Student

$\alpha$  = nivel de significación.

Coeficiente de variación:

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

**2.2 Objetivo 2.2. Estimar la cobertura geográfica del reclutamiento respecto al área total prospectada y estimar índices de densidad relativa (t/mn<sup>2</sup>) de la fracción juvenil y adulta presente en el área de estudio.**

**Objetivo 2.4. Identificar espacio temporalmente (en forma latitudinal, longitudinal y batimétrica) la distribución del reclutamiento de anchoveta en el litoral de las I y II Regiones.**

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

La información procesada según los procedimientos descritos anteriormente es presentada en mapas de distribución espacial, utilizando una escala de densidad (t/mn<sup>2</sup>), determinada por la siguiente expresión  $75 \cdot 2^{(n-1)}$ , donde n representa el nivel de la categoría, siendo  $0 < n \leq 4$  (Tabla 1).

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.

En el sentido batimétrico, la distribución del recurso es presentada en histogramas de frecuencia entre la densidad acústica y la frecuencia de la profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno



equivalentes a las secciones verticales correspondientes a la longitud total de las transectas.

### 2.2.2 Índices de cobertura y abundancia relativa

Con el fin de establecer indicadores del grado de agregación relativo de los reclutas de anchoveta, se utilizan los índices de Densidad y Cobertura (Castillo *et al.* 1986). El índice de cobertura indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie, dando una idea acerca del grado de agregación presentado por la especie en el momento de la prospección. Su cálculo es realizado según:

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

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

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

donde:

- k = número de observaciones acústicas con presencia de recurso
- z = número total de observaciones acústicas en el crucero.
- Sa<sub>ij</sub> = lecturas acústicas en la i-ésima I.B.M. de la j-ésima transecta

$C_b$  = factor de ecointegración.  
IC = índice de cobertura (%)  
ID = índice de densidad en t/mn<sup>2</sup>.

**2.3 Objetivo 2.3. Determinar la estructura de tallas y los pesos medios a la talla de los ejemplares que componen el proceso de reclutamiento de la anchoveta.**

**2.3.1 Determinación de la estructura de tallas y pesos de anchoveta.**

En las capturas obtenidas de cada lance se realizó un muestreo aleatorio simple tendiente a obtener la composición de longitudes por clase y su peso promedio a la talla. Los datos se trataron como un diseño de muestreo bi-etápico, tomando como unidades de muestreo primaria los lances y las unidades secundarias a una 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 del lance.

a1. Estimador de la composición en talla por estrato

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

donde:

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

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

$$\begin{aligned} \hat{V}(p_{hk}) = & \left( \frac{1}{t_h} - \frac{1}{T_h} \right) \frac{1}{t_h - 1} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{\bar{X}_h^2} (p_{hlk} - p_{hk})^2 + \\ & + \frac{1}{t_h} \frac{1}{T_h} \sum_{l=1}^{t_h} \frac{X_{hl}^2}{\bar{X}_h^2} \left( \frac{1}{n_{hl}} - \frac{1}{N_{hl}} \right) S_{hl}^2 \end{aligned}$$

donde:

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

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

$$X_{hl} = \frac{Y_{hl}}{\bar{w}_{hl}}$$

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

## b. Pesos medios a la talla

### Notación

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

### b1. Estimador del peso medio a la talla por estrato

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

donde:

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

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

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

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

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  $w_k$** 

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

**d. Coeficientes de variación e intervalos de confianza**

Los coeficientes de variación se deben calcular siguiendo el procedimiento siguiente

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

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

Los intervalos de confianza se obtienen, como

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

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

### 2.3.2 Relación longitud/peso de la anchoveta durante el proceso de reclutamiento.

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. Al ajustar las curvas se emplea 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, y  $x$  corresponde a la longitud de los individuos.  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los parámetros del modelo, siendo el primero el intercepto o la constante, y el segundo la pendiente o coeficiente de regresión, que en términos biológicos corresponde al índice o tasa de crecimiento relativo.

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:

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

donde  $RSS_1$  y  $RSS_2$  corresponden a la suma residual de cuadrados 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, respectiva-



mente. La ecuación tiene una distribución t de student con  $n_1 + n_2 - 4$  grados de libertad (Zar, 1974).

### **2.3.3 Muestreo en Puerto**

El proyecto consideró el muestreo en puerto, sin embargo durante el período del crucero estuvo en veda de reclutamiento la anchoveta.

### **2.3.4 Determinación de parámetros biológicos de la anchoveta, durante el proceso de reclutamiento.**

Sobre la base de la muestra de ejemplares obtenidos para determinar la estructura de longitudes, se efectuó el muestreo biológico a la totalidad de las anchovetas, se colectó la siguiente información: peso total, peso eviscerado, estado de madurez, peso de las gónadas y sexo.

El proceso de manipulación a bordo, permitió que cada ejemplar en la muestra de longitud fue pesado con y sin vísceras, se identificó el sexo y estado gonadal. Debido a que no es factible pesar las gónadas a bordo, este trabajo se realizó en los laboratorios en tierra.

### **2.3.5 Tamaño de la muestra**

De acuerdo al procedimiento establecido anteriormente todos los lances de pesca a bordo del B/I Abate Molina se muestrearon, se determinó la captura total por lance, la composición específica y se efectuó un muestreo biológico de las anchovetas.

En relación al tamaño de la muestra, en cada lance exitoso se trató de obtener un número  $n = 200$  ejemplares, a los cuales se deter-

minó la longitud total, peso total, peso eviscerado, determinación de sexo y estado de madurez. Este tamaño de muestra excede el número estándar que se utiliza en el muestreo de peces pelágicos.

Respecto al muestreo de las gónadas de anchoveta, no existe en el mercado una balanza digital que tenga una precisión menor a 1 décima de gramo y que mantenga sus parámetros de calibración en condiciones de movimiento, como es el caso del trabajo a bordo. Es importante tener presente que durante los meses de diciembre y enero las gónadas de anchoveta presentaron pesos inferiores a 1 gramo, superándose levemente este valor referencial en aquellos ejemplares mayores a 15 cm de longitud total.

Con el fin de obtener indicadores de la estructura de longitudes y pesos medios a la talla, se realizó un análisis de los datos a nivel de los lances por zona de pesca: Arica, Iquique y Antofagasta y se determinaron las características de las estructuras de longitudes y pesos medios específicos. Los análisis estadísticos utilizados se basan principalmente en pruebas estadísticas no paramétricas Kolmogorov-Smirnov para probar hipótesis de homogeneidad en distribuciones de tallas (Conover, 1981).

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

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

donde:  $Y_i$  corresponde al número de anchovetas hembras  
Y corresponde al número total de anchovetas (machos y hembras) mayores a 12 cm.

**2.4 Objetivo 2.5. Determinar las condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento del recurso anchoveta en el litoral de la I y II regiones.**

#### **2.4.1 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 48 estaciones oceanográficas (Fig. 1 y Tabla 2).

Se obtuvieron registros verticales de temperatura y salinidad, con un sistema de perfilación CTD (Neil Brown Mrk III), adosado a un sistema de muestreo tipo Roseta (General Oceanics) equipada con botellas Niskin de 5 l de capacidad. Las muestras para análisis discreto de oxígeno disuelto y clorofila-a (**cloa**) fueron obtenidas a las profundidades de 0, 5, 10, 25, 50, 75 y 100 m.

Debido a problemas en el funcionamiento del fluorómetro perfilador SeaTech, se debió obtener muestras discretas para fluorescencia in vivo (**fliv**), para lo cual se utilizó un fluorómetro Turner Designs modelo 10AU. Estas muestras fueron obtenidas directamente de la botellas de muestreo, en tubos de ensayo con tapa rosca y mantenidas en oscuridad por 10 minutos, en un baño de agua proveniente de la superficie de la estación. Las muestras se leyeron en el mismo tubo de almacenamiento con el fluorómetro. Las unidades de expresión de la fliv serán expresadas como unidades relativas (UR).

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, 1981). Para este crucero no se observó 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 (Millero y Poisson, 1981).

La concentración de oxígeno disuelto se cuantificó con la metodología descrita por Carpenter (1965). Los cálculos de saturación de oxígeno y producción o utilización aparente de oxígeno (AOU/AOP) fueron realizados según los algoritmos descritos en Weiss (1970).

Las muestras para el análisis de clorofila-a (cloa) se obtuvieron filtrando 250 ml de agua de mar, utilizando filtros de fibra de vidrio de 0,7  $\mu$ m de tamaño nominal de poro (MFS), la filtración se realizó con un sistema de vacío suave (ca. 100 mm Hg). La extracción de la cloa se realizó pasivamente en oscuridad, por 12 horas a 2 °C, con una solución acuosa de acetona al 90 % v/v. La cuantificación de las muestras se realizó con el método fluorimétrico descrito en Parsons *et al.*, (1984), utilizando un fluorómetro Turner Designs, modelo 10 AU. La lámpara y la configuración de los filtros de excitación y emisión fue la sugerida por los fabricantes. La calibración del equipo se realizó con un estándar puro de cloa (Sigma Chemicals).

#### 2.4.2 Registro continuo horizontal

Los registros horizontales continuos de temperatura, salinidad y fluorescencia in vivo (fliv), se obtuvieron en todas las transectas oceanográficas, con una resolución temporal de un minuto. Estas mediciones se realizaron en un sistema de flujo continuo de agua limpia, cuya captación se realiza a 3 m de profundidad, utilizando un termistor, un sensor de conductividad y un fluorómetro de flujo continuo, marca Turner Designs modelo 10.000R.

Los sensores fueron vigilados diariamente, para el caso del termistor se utilizó un termómetro de inversión, el cual no mostró

desviaciones de importancia, por lo que el registro de temperatura presentado no tiene modificaciones. El sensor de conductividad fue controlado tomando muestras discretas, los resultados indican que este sensor es estable, pero la resolución del sensor (i.e. 0,01 psu) no es suficiente para masas de agua en que la salinidad no sufre variaciones en ese rango, debido a lo restringido de la extensión longitudinal de cada transecta. No obstante que esta medición no se utilizará en este informe, será presentada en los archivos magnéticos requeridos por las bases técnicas del proyecto.

Para la identificación de los frentes costeros se utilizará el gradiente térmico de la transecta, ya que esta variable muestra variaciones longitudinales significativas en tramos cortos. Esta situación fue observada para la misma época durante el año 1995, donde la distribución del campo de densidad del sistema es básicamente función de la temperatura (Osses, 1995).

Se presentan histogramas con la frecuencia de los cardúmenes (%) respecto a las variables temperatura y salinidad.

## VII. RESULTADOS

### 1. Condiciones oceanográficas asociadas al proceso de reclutamiento

#### 1.1 Variables superficiales

En el plano superficial y para toda la zona muestreada (Figs. 3 y 4) la temperatura superficial presentó valores comprendidos entre 15 y 20°C, la salinidad estuvo en el rango  $>34,7$  a 34,8 y la densidad en el rango 24,6 a 25,8 kg/m<sup>3</sup>.

El oxígeno disuelto superficial (Fig. 4) indica que el rango de concentración en toda la zona es de 4 a 6 ml/l. Las menores tensiones de oxígeno disuelto se situaron entre la costa y las 5 mn, especialmente en las cercanías de Iquique y la zona sur de la Península de Mejillones. A 10 mn de la costa, las tensiones de oxígeno disuelto son mayores de 5 ml/l. Como era de esperar esta misma situación se refleja en la distribución superficial del porcentaje de saturación (Fig. 5) el que llega a 105% entre la costa y las 10 mn, en las transectas 33 (Lat. 21° 05'S) y 45 (Lat. 22°5'S), al mismo tiempo la AOU/AOP (Fig. 4) indica valores en el rango 0 a mayores de -1 ml/l.

La distribución superficial (Fig. 6) de la cloa muestra que las mayores concentraciones (i.e. 5 mg/m<sup>3</sup>), se localizaron en las cercanías de la zona costera, entre las transectas 1 a la 9, llegando a valores de hasta 1 mg/m<sup>3</sup> a 10 mn de distancia de la costa. Entre las transectas 33 (21° 05'S) y 41 (21°45'S), se observa la intrusión de una masa de agua con valores de cloa típicos de sistemas oligotróficos (i.e.  $< 0,5$  mg/m<sup>3</sup>).

La fliv superficial (Fig. 6) indica que el rango es de 0,8 hasta 1,8 UR. Distribuyéndose en forma semejante a la cloa solamente desde la transecta 25 (sur de Iquique;  $20^{\circ}25'S$ ) hasta la 61 (Sur de Península de Mejillones;  $23^{\circ}25'S$ ). Los feopigmentos superficiales (Fig. 7) no muestran un patrón claro de distribución, con valores entre 1 a  $2 \text{ mg/m}^3$ .

La clorofila integrada (Fig. 7) muestra un patrón diferente de distribución al de la cloa superficial, con valores inferiores a  $60 \text{ mg/m}^3$ , entre Arica ( $18^{\circ}45'S$ ) y las cercanías de la transecta 29. Tendiendo a aumentar a valores cercanos a  $200 \text{ mg/m}^2$  entre la transecta 29 ( $20^{\circ}45'S$ ) y 57 (Península de Mejillones,  $23^{\circ}05'S$ ), pero solamente entre 1 y 5 mn de distancia de la costa.

Los feopigmentos integrados (Fig. 8) indican dos zonas con valores mayores de  $90 \text{ mg/m}^2$ , la primera entre las transectas 29 ( $20^{\circ}45'S$ ) y 33 ( $21^{\circ}05'S$ ) y la segunda entre las transectas 41 ( $21^{\circ}25'S$ ) y 49 ( $22^{\circ}25'S$ ). En ambos casos los máximos se situaron entre 1 y 5 mn de la costa.

La profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  (Fig. 9), indica que esta se encuentra cercana a la superficie en las inmediaciones de la zona costera, especialmente al sur de la transecta 37 ( $21^{\circ}25'S$ ), asociándose los valores más bajos de esta, a la presencia de los mayores gradientes de temperatura y concentración de cloa de toda la zona.

### **1.2 Relación entre la fluorescencia in vivo, la clorofila-a y las variables físicas**

Los diagramas de dispersión entre la fliv y la temperatura (Fig. 10a), la cloa y la temperatura (Fig. 10b), la cloa y la densidad tanto superficial (Fig. 10c) como para toda la columna de agua

(Fig. 10d), indica que las variables biológicas consideradas no se relacionan linealmente con las variables físicas, tendiendo a formar distribuciones de máximos y mínimos, asociadas a ciertos rangos para las variables abióticas. Por ejemplo, tanto para la fliv como la cloa se observa que los mayores registros (i.e.  $>1$  UR y  $>1$  mg/m<sup>3</sup>), se encuentran en el rango de temperatura de 13 a menores de 21 °C y en el caso de la densidad a partir de los 24,4 hasta los 26,6 kg/m<sup>3</sup>.

El diagrama de distribución de la cloa vs la fliv (Fig. 10e) indica que entre estas variables no se observa una relación lineal, especialmente cuando valores cercanos a 0,5 mg/m<sup>3</sup> de cloa tienen una respuesta de fliv equivalente a valores superiores de 10 mg/m<sup>3</sup> de cloa. Esto significa que la respuesta de fluorescencia de las células fitoplanctónicas, esta relacionada con otros factores, tales como el estado fisiológico, historia de luz, autosombreado y otros, además de la concentración intracelular de cloa.

### 1.3 Asociación entre la clorofila superficial y la integrada

El gráfico de distribución de la cloa integrada vs. cloa superficial (Fig. 10f) indica que valores menores de 1 mg/m<sup>3</sup> en superficie, están asociados a valores de cloa integrada en el rango  $< 50$  hasta 300 mg/m<sup>2</sup>. Esto significa que la cloa superficial no refleja necesariamente a la estructura biológica de toda la columna de agua. Como ha sido indicado también para el verano del año 1995, esta situación es provocada por la presencia de máximos subsuperficiales de cloa, que no pueden ser detectados conociendo solamente la concentración de cloa superficial (Osses, 1995).

Desde un punto de vista abiótico estos máximos sub-superficiales están asociados a la presencia superficial (i.e. 0-10 m) de masas de agua más cálidas ( $>21^{\circ}\text{C}$ ) y salinas ( $>34,9$  psu). Este tipo de



masa de agua han sido caracterizada como oligotrófica y su presencia restringe la acumulación en superficie de cloa, por condiciones desfavorables para el crecimiento de las microalgas (i.e. limitación de nutrientes o metales traza esenciales, como el fierro, el zinc, el cadmio y otros).

#### 1.4 Distribución vertical de las variables medidas

En toda la zona se observa la presencia de estratificaciones térmicas, salinas y de densidad considerables, observándose los mayores gradientes entre los 5 y 20 m de profundidad (Figs. 11 a la 34). Las configuraciones de isolíneas típicas de sistemas de surgencia, se observan solamente en las transectas 9 (Fig. 13), 17 (Fig. 17) y 25 (Fig. 20), indicando que este proceso está debilitado en la mayoría de las transectas analizadas. Esta situación es la causa primaria de la disminución en la intensidad de los frentes costeros, entre Arica y el río Loa.

La distribución batimétrica del oxígeno disuelto, indica que entre la superficie y los 20 m, se observa una capa de mezcla bien oxigenada, con concentraciones de oxígeno disuelto de hasta 6 ml/l, equivalentes a un 110% de saturación y a una AOU/AOP de -1 ml/l (Figs. 13 a la 33). En esta zona existe mayor probabilidad de encontrar las concentraciones más altas de cloa.

Las tensiones de oxígeno disuelto características de zonas de hipoxía, equivalentes a 1 ml/l ó 10% de saturación, se encuentran a 20 m de profundidad desde las transectas 1 ( 18°23,4'S) a la 17 ( 19°45'S). Llegando hasta los 5 m en la zona costera de las transectas 21 ( 20°05'S), 25 ( 20°25'S) y 29 ( 20°45'S). En las transectas 33 ( 21°05'S) y 41 ( 21°05'S), el mínimo de oxígeno se profundiza, situándose a profundidades de 25 m o mayores, debido

a la intrusión de una cuña más cálida (ca. 21 °C) y salina (>34,9 psu) que en las restantes transectas.

La capa del mínimo tiende a situarse someramente (i.e. 5 m), en la zona costera, desde la transectas 45 ( 22°05'S) a la 57 (23°05'S). Esta distribución permite la mantención de una oxiclina muy pronunciada entre los 10 y 25 m.

La distribución espacial de la cloa por transecta, indica que esta forma agregaciones homogéneas desde la superficie hasta los límite de la zona fótica, entre la costa y 5 mn, con concentraciones máximas de 10 mg/m<sup>3</sup>, ejemplos de esta distribución son las transectas 9 (Fig. 16), 17 (Fig. 18), 25 (Fig. 22) y 57 (Fig. 34).

En la transecta 41 (Fig. 28), se observa que las isolíneas de la cloa, comienzan a distribuirse más profundamente, formando una continuación subsuperficial de la biomasa presente en la zona costera. Este hundimiento esta asociado a la presencia, entre la superficie y los 15 m de una masa de agua oligotrófica, localizada entre las 5 y 10 mn.

La cloa también forma máximos subsuperficiales de biomasa, que no están asociados a la zona costera, con concentraciones en el núcleo de hasta 10 mg/m<sup>3</sup>, como es el caso de las transectas 1 (Fig. 13) y 33 (Fig. 25).

### **1.5 Registros horizontales continuos**

Para la presentación de los datos continuos horizontales se seleccionó aquellas transectas realizadas a las mismas latitudes, en las que se registró información en 1995. Esta selección se realiza con el propósito de describir la variabilidad interanual para la

zona, aunque con una resolución temporal baja, ya que se cuenta con dos años de información.

El análisis de los registros horizontales continuos de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y fliv (UR), utilizará la información obtenida para las siguientes transectas:

Transectas 1 (  $18^{\circ}23'S$ , Fig. 35),  
5 (  $18^{\circ}41'S$ , Fig. 35),  
9 (  $19^{\circ}01'S$ , Fig. 36),  
13 (  $19^{\circ}21'S$ , Fig. 36),  
29 (  $20^{\circ}45'S$ , Fig. 37),  
33 (  $21^{\circ}05'S$ , Fig. 37),  
37 (  $21^{\circ}25'S$ , Fig. 38) y  
41 (  $21^{\circ}45'S$ , Fig. 38).

El campo térmico registrado en todas las transectas, indica la existencia de diferencias considerables, tanto en la intensidad como en las magnitudes de los frentes costeros térmicos, con un enfriamiento de toda la zona, respecto del año 1995. Al comparar registros puntuales a 10 mn de la costa, las diferencias son de 0,5 (transectas 1 y 9), 1 (transecta 33) 2 (transectas 5, 37 y 41), hasta 7  $^{\circ}\text{C}$  (Transecta 29). La excepción a esta situación es la transecta 13 (  $19^{\circ}25'S$ ), en la que la diferencia en el campo térmico es negativa (i.e.  $-2^{\circ}\text{C}$ ), indicando que la temperatura es más alta este año.

La fliv indica que los registros obtenidos para el año 1996 son en general más bajos que los de 1995, siendo en algunas transectas hasta 4 veces más bajos. Como característica general, los registros más altos se obtuvieron en los bordes internos de los gradientes térmicos, para los dos años. En las transectas 1, 29, 37 y 41, no se observan variaciones de importancia en el gradiente

térmico y las lecturas de fliv son inferiores a 1 UR, llegando a lecturas de hasta 0,5 UR.

### **1.6 Variaciones interanuales de la clorofila integrada**

La forma habitual de comparación de la estructura biológica de una zona, especialmente en estudios interanuales, es calculando la cloa integrada. Debido a que la cloa discreta y la fliv son magnitudes que pueden ser afectadas tanto por el estado fisiológico de la población fitoplanctónica, como es el caso de la fliv, como por la estructura físico-química de la columna de agua, por ejemplo la presencia superficial de masas de agua oligotróficas que inducen el hundimiento de los máximos de cloa.

Es así como la cloa integrada a las distancias de 1, 5 y 10 mn de la costa, para los años 1995 y 1996 (Tabla 3), indica que la bio masa fitoplanctónica en el año 1996, es menor en términos globales que 1995, con solamente 5 puntos de muestreo en que la diferencia ( $\Delta$ ) entre el año 1995 menos el 1996, es menor que cero (Fig. 39), pero que no alcanzan a ser significativas respecto del total registrado para toda la zona.

## **2. Determinación de la estructura de tallas y los pesos medios a la talla de los ejemplares que componen el proceso de reclutamiento de la anchoveta.**

### **2.1 Resultados de los lances de pesca**

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 an-

choveta. De esta forma se determinó la fracción de reclutas de anchoveta presente en cada lance de pesca, aplicada a las lecturas acústicas asignadas a la especie anchoveta.

La ubicación de los lances de pesca a media agua se estableció de acuerdo a un esquema de cuadrículas de 7,5 mn en latitud por 3 mn de longitud, realizando durante el crucero de evaluación un total de 68 lances de pesca, lo que representa una cobertura del 44% respecto a las cuadrículas definidas en la zona de estudio (Fig. 1).

Los lances de pesca tuvieron una duración promedio de 42,1 minutos, y se efectuaron entre la superficie y los primeros 20 metros de profundidad. La velocidad de arrastre en promedio fue de 3,42 nudos, siendo 2,39 mn la distancia media recorrida por lance.

En la Tabla 4 se resume la información biológica pesquera de los lances de pesca. Del total de lances de pesca 64 fueron exitosos (94,11 %), con una captura total de 11.565,3 Kg. De éstos, 6.583,3 kg (56,9 %) correspondieron a la especie anchoveta, los que fueron capturados en 40 lances de pesca, los que en su mayoría fueron prácticamente capturas puras de anchoveta (70 a 100 %).

Se aplicó un esfuerzo total de 47,73 horas de arrastre, con un rendimiento promedio de 242.31 kg/hr de pesca total y de 137.93 kg/hr de pesca para anchoveta.

## **2.2 Determinación de la estructura de tamaños**

En la zona de Arica se efectuaron 5 lances de los cuales 4 fueron exitosos (80 %). 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 1 y 2, en los cuales predominan ejemplares adultos mayores a los 12 cm de longitud total (Fig. 40).

Cabe mencionar que para la zona de Arica la distribución total es bimodal con ejemplares entre 8,5 y 17,0 cm de longitud y con modas centradas en los 10,5 y 15,0 cm. Todos los lances se efectuaron entre los 0 y 15 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 8,4 y 16,4 g, respectivamente.

La distribución de tamaños para la zona de Iquique presenta un recorrido entre los 10,0 - 19,0 cm, es unimodal con una moda centrada en los 14,0 cm el porcentaje de reclutas en número y peso en la totalidad de los lances es de un 10,0 y 6,0 % (Fig. 40).

Los resultados indican que la zona de Iquique constituye un área de desove de la anchoveta, en la cual predominan ejemplares adultos, además se aprecia una escasa presencia de reclutas en los lances de pesca. La totalidad de los ejemplares fueron capturados a profundidades inferiores a los 20 m.

En la zona de Iquique se efectuaron 18 lances de pesca de los cuales 9 fueron exitosos. La distribución de longitudes señala que en la totalidad de ellos predominaron las anchovetas adultas mayores a 12 cm de longitud total. Cabe mencionar que el 78 % de las anchovetas adultas estaban en estado 2, situación que indica un cambio del proceso reproductivo en relación a enero de 1995, debido que el 90 % de las anchovetas había desovado. Todos los lances presentaron una distribución unimodal con ejemplares mayores a los 10 cm de longitud total y modas centradas en los 12,0 y 14,0 cm (Figs. 40 y 41).

En la zona de Iquique los pesos promedio para la fracción recluta y total fueron de 11,5 y 18,9 g, respectivamente.

En la zona de Antofagasta se efectuaron 46 lances de pesca de los que 27 fueron exitosos, lo cual representa un 58% (Tabla 4). En esta área de pesca predominaron los ejemplares adultos (91%) con excepciones de los lances 25, 44, 63 y 64 en que existió un elevado número de reclutas (Figs. 41, 42 y 43).

Las anchovetas adultas estaban en estado 2 y 3 en un 58,1 y 39,2%, respectivamente. Todos los lances de pesca presentaron una distribución de longitudes unimodal con ejemplares mayores a los 8,5 cm de longitud total. La distribución de longitudes para la zona de Antofagasta tiene tres modas en los 12,5, 14,0 y 17,0 cm, respectivamente. El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 9 y 5 %, respectivamente. Los pesos promedio para la fracción recluta y total fueron de 11,3 y 21,6 g, respectivamente.

La distribución de frecuencias de la totalidad de los lances de pesca efectuados en el crucero RECLAN 9601, tiene una distribución bimodal, con modas en los 14,0 y 17,0 cm y un recorrido entre los 8,5 y 19,0 cm (Fig. 44A). El porcentaje de reclutas en número y peso fue de 15,0 y 7 %, respectivamente. Los pesos promedios para la fracción reclutas y total fueron de 11,3 y 21,6 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 5 y Fig. 44B). Al efectuar la comparación del coeficiente de regresión que mide la tasa de crecimiento relativo de los ejemplares capturados en los cruceros RECLAN9501 y RECLAN9601, se determinó que existen diferencias significativas en el valor de la pendiente de la relación longitud peso (Tabla 6). Los ejemplares colectados en el crucero RECLAN9601 tienen pesos mayores a partir de los 13,0 cm que las anchovetas capturadas en 1995 (Tabla 5 y Fig. 44B).

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 (Tabla 6). Durante 1996 se observó que los ejemplares capturados en Iquique tienen menor peso promedio particularmente los ejemplares mayores a 13 cm presentan una menor tasa de crecimiento relativo (Tabla 5).

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 91% se encuentra en estado 3 (próximo al desove) y solamente un 8% en estado 2 (Fig. 45). En la zona de Iquique se encontraron que el 77,9% de las hembras estuvieron en estado 2 y solamente un 18% en estado 3. En la zona de Antofagasta las hembras de anchoveta se encontraban en los estadios 2 y 3, con una representatividad de un 58,1% y 39,2% respectivamente.

En la zona de estudio, se analizaron un total de 2.434 hembras de anchoveta, de las cuales presentaron los siguientes estadios de madurez y % de la totalidad de los lances de pesca: 64%, 32,7%,



0,33%, 2,79% y 0,04% se encontró 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 reportados en el crucero RECLAN 9501, en el cual se indica que un 90% de las anchovetas había desovado.

En este crucero se analizó la proporción sexual por cada una de las zonas de pesca y su relación a clase de longitud (Fig. 46).

Para la zona de Arica se obtuvieron 139 ejemplares mayores a 12,0 cm, la proporción de hembras presentes en la captura con red de arrastre de mediagua es de  $PS = 0,46$ . Cabe destacar que los ejemplares mayores a 15 cm son hembras.

En la zona de Iquique se capturaron un total de 1.483 anchovetas adultas, la proporción sexual fue de  $PS = 0,60$ . Respecto al análisis por clase de tamaño en la totalidad de las clases de longitud predominaron las hembras, a excepción de la clase de 16,0 cm de longitud total.

En Antofagasta en la totalidad de los lances de pesca se registran 2.925 ejemplares adultos, la proporción sexual estimada fue de  $PS = 0,50$ . En relación a la proporción sexual por tamaño se observa un marcado predominio de hembras a longitudes mayores a los 16,5 cm.

En la zona de estudio se capturaron un total de 4.686 anchovetas adultas, la proporción sexual estimada fue  $PS = 0,53$ . En relación a la proporción sexual por tamaño se obtuvo en el rango de 12,5-16,5 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 RECLAN 1995 y RECLAN 1996 por zonas de pesca, se observa una drástica disminución del porcentaje de reclutas en Arica de 85 a un 54%; de igual forma en Iquique merzó el porcentaje de reclutas de un 28 a un 10% el presente año (Fig. 47).

También en los pesos promedio de las anchovetas, se aprecian diferencias significativas por estratos de longitud, constatándose un mayor peso promedio de las anchovetas capturadas en enero de 1996. Este incremento del peso promedio se debe al estado reproductivo de las anchovetas (predominaron los estadios 2 y 3, a diferencia del año anterior en que la totalidad se encontraba en estado 4) y a efectos de densidad poblacional (Fig. 47).

### **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 la bahía de Valparaíso el 4 de diciembre de 1995, midiéndose la frecuencia de 38 en pulsos corto, medio y largo.

En la Tabla 7 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.

### **3.2 Medición de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta**

#### **a. Mediciones indirectas de la intensidad de blanco (TS) de anchoveta.**

Los resultados de las dos experiencias, fueron insuficientes para obtener una estimación indirecta del TS de anchoveta, motivado fundamentalmente por la escasa presencia de cardúmenes de esta especie y por las condiciones de tipo operativas. En el primer caso, en que se trabajó en forma conjunta entre el B/I Abate Molina y el PAM Eperva 63, fue imposible obtener las capturas de los escasos cardúmenes que pudieron ser insonificados con el ecointegrador, puesto que se dispersaron inmediatamente después que el B/I Abate Molina navegó sobre ellos.

Por esta razón, se realizó la experiencia en el PAM Eperva 64, instalándose el sistema de ecointegración y un sistema de grabación en video de la señal del sonar. Sin embargo, esta experiencia tampoco dio suficientes resultados para cumplir con el objetivo planteado, debido a la escasa presencia de anchoveta en el área de estudio.

**b. Medición de la intensidad de blanco in situ de anchoveta**

En general, de los 63 lances en que se recolectó datos de TS, solo fue posible discriminar los ecos de anchoveta en la frecuencia 120 khz en 7 casos para el pulso corto (0,1 ms) y en 9 casos para el pulso medio (0,3 ms). Para la frecuencia de 38 khz, pulso medio (1,0 ms) los datos filtrados alcanzaron a 4 lances.

En las Figs. 48 y 49 se presentan los histogramas de los TS de anchoveta medidos durante los lances de pesca para el pulso corto en la frecuencia de 120 khz, y en las Fig. 50 a 52 se presentan los histogramas para la misma frecuencia en pulso medio.

Los TS filtrados con el pulso corto de la frecuencia de 120 khz, variaron entre -70 y -40 dB, distinguiéndose 3 grupos de datos, ubicados entre -40 y -49 dB; -49 a -59 y menores a -60 dB, el grupo de datos asignado a anchoveta varió entre -59 y -49 dB.

En el caso del pulso medio, el rango general de los TS también fluctuó entre -70 y -40 dB, destacándose de igual modo que en el pulso corto, tres grupos de datos, con la excepción del lance 19 que presentó un cuarto grupo. Sus límites fueron alrededor de 2 dB menores a los registrados para el pulso corto, de este modo, fue posible agrupar los TS entre -40 a -52; -52 a -61 y menores a -61 dB; para el lance 19, se distingue un grupo intermedio entre -40 a -49 y -52 a -49 dB. En este caso, los TS asignados a anchoveta estuvieron ubicados en el grupo -52 a -61 dB.

Para el caso de la frecuencia de 38 khz, en pulso medio (1,0 ms) también se aprecia la tendencia de los TS a agruparse en tres niveles, con valores que fluctuaron entre -40 a -50; -50 a -60 y valores inferiores a -60 dB. En esta frecuencia los TS de anchoveta se localizaron en el grupo intermedio (-50 a -60 dB).

En las Tablas 8 y 9 se presentan los  $TS_{mo}$  correspondientes a cada frecuencia, pulso y lance.

Las ecuaciones ajustadas para los pulsos corto y medio en la frecuencia de 120 khz fueron:

-Pulso corto:

$$TS = 27,3196 \text{ LOG L} - 85,9047 \quad (r^2 = 0,82; n=7)$$

- Pulso medio

$$TS = 27,8007 \text{ LOG L} - 87,6113 \quad (r^2 = 0,51; n=9)$$

En la Fig. 54 se presentan las ecuaciones de regresión ajustadas a los datos correspondientes. El análisis de varianza indica que las regresiones ajustadas son representativas a un nivel de probabilidad  $p > 0,005$ , para el pulso corto y  $p > 0,032$  para el pulso medio (Tabla 10 y 11).

El análisis comparativo entre ambas ecuaciones de regresión, indican la igualdad a un 95% de confianza (Tabla 12), lo que permitió ajustar una regresión común para los dos pulsos. El ANDEVA aplicado a esta nueva regresión, indica que la ecuación representa a los datos considerados a un  $p > 0,00054$  (Tabla 13) . De este modo, la ecuación ajustada fue:

- Ecuación conjunta.

$$TS = 28,7987 \text{ LOG L} - 88,2403 \quad (r^2 = 0,59; n= 16)$$

Las ecuaciones de regresión según la forma  $TS = b_{20} + 20 \text{ LOG L}$ , para cada pulso y el conjunto de los datos son:

- pulso corto:

$$TS = 20 \text{ LOG L} - 77,447$$

- pulso medio

$$TS = 20 \text{ LOG L} - 78,922$$

- Ecuación conjunta

$$TS = 20 \text{ LOG L} - 78,075$$

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 por Córdova **et al.** (1995) para juveniles de anchoveta (**Engraulis ringens**) obtenidos en el proyecto "Estimación del reclutamiento de anchoveta de la zona norte (I y II Regiones)" , los que evidente mente fueron sobrestimados por la detección de ecos múltiples y por Castillo **et al.** (1996) en sardina común en la zona centro-sur de Chile, realizados en el ámbito del proyecto FIP 95-08 "Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta y sardina común en la zona centro-sur".

Los resultados alcanzados en el presente estudio son alrededor de 5,5 dB menor que el rango informado por Foote (1987); Dengol (1985) y Forbes (1985) en mediciones nocturnas de Herring (**Clupea harengus**) y entre 4,3 y 4,5 dB menor que la ecuación informada por Halldorsoon (1983) (Tabla 14).

De los resultados entregados por Barange **et al** (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

2,7 dB superior 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 1,9 dB mayor al alcanzado en el presente estudio.

Las diferencias registradas entre las distintas ecuaciones de TS, respecto a la obtenida en el presente estudio, pueden inducir a pensar en la existencia de factores relacionados con la frecuencia de trabajo del ecosonda, puesto que en todos los casos utilizados como base comparativa se trabajó con la frecuencia de 38 khz, mientras que en el presente estudio se utilizó la frecuencia de 120 khz. Aún cuando teóricamente esta situación no debiera registrarse, en la práctica es posible que se presenten factores de transmisión y penetración del sonido que eventualmente pudieran hacer variar el TS. En el presente caso y no obstante que los datos obtenidos para la frecuencia de 38 khz, fueron insuficientes para ajustar una regresión, los TS de anchoveta se encontraron en rangos similares a los alcanzados con 120 khz, deduciéndose valores del  $b_{20}$  entre -79,9 y -77,9 dB, niveles comparables a los ajustados a la regresión conjunta de los dos pulsos de 120 khz, situación que permitiría aplicar la ecuación ajustada para 120 khz a los datos obtenidos en la prospección con 38 khz.

Dado lo anterior, es mas factible que las diferencias entre las ecuaciones de regresión del TS se produzcan por diferencias biológicas entre las especies consideradas. En este sentido, la comparación debe ser realizada respecto a los resultados presentados por Barange et al (1994) y Barange et al. (1996), puesto que es el único autor que ha logrado realizar calibraciones en engraulidos.

La sistemática diferencia entre los TS medidos en el presente estudio y los informados por otros autores como Barange y Foote puede estar explicado en el efecto de hundimiento de la anchoveta

inducido por el paso del barco durante los experimentos, provocando la alta variabilidad de los TS medidos en la talla de 14 cm y subestimando el TS a la talla, puesto que se redujo el área dispersante de los peces.

Por otra parte, Castillo *et al.* (1996), informa una ecuación de regresión TS-L para la sardina común (*Strangomera bentincki*) en la zona centro-sur de Chile igual a  $TS = 20 \log L - 72,59$ , relación que es similar a la encontrada para herring por diferentes autores. Sin embargo, este autor señala que los histogramas de los TS presentaron un grupo de datos secundarios y que los  $b_{20}$  fluctuaron entre -77,99 a -76,09 para 120 khz y entre -77,69 y -75,39 para 38 khz, valores que siguen siendo superiores a los encontrados en el presente estudio y se acercan a la ecuación entregada por Barange *et al.* (1996).

El análisis anterior, indica la inconveniencia de aplicar la ecuación ajustada en el presente proyecto, siendo mas recomendable utilizar la ecuación ajustada para sardina común por Castillo *et al.* (1996). Aún cuando ambas especies pertenecen a Familias distintas y evidentemente tienen funciones de crecimiento en peso distintas, la recomendación de utilizar la ecuación de TS-L de sardina común se fundamenta en el hecho que ambas especies son fisóstomos (Torres *et al.*, 1984) y se asume que poseen un volumen de vejiga gaseosa similar.

Esta situación es perfectamente válida desde el punto de vista acústico, siendo utilizado en la evaluación de anchoveta y de clupeidos en otras latitudes. A modo de ejemplo, es posible mencionar a Iversen *et al.* (1993), quienes utilizaron la ecuación  $TS = 20 \log L - 72,5$ , obtenida por Foote (1987), para el herring (*Clupea harengus*), para evaluar la biomasa de anchoveta en el mar amarillo, otro ejemplo en la misma línea, lo constituye el trabajo



de Hampton (1987), para la evaluación de la anchoveta del cabo (**Engraulis capensis**) quien utiliza la ecuación obtenida por Halldorsson and Reynisson (1983) para Herring (**Clupea harengus**) ( $TS_{kg} = -10,9 \log L - 20,9$ ). Foote (1986), recopiló todos los trabajos de medición de TS disponibles a la fecha y determinó que era factible agrupar a los peces en dos grupos: los physoclistos, con una ecuación igual a  $TS = 20 \log l - 67,4$ ; y los clupeidos o fisóstomos con una ecuación  $TS = 20 \log l - 71,9$ , aceptándose cierta variabilidad en los resultados, debido a condiciones particulares de cada especie.

### 3.3 Estimación de la biomasa de anchoveta

De acuerdo a los resultados antes expuestos y discutidos, para el cálculo de la biomasa de anchoveta se utilizó la ecuación  $TS = -72,59 + 20 \text{ LOG } L$ , determinada por Castillo *et al.* (1996) para la sardina común. La talla considerada para la valorización de esta ecuación correspondió a la moda general observada en todos los lances de pesca de reconocimiento, valor que alcanzó a 13,8 cm. De acuerdo a la relación peso-longitud determinada para la anchoveta en el presente crucero, el peso correspondiente a la talla fue 18,39 g, resultando finalmente un  $TS_{kg} = -32,44 \text{ dB/kg}$ .

De este modo, la biomasa de anchoveta alcanzó a 78.469 t (Tabla 15). Esta biomasa estuvo localizada principalmente en las transectas 1 y 3 y 35 a 38, observándose un importante aporte de las concentraciones observadas en las intertransectas costeras, como la situación presentada entre las intertransectas 84 a 87 y entre la 95 y 96, que tuvieron el 19,8% y el 12% de las lecturas acústicas totales del crucero, respectivamente (Fig. 55). El alto aporte de las intertransectas indicadas, señala el comportamiento altamente gregario de la anchoveta durante el presente crucero y podría sugerir indicios de la existencia de sesgo de orilla en la

evaluación. Sin embargo, al ser considerado en el estimado de biomasa, este efecto se reduce. En todo caso, esta situación en vez de invalidar el método acústico para la evaluación del reclutamiento de anchoveta lo confirma, puesto que es el único capaz de incorporar la componente espacial y obtener mapas de la distribución del recurso. Este aspecto fue extensamente discutido en el trabajo metodológico realizado en el verano de 1995 (Córdova et al, 1995) para la aplicación del método acústico en la evaluación del reclutamiento de anchoveta. De todos modos, en el caso en que se observe sistemáticamente que se presenta un importante sesgo de orilla en los estimados de biomasa, es necesario utilizar una embarcación que permita un mayor acercamiento hacia la línea de costa en forma segura.

La fracción reclutas de anchoveta, determinada según el aporte de los ejemplares menores a 12 cm en los lances de pesca, alcanzó al 7,6% de la biomasa total, llegando a las 5.964 t. Considerando un peso promedio de 11,31 g, correspondiente a los pesos de los individuos menores a 12 cm presentes en las capturas, la biomasa en número de la fracción reclutas alcanzó a 527.320.955 individuos (Tabla 16).

En la (Tabla 17) se presenta la biomasa por talla estimada según el método acústico. De este modo, es posible observar que la biomasa total alcanzó a 71.215 t y la biomasa correspondiente a los ejemplares de tallas menores a 12 cm fue 8.086 t, equivalente a 424.841.500 individuos. En este caso, se aprecia claramente que el mayor número de individuos correspondieron al rango de tallas entre 15 y 15,5 cm.

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

El variograma estimado para el área del polígono de distribución de anchoveta incluyendo las intertransectas, que considera el 64,98% de las I.B.M., se muestra en la Fig. 56. Se ajustó en un 100% un modelo exponencial isotrópico anidado, que indican que existen tres estructuras: a 1,5 mn, 2,5 mn y 4,5 mn. Las dos primeras aportan en un 66,6% a la variabilidad de los Sa, la tercera estructura de una extensión de 4,5 mn se debe interpretar con cautela debido a la baja longitud de las transectas, las que tienen de 10 a 30 I.B.M. con una media de 16 I.B.M.

En este caso, el área de distribución considerada alcanzó a 2.740 mn<sup>2</sup>, reduciéndose en un 23,0% 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 77.266 t con un coeficiente de variación de 10,92 y un error de 17,58 (Tabla 18 y 19). De este modo, la biomasa en peso y número de la fracción reclutas se estimó en 5.877 t y 519.628.647 individuos, respectivamente.

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

En la Tabla 15 se presentan los indicadores de la precisión de los estimados de biomasa según los distintos métodos utilizados, de acuerdo a estos resultados el error de la biomasa de anchoveta fluctuó entre 26,5 y 31,8%, registrándose la mayor precisión con el método de Estratos Agrupados. El Coeficiente de variación fluctuó entre 0,16 y 0,19, presentándose al igual que en el error, el

menor CV con el método de Estratos Agrupados, siendo similares con los métodos de Conglomerados y Bootstrap.

Las varianzas y coeficientes de variación de la fracción reclutas en peso y número se presentan en las Tablas 16 y 20, el CV varió entre 0,63 y 0,64, según el método utilizado, siendo menor para los Estratos Agrupados. Estos valores se explican en la baja incidencia de la biomasa de los reclutas, respecto a la biomasa total y a la variabilidad asociada a ésta.

### **3.6 Distribución espacial de los recursos pelágicos**

#### **3.6.1 Total de especies**

Los recursos pelágicos pequeños detectados estuvieron constituidos principalmente por anchoveta, jurel y esporádicamente por sardina española, los que se encontraron hacia la segunda mitad de la zona de estudio, al sur del paralelo  $20^{\circ}40'S$ , para el jurel y, en las cercanías de Mejillones para sardina española. En general, se detectó la presencia de estos recursos en toda la zona de estudio, observándose extensas distribuciones costeras de baja densidad, con sectores de mayor concentración en las primeras 5 mn, correspondientes a anchoveta (Fig. 57).

#### **3.6.2 Anchoveta**

Esta especie fue la que se detectó con mayor frecuencia en la zona prospectada, presentándose entre la costa y las 10 mn en bajas densidades, con algunos sectores de mayor concentración en áreas costeras que no superaron las 5 mn (Fig. 58). En este sentido, es posible destacar los sectores ubicados a la cuadra de Arica; entre punta Lobos ( $21^{\circ}00'S$ ) y punta Chilena ( $21^{\circ}30'S$ ); entre caleta Gatico ( $22^{\circ}32'S$ ) y punta Gualagualla ( $22^{\circ}46'S$ ); entre punta Angamos

(23°03'S) y 23°15'S y a la cuadra de Antofagasta. En este sentido el sector que presentó la mayor concentración de anchoveta se ubicó entre punta Lobos y punta Chilena.

De acuerdo a la composición de las tallas de los lances de pesca y a la distribución espacial de la anchoveta determinada mediante hidroacústica, es posible determinar que los reclutas se presentaron solo en tres zonas, ubicadas a la cuadra de Arica, entre punta Madrid (19°00'S) y punta Colorada (20°00'S) y entre punta Angamos (23°03'S) y el paralelo 23°15'S. La alta concentración de anchoveta ubicada entre punta Lobos (21°00'S) y punta Chilena (21°30'S) correspondieron a una zona de mezcla, observándose en los sectores mas costeros peces con tallas modales entre 12 y 14 cm y hacia el oeste se presentaron los peces con tallas entre 14 y 16 cm. En la zona ubicada entre punta Chilena (21°30'S) y el paralelo 22°20'S, las tallas modales de los peces capturados superaron los 16 cm, mientras que hacia el sur, con la excepción de la zona señalada en las cercanías de punta Angamos y en algunos sectores costeros, las tallas modales variaron entre 14 y 16 cm.

La estrategia de muestreo con los lances de pesca de reconocimiento aplicada durante el crucero, permitió establecer que en las cercanías de Arica, del río Loa (21°26'S) y en algunos sectores cercanos a Mejillones, se presentó una estratificación de las tallas modales de los peces en el sentido longitudinal, ubicándose los de menor tamaño hacia la costa, en distancias inferiores a las 3 mn, mientras que los de mayor envergadura tendieron a localizarse en sectores mas alejados de la costa.

En el sentido batimétrico, la anchoveta se detectó entre los 5 y 25 m de profundidad, con las mayores frecuencias de cardúmenes entre los 10 y 14 m (Fig. 59). Esta distribución batimétrica estuvo asociada con las isotermas de 13 a 17 °C, centrándose entre

los 14 y 15°C. La salinidad que limitó la distribución vertical de anchoveta varió entre 34,2 y 34,8 psu, registrándose las mayores frecuencias de cardúmenes entre los 34,6 y 34,8 psu. El oxígeno disuelto tuvo un amplio rango, que varió entre 1 y 6,5 ml/l, detectándose con mayor frecuencia entre los 2,5 y 4,5 ml/l.

### **3.6.3 Jurel**

El jurel se presentó en bajas densidades en la segunda mitad de la zona de estudio, a partir de Patillos (20°45'S) donde se distribuyó entre 1 y 10 mn de la costa en bajas densidades (Fig. 60), estando virtualmente ausente en la mitad norte del área prospectada.

### **3.7 Índices de cobertura y densidad de anchoveta**

Los Índices de Densidad (ID) y Cobertura (IC), calculados en base a las I.B.M's de 0,5 mn, considerando las intertransectas costeras, indican que la anchoveta ocupó un 28,3% del área prospectada (Tabla 21). El ID, indica que esta especie alcanzó una densidad de 77,8 t/mn<sup>2</sup>, registrándose hasta 470,6 y 464 t/mn<sup>2</sup> en el sector de mayor concentración, localizado entre punta Lobos y punta Chilena.

Los reclutas tuvieron un ID de 9,6 t/mn<sup>2</sup> y ocuparon un 23,6% del área prospectada.

### **3.8 Asociación entre las variables oceanográficas y la distribución de anchoveta**

Los reclutas se ubicaron en aquellas zonas en las que se encontraron los máximos gradientes térmicos, situándose entre la costa y el comienzo del gradiente horizontal principal. También fue posible encontrarlos, en una ocasión, en el mismo gradiente pero en este caso el cardumen estaba constituido además por peces de mayor

tamaño, siendo los reclutas entre el 1% (transectas 1; Lat. 18°23,3'S, 5; Lat. 18°45'S y 29; Lat. 20°45'S) y el 18% (transectas 9; 19°05'S y 25; 20°25'S) de las capturas de la red de media agua.

En las transectas 33 (Lat. 21°05'S), 49 (22°25'S) y 57 (23°05'S) se obtuvieron capturas de reclutas relativamente mayores a distancias mayores de 5 mn. Con un porcentaje de reclutas por captura de 12 a un 35% en la transecta 33, 40% para la transecta 49 y 69 a 85% en la transecta 57. En estas transectas se observan frentes costeros bien desarrollados, con concentraciones de cloa de hasta 10 mg/m<sup>3</sup> en un núcleo alejado de la zona costera (transecta 33) o una distribución homogénea en toda la transecta con un máximo de 6 mg/m<sup>3</sup> a una mn de la zona costera.

En las transectas 37 (21°25'S), 41 (21°45'S), 45 (22°05'S) y 53 (22°45'S), se obtuvo las capturas más altas de todo el estudio, a distancias no superiores a las 2 mn. La estructura de tallas de estas capturas, estuvo constituida casi exclusivamente por individuos mayores de 12 cm. En estas transectas no se observa la presencia de frentes térmicos y la cloa llega hasta los 10 mg/m<sup>3</sup>, con el núcleo del máximo a 1 mn de la zona costera, tendiendo a distribuirse más homogéneamente, especialmente en la transecta 41. En la zona de mayor agregación del recurso, se observan concentraciones superiores al nivel de saturación de oxígeno disuelto (> 110%), y a los mayores registros de fliv medidos. Esto indicaría procesos intensos de producción primaria en la zona.

## VIII. ANALISIS DE RESULTADOS

### 1. Condiciones oceanográficas

El efecto más conspicuo de la inexistencia de frentes costeros en las primeras 10 mn de la zona costera, en el presente crucero, lo constituye la ausencia de concentraciones de biomasa fitoplanctónica en los niveles informados para el año 1995. Esta tendencia a la disminución en la biomasa de fitoplancton, ya fue observada en el invierno de 1995, en el contexto del proyecto PELANOR (Osses, 1995), en el que se reportó que los niveles de cloa integrada, al ser comparada con la misma época del año 1994, eran ostensiblemente más bajos.

La información obtenida para los años 1996 y 1995, destaca la importancia de los frentes costeros en la formación de parches de cloa y en su condición determinística en la presencia de los reclutas de anchoveta, factor que también ha sido observado en peces adultos de anchoveta y sardina española por Castillo *et al.* (1996). Esta situación permite indicar que este estadio de desarrollo, se encuentra asociado a zonas donde la estabilidad de la columna de agua permite el acceso sostenido, tanto espacial como temporalmente, a parches de alimentación vitales para los primeros estadios de desarrollo de especies pelágicas (Peterman y Bradford, 1987, Polovina *et al.*, 1994).

Los antecedentes descritos permiten reforzar la hipótesis que aquellos procesos oceanográficos que permiten la estabilización de la columna de agua y el aumento estacional de las tasas de producción biológica a nivel primario, secundario y terciario (Smith *et al.*, 1983, Strass, 1992, Wolanski y Hamner, 1988, Yoder *et al.*, 1994), impactan fuertemente a los recursos (Alheit y Bernal, 1993). Lo que ha sido estudiado en profundidad en otros



ecosistemas biológicamente productivos como la corriente de California (Bernal, 1981), la costa de Sudáfrica (Shelton, 1987) o la corriente de Kuroshio (Nakata *et al.*, 1994), pero para la zona norte de Chile aún no se realizan estudios que permitan indicar claramente el efecto de los frentes sobre la producción biológica.

Al mismo tiempo la baja tasa de reclutamiento observada, podría deberse a que los parches de alimentación no se mantuvieron por el tiempo suficiente, para sostener los requerimientos tróficos de los primeros estadios de desarrollo de la anchoveta, reforzado en la ausencia de frentes costeros. Esta situación puede ser utilizada como una aproximación, para plantear que la extensión espacio-temporal de los parches de alimentación, en términos tanto cuali como cuantitativos, incide directamente sobre el reclutamiento. Esta hipótesis fue adelantada por Lasker para la anchoveta de California y a este proceso de permanencia espacio-temporal de parches de alimentación, que le permita a una larva suplir sus requerimientos energéticos para ser reclutada, se le denomina "Evento Lasker".

## **2. Biología Pesquera**

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

durante el presente año 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 ha sido 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, 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 APV, pueden ser mejorados con información auxiliar sobre la fuerza del reclutamiento obtenida a través de los cruceros de investigación y pueden ser utilizados para realizar la prognósis 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 reducción 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 y otro en la península de Mejillones, no obstante este resultado debe ser analizado con cautela puesto que los niveles de abundancia encontrados son extraordinariamente bajos.

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. (Barría, 1990; Martínez *et al.*, 1995), lo cual no está en contradicción con los resultados obtenidos.

Durante el crucero de investigación se observó la presencia de una segregación espacial por tamaños, los reclutas se encontraron principalmente en la zona de Arica y otros ejemplares en la península de Mejillones, pero tienen escasa representación en la zona de Antofagasta. Las anchovetas adultas dominaron en las zonas de Iquique y Antofagasta. A diferencia del crucero RECLAN9501, los reclutas se encontraron en zonas en las cuales no existen frentes bien delimitados, no se observaron frentes costeros intensos y la cloa estuvo en el rango inferior a 10 mg/m<sup>3</sup>.

Respecto a la comparación de los resultados de ambos cruceros, 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 54 % en 1996. Sin embargo, en 1996 se

registró una distribución bimodal a diferencia del año anterior (Fig. 47).

Para la zona de Iquique también existen diferencias significativas en las longitudes de los ejemplares capturados en ambos cruceros, caracterizándose este año por la reducción del número de reclutas de un 28% a un 10%. Sin embargo el rango de longitudes de las anchovetas capturadas fue mayor de 10,0 a 19,0 cm de longitud total. En términos generales se puede apreciar un menor reclutamiento en ambas zonas de pesca en relación a 1995.

Durante la época del crucero, las anchovetas adultas se encontraban en estados 2 y 3 (pre-desove), a diferencia del crucero RECLAN 1995 en que el 90 % de las hembras se encontraron en estado IV, es decir desovadas. Sin embargo el grado de desarrollo de los ovarios de las anchovetas indica que el proceso reproductivo estuvo sincronizado para desovar el mes de febrero de acuerdo al patrón histórico descrito por Martínez *et al.* (1995).

La Zona de Arica como un foco importante de desove ha sido descrito por Braun (1995), así como también, un área con altas densidades de fitoplancton, esta condición bio-oceanográfica no fue encontrada en este 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 habitat. 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 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 (Barría,1996) 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 presencia de la totalidad de los cardúmenes de anchoveta se encontraron a una distancia máxima de 8 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 la zonas de Iquique y Antofagasta restringidos al área costera.

En relación a las escala temporal, los resultados de los monitoreos del reclutamiento señalan que el proceso se genera de norte y se traslada hacia el sur como una onda, cuya fuerza de reclutamiento local depende en forma importante del tiempo en que se realice el crucero de evaluación. Un período óptimo para efectuar el crucero en la Zona Norte del país es entre el 1º de Noviembre y el 15 de diciembre.

### **3. Estimados de biomasa de la fracción recluta de anchoveta**

La biomasa de anchoveta estimada en el presente proyecto (78.469 t) presenta una importante reducción respecto a la situación observada en el verano de 1995, en el marco del proyecto FIP 035-94-01 "Estimación del reclutamiento de anchoveta de la zona norte (I

y II Regiones)". Es así como, se observa que el valor estimado en el verano de 1996 representa alrededor del 23,4% de la estimación realizada para la suma de las dos subzonas consideradas en el verano de 1995 (335.395 t) (Cordova *et al.*, 1995), representando una merma del 76,6% y solo el 7,6% del valor extrapolado en aquella oportunidad (1.035.000 t) a toda la zona norte (Arica-Antofagasta), con una merma del 92,4%. Al comparar las densidades promedio, con el fin de estandarizar las diferencias en área entre las dos prospecciones, también se refleja una reducción desde 152,2 t/mn<sup>2</sup> en 1995 a sólo 22,0 t/mn<sup>2</sup> en 1996.

La fracción recluta de anchoveta en 1995 representó el 53,5% de la biomasa total, con 179.292 t en la suma de las subáreas y una extrapolación a toda la zona norte de 553.725 t. Estas cifras representan una merma superior al 93% en el reclutamiento de anchoveta para el verano de 1996 (11.770 t), que alcanzó solo al 15% de la biomasa total de anchoveta. Al comparar las densidades promedio se aprecia una reducción desde 81,4 a 3,3 t/mn<sup>2</sup> entre los veranos de 1995 y 1996.

Lo anterior es altamente congruente con la situación registrada respecto a la distribución espacial del componente reclutas de anchoveta entre ambos años, apreciándose que durante 1995 la denominada subzona norte (II), ubicada entre los paralelos 19°21'S y 18°21'S, presentó la menor presencia de reclutas de anchoveta, situación inversa a la observada en el presente crucero, puesto que la mayor concentración de reclutas se detectó en los focos ubicados en las cercanías de Arica y punta Angamos. Al comparar los niveles de concentración de las lecturas acústicas obtenidos en ambos cruceros en los focos de mayor concentración de reclutas, cercanos a Arica y punta Angamos, se aprecia que en 1995, estos valores llegaron a niveles cercanos a los 7.000 Sa, mientras que en la presente prospección solo alcanzó a 3.500 Sa, situación que

se agrega a la extensión geográfica de las agregaciones de anchoveta en ambas situaciones.

La zona cercana al río Loa presentó el foco mas importante de concentración de anchoveta en el presente crucero, sin ser reclutas, con niveles de lecturas acústicas máximas cercanas a 9.000 Sa, las que son ostensiblemente menores que los registrados en el mismo sector en el verano de 1995, en que se alcanzó valores levemente superiores a los 30.000 Sa, siendo el sector de mayor concentración de reclutas de anchoveta de aquella oportunidad.

El análisis comparativo entre los Indices de Densidad y Cobertura entre ambas prospecciones, permiten confirmar el mayor grado gregario de la anchoveta en el verano de 1995 con ID de 440,32 y 334,81 t/mn<sup>2</sup> en las subzonas I y II, respectivamente, mientras que en el verano de 1996 este índice alcanzó solo a 77,8 t/mn<sup>2</sup>. Sin embargo los IC entre ambos cruceros no reflejan las altas diferencias presentadas en los ID, puesto que en 1995 estos fueron de 19% y 34% para las subzonas I (sur) y II (norte), comparado con 28,3% para el verano de 1996.

La situación descrita anteriormente, podría ser consecuencia de la reducción en la abundancia y densidad de huevos y larvas de anchoveta registrado en el invierno de 1995 (Braun, 1996), respecto al mismo período de 1994. Hecho que también se detectó en la evaluación acústica de la biomasa de anchoveta (Castillo et al. 1996).

#### **4. Precisión de los estimados de biomasa**

Un elemento importante a considerar en la evaluación de la biomasa de anchoveta y de los reclutas, lo constituye el nivel de precisión alcanzado, este factor incorpora los elementos intrínsecos al

muestreo y al comportamiento de los recursos. En el presente caso, el muestreo aplicado, con transectas cada 5 mn, permite estudiar el efecto de cambios en la densidad de muestreo sobre los Coeficientes de Variación y en la Razón del estimado. De este modo, un incremento en la separación entre las transectas tiene una tendencia creciente en el CV desde aproximadamente 23,0% con una separación de 5 mn entre transectas, hasta valores cercanos a 43% al considerar una separación entre transectas de 20 mn, tendiendo posteriormente a estabilizarse en muestreos de menor densidad (Fig. 61).

De acuerdo a esta información y considerando el compromiso existente entre la precisión esperada, la biomasa y el factor económico, la separación entre transectas óptima para la evaluación del reclutamiento de anchoveta debe ser inferior a 15 mn. Al respecto es interesante destacar que durante el crucero del verano de 1995 se aplicó una separación entre transectas de 10 mn, obteniéndose Coeficientes de Variación (CV) entre 21 y 24 %, valores que se encuentran en el mismo orden de magnitud que los registrados en la presente prospección con el doble de esfuerzo de muestreo.



## IX. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos y discutidos permiten concluir que:

1. Durante el presente crucero se constató el debilitamiento en el afloramiento de masas de agua con bajo contenido de oxígeno disuelto, más frías y menos salinas impidiendo la formación de frentes térmicos intensos en gran parte de la zona muestreada. Como efecto de lo anterior, los niveles de cloa integrada fueron más bajos que los medidos para la misma época durante el año 1995, con niveles de cloa discreta en el rango 0,5 a 10 mg/m<sup>3</sup>. Este hecho permite determinar indirectamente que la oferta alimenticia a los estadios tempranos de anchoveta se redujo fuertemente, por lo que este fenómeno oceanográfico se asocia a la disminución importante de la biomasa de reclutas observada durante el presente crucero, respecto de igual período del año 1995.
2. Existen diferencias significativas en la distribución de longitudes de anchoveta de ambos cruceros, en la cual se constata una marcada reducción de los reclutas durante 1996 tanto en número como en peso, lo que implica el ingreso a la pesquería de una clase anual débil.
3. Existe una segregación espacial de los reclutas de anchoveta en la zona de estudio. En la zona de Arica prevalecen reclutas en cambio en las zonas de Iquique y Antofagasta se caracterizan por la presencia de ejemplares adultos.
4. 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 y RECLAN9601. Además

existen diferencias significativas en los pesos promedios por clase de longitud lo cual permite inferir un posible efecto densodependiente del crecimiento somático.

5. Durante el crucero RECLAN 9601, las anchovetas adultas se encontraron en estado 2 y 3, coincidiendo con el patrón anual de reproducción. Sin embargo presentaron diferencias importantes respecto al crucero RECLAN9501 en que estaba el 90 % desovadas.
6. Durante el crucero RECLAN 9601 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.
7. Se determinó una ecuación  $TS = 20 \text{ LOG } L - 78,075$  para la frecuencia de 120 khz, la que subestima los TS de anchoveta, provocado por el efecto de hundimiento de los peces frente al paso del barco. La biomasa se calcula mediante la relación  $TS = 20 \text{ LOG } L - 72,59$ .
8. La biomasa de anchoveta alcanzó a 78.469 t. La fracción reclutas de anchoveta, determinada según el aporte de los ejemplares menores a 12 cm en los lances de pesca, alcanzó al 7,6% de la biomasa total, llegando a las 5.964 t y la biomasa en número de la fracción reclutas alcanzó a 527.320.955 individuos.
9. El Coeficiente de variación de la biomasa total de anchoveta fluctuó entre 0,16 y 0,19, presentándose al igual que en el error, el menor CV con el método de Estratos Agrupados, siendo similares con los métodos de Conglomerados y Bootstrap.

10. El coeficiente de variación de la fracción reclutas en peso y número varió entre 0,63 y 0,64 según el método utilizado, siendo menor para los Estratos Agrupados.
11. La anchoveta fue la especie mas frecuente en la zona prospectada, presentándose entre la costa y las 10 mn en bajas densidades, con algunos sectores de mayor concentración en áreas costeras que no superaron las 5 mn.
12. Los reclutas se ubicaron en aquellas zonas en las que se encontraron los máximos gradientes térmicos o entre la zona costera y los bordes internos de los frentes asociados a valores de cloa de hasta  $10 \text{ mg/m}^3$  y a tensiones de oxígeno mayores de 40 % de saturación en una distancia no superior a las 5 mn desde la costa. Los reclutas se presentaron sólo en tres zonas, ubicadas a la cuadra de Arica, entre punta Madrid ( $19^{\circ}00'S$ ) y punta Colorada ( $20^{\circ}00'S$ ) y entre punta Angamos ( $23^{\circ}03'S$ ) y el paralelo  $23^{\circ}15'S$ .
13. Se determinó que en las cercanías de Arica, del río Loa ( $21^{\circ}26'S$ ) y en algunos sectores cercanos a Mejillones, se presentó una estratificación de las tallas modales de los peces en el sentido longitudinal, ubicándose los de menor tamaño hacia la costa, en distancias inferiores a las 3 mn, mientras que los de mayor envergadura tendieron a localizarse en sectores mas alejados de la costa.
14. En el sentido batimétrico, la anchoveta se detectó entre los 5 y 25 m de profundidad, asociada con las isotermas de 13 a  $17^{\circ}C$  isohalinas entre 34,2 y 34,8 psu y oxiclina entre 1 y 6,5 ml/l.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aglen A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. FAO Fish. Rep. 300, 293-298.
- Alheit, J. y P. Bernal. 1993 . Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Current ecosystem. **En:** Large marine Ecosystems. Stress mitigation and sustainability. K. Sherman, L. M. Alexander y B.D. Gold (**Eds.**). AAAS Press. Washington USA. pp 53-68.
- Bahamonde, R. y V. Baros. 1992. Evaluación directa del reclutamiento de recursos pelágicos . En : Programa Evaluación Directa de Recursos Pelágicos en la Zona Norte. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. 34 p.
- Bakun, A. y R. Parrish. 1980. Environmental input to fishery populations models for eastern boundary current regions. IOC Wokshops Reports 28:67-104.
- Barría, P. J.R. Cañón y A. Zuleta. 1988. Diagnóstico de la pesquería de la anchoveta en la Zona Norte de Chile y proposiciones de manejo para 1988. Comité Técnico Asesor de recursos pelágicos. subsecretaría de Pesca. Informe Técnico Interno. 10 p.
- Barría, P. 1989. Seguimiento de la veda de reclutamiento de anchoveta (1988-1989) y veda reproductiva de sardina 1989. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. 53 pp.

- Barría, P. 1990. Situación nacional de los principales recursos pelágicos. En: "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 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.
- 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.
- Bernal, P. 1981. A review of the low-frequency response of the pelagic ecosystem in the California current. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports. 22:49-62.

- 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. y O. Rojas 1967. Distribución geográfica de la pesca de anchoveta en el norte de Chile y su composición del tamaño, de marzo de 1961 a julio de 1963. Instituto de Fomento pesquero. Publicación Nº 24. 69 pp.
- 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. 1996. Ictioplancton. En: 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.
- Carpenter, J. H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. and Oceanogr.*, 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., M.A. Barbieri and A. Gonzalez. 1996. Relationships between sea surface temperature, salinity, and pelagic fish distribution off northern Chile. ICES Journal of Marine Science, 53: 139-146.
- 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.
- Cruickshank, R.A., I. Hampton and M.J. Armstrong. 1990. The origen and movements of juvenile anchovy in the Orange river region as deduced from acoustic surveys. S. Afr.J. mar. Sci. 9: 101 - 114.
- 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.

- Degnbol, 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 Ecosystem. En: 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.
- Foote, K. 1983. Journal of the Acoustical Society of America, Maintaining precision calibrations with optimal cooper spheres.
- Foote, K. 1981. Echo sounder measurements of backscattering cross sections of elastic spheres. Fisker og Havet Ser, B, 1981 (6): 1 - 107.
- Foote, K., A., Aglen, and O., Nakken. 1986. Measurements of fish target strength with a split beam echo sounder. J. Acoust. Soc. Am. 80 (2), August 1986. 612-621.
- Foote, K., H. Knudsen, G. Vestnes, D. Mac Lennan and J. Simmonds. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report 144, Palaegade 2, 1261 Copenhagen K, Denmark.



- Foote, K. 1987. Fish Target strenghts for use in echo integrator surveys. J. Acoust. Soc. Am. 82 (3). September. 981-987.
- Forbes, T. 1985. Progress in dual- beam target strenght measurement on herring and blue withing, Coun. Meet. Int. Coun. Explor. Sea 1985/B:41, Copenhagen, Denamark.
- Francis R.I.C.C. 1984. Variability in hidroacusctic biomass estimate (comment). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 825-826.
- Garrido, W. 1989. Análisis del Factor de Condición e Índice Gonadosomático de la anchoveta en la Zona Norte de Chile, período 1964 - 1977. Memoria Final para obtener el Título de Técnico Pesquero, 32 p., 10 anexos.
- 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 Strength measurements of herring and capelin in situ at Iceland. In: O. Nakken and S. C. Venema (Ed), 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. En: 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., E.K. Pikitch, M. K. McAllister 1994. A Bayesian estimation and decision analysis for a age-structured model using biomass survey data. Fisheries Research 19: 17-30.
- 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.
- Iversen et al, 1993 (Stock size, distribution and biology of anchovy in the Yellow Sea and East China Sea. Fisheries research, 16 (1993) 147-163).
- 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.
- Kimura D.K. and Lemberg N.A. 1981. Variability of line intercept density estimates (a simulation study of the variance of hidroacoustic biomass estimate). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1141-1152.
- K. M. Volter. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 page, 1985.
- Lasker, R. 1978. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California current: identifications of factor contributing to recruitment failure. Rapp. P-V Reún Cons. Inst. Explor. Mer 173:212-230.
- Lasker, R. 1985. What limits clupeoid production? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl 1):31-38.
- Lillo, S. y M. Espejo. 1991. Distribución y abundancia de sardina, jurel, anchoveta y caballa en primavera de 1991. En:

---

Evaluación directa de recursos pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica. Zona Norte. Informe de Proyecto. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. (pp 57-81).

Mac Lennan, D. and J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall, London UK. 325 p.

Martínez, C., L. Caballero y G. Böhm. 1991. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales. Zona Norte. Flota y Actividad Extractiva. SGI-IFOP 92/1. 51 p.

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.

Misund O., A. Beltestad. 1996. Target strenght estimates of schooling herring and mackerel using the comparison method. ICES Journal of Marine Science, 53:281-284.

Nakken, O. and K. Olsen. 1977. Target strenght measurements of fish. Rapp. P.- V Réun. Couns. Int. Explore. Mer., 170: 52-69.

Hamre, J. and A. Dommasnes. 1994. Test experiments of target strenght of herring by comparing density indices obtained by acoustic method and purse seine catches. ICES. C.M. 1994/B:17, Ref. D,H.- Fish Capture Commitee. 9 p.

Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. Deep Sea Res., 28A, 625-629.

- Nakata, K., A. Hada y Y. Matsukawa. 1994. Variations in food abundance for sardine larvae related to the Kuroshio meander. *Fisheries Oceanography*. 3(1):39-49.
- NODC.1991.Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National Oceanographic Data Center. NOAA. USA.
- Osses, J. 1995. Clorofila a y fluorescencia in vivo asociada a los recursos pelágicos de la zona norte de Chile. En: Evaluacion directa del Stock de anchoveta, sardina comun y jurel ente la I y IV regiones. Proyecto Fondo de Investigaciones Pesqueras.
- 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 explotation in the pacific mackerel fishery. Calif. Dep. Fish. Game. Fish. Bull. 167:109 p.
- Parsons, T.R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press 173 pp.
- Peterman, R.M. 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.

- Peña, S., U. Parker, y C. Martínez. Monitoreo de la veda de reclutamiento de la anchoveta (1992-1993). Instituto de Fomento Pesquero. Iquique, Chile. 27 pp. + 30 Anexos.
- Polovina, J.J., G.T. Mitchum, N.E. Graham, M.P. Craig, E.E. Demartini y E. N. Flint. Physical and biological consequences of a climate event in the central North Pacific. *Fisheries Oceanography*. 3(1):15-21.
- Pitcher, T. y P.J.B. Hart. 1982. *Fisheries Ecology*. The Avi. Publishing Company. I. N. C. Westport, Connecticut. 414 p.
- Rodriguez, L., O. Guzmán y P. Pineda. 1983. Estudio de recursos pelágicos. Programa de monitoreo de recursos pelágicos. II prospección zona Constitución - Isla Mocha (35°20' - 38°22' S.). Corporación de Fomento de la Producción. Gerencia de Desarrollo (AP. 83-32). Instituto de Fomento Pesquero Santiago, Chile.
- 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. En: *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.

- Rudstam, G. L., T. Lindem and S. Hansson. 1988. Density and in situ Target Strength of herring and sprat: a comparison between two methods of analyzing single-beam sonar data. Fisheries research, 6 (1988): 305-315 p.
- Rui de Paula., 1985. Acoustic analysis of tropical stocks of small pelagic fish. Documento interno.
- Serra, J., M. Aguayo, O. Rojas, J. Canon y F. Inostroza. 1979. Anchoveta **Engraulis ringens**, Jenyns. Teleostomi, Clupeiformes, Engraulidae. En. Estado actual de las pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Peces. Corporación de Fomento de la Producción. Gerencia de Desarrollo. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 1-52p.
- Shelton. P.A. 1987. Life-history traits displayed by neritic fish in the Benguela current ecosystem. **En:** The Benguela and comparable ecosystems. Payne, A.I.L., J.A. Gulland y K.H. Brink (**Eds.**) South African Journal of Marine Science. 5:235-242.
- Shotton, R. 1979. Acoustic survey design. In: Meeting on Hydroacoustical methods for the estimation of marine fish population. Cambridge, MA, USA. 25- 29 june 1979.
- Shotton R. y Bazigos G.P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic survey. Rapp.P.V. Reun. Cns. Int. Explor. Mer. 184: 34 -57.
- Simpson J.G. y E. Gil. 1967. Maduración y desove de la anchoveta (**Engraulis ringens**), en Chile. Bol. Cient. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile (4): 55 p.

- Simmonds E. John, N. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1991. Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. ICES C.M. 1991, 113 p (figures).
- Smith, P.E. 1985. Year- class strenght and survival of 0-group clupeoids. Can J. Fish. Aquat. Sci. 42 (Suppl 1): 69-82.
- Smith, W.O., G.W. Heburn, R.T. Barber y J.J. O'Brien. 1983. Regulation of phytoplankton communities by physical processes in upwelling ecosystems. Journal of Marine Research. 41:539-556.
- Strass, V.H. 1992. Chlorophyll patchines caused by mesoscale upwelling at fronts. Deep Sea Research. 39(1):75-96.
- Torres, A., O., Guzmán y J. Castillo. 1984. La vejiga gaseosa como órgano resonante y su influencia en la intensidad sónica. Invest. Pesq. (1984) 31: 81-88.
- UNESCO, 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. Unesco Tech. Papers in Mar., Sci. N°36.
- UNESCO, 1981b. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°37.
- UNESCO, 1981c. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.



- Walters, C. J. 1981. Optimum escapements in the face of alternative recruitment hypothesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 678- 689.
- Weiss, R.F. 1970. Solubility of nitrogen, oxygen, and argon in water and seawater. *Deep Sea Research*. 17(4):721-725.
- Wolanski. E. y E.M. Hamner. 1988. Topographically controlled fronts in the ocean and their biological influence. *Science*. 241(4862):177-181.
- Yoder, J.A., S.G. Ackleson, R.T. Barber, P. Flament y W.M. Balch. 1994. A line in the sea. *Nature*. 371:689-692.
- Zar, J. H. 1974. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clifs, N. J.

# FIGURAS



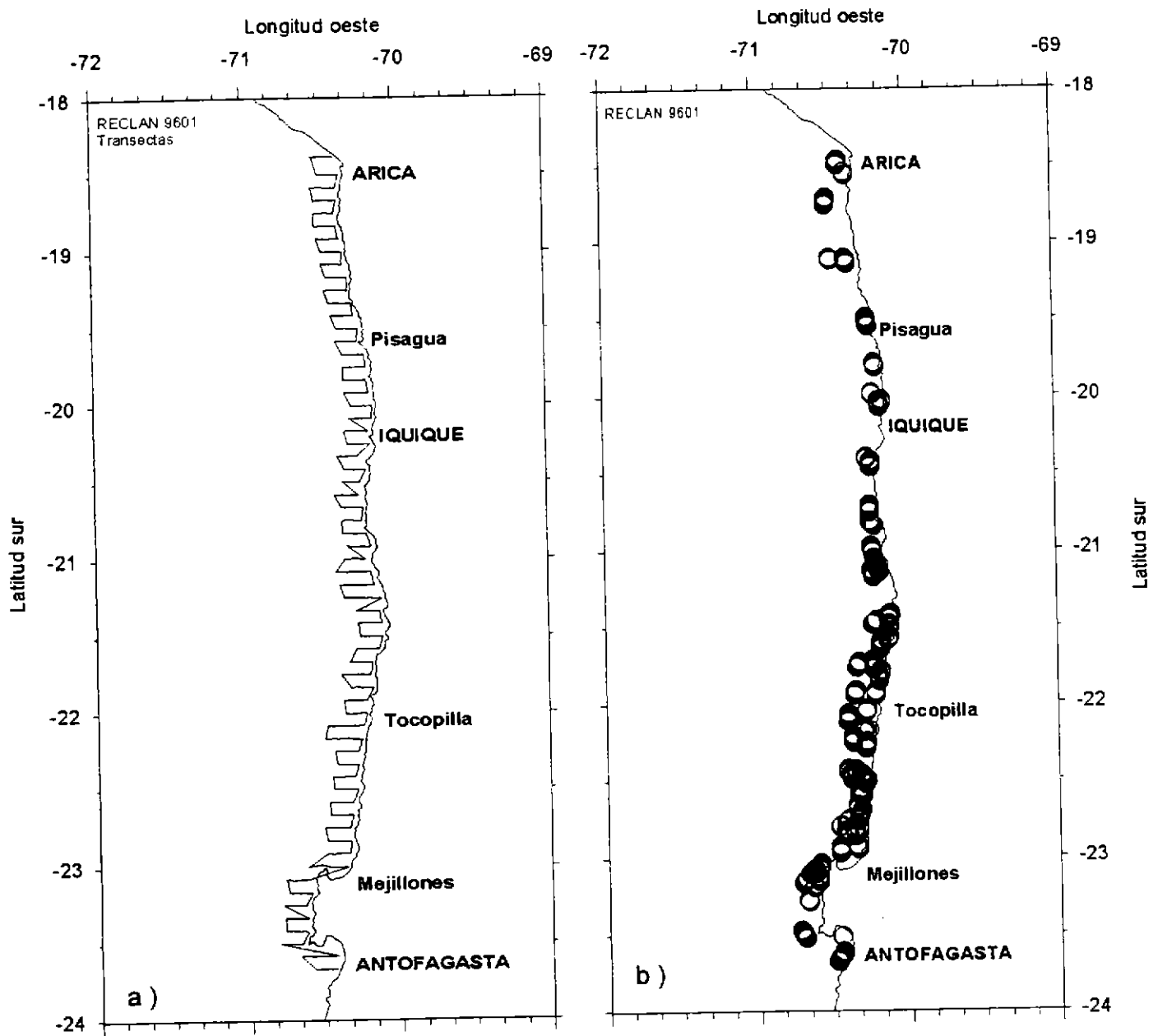


Figura 1 Red de transectas realizadas (a) y lances de pesca de reconocimiento (b).

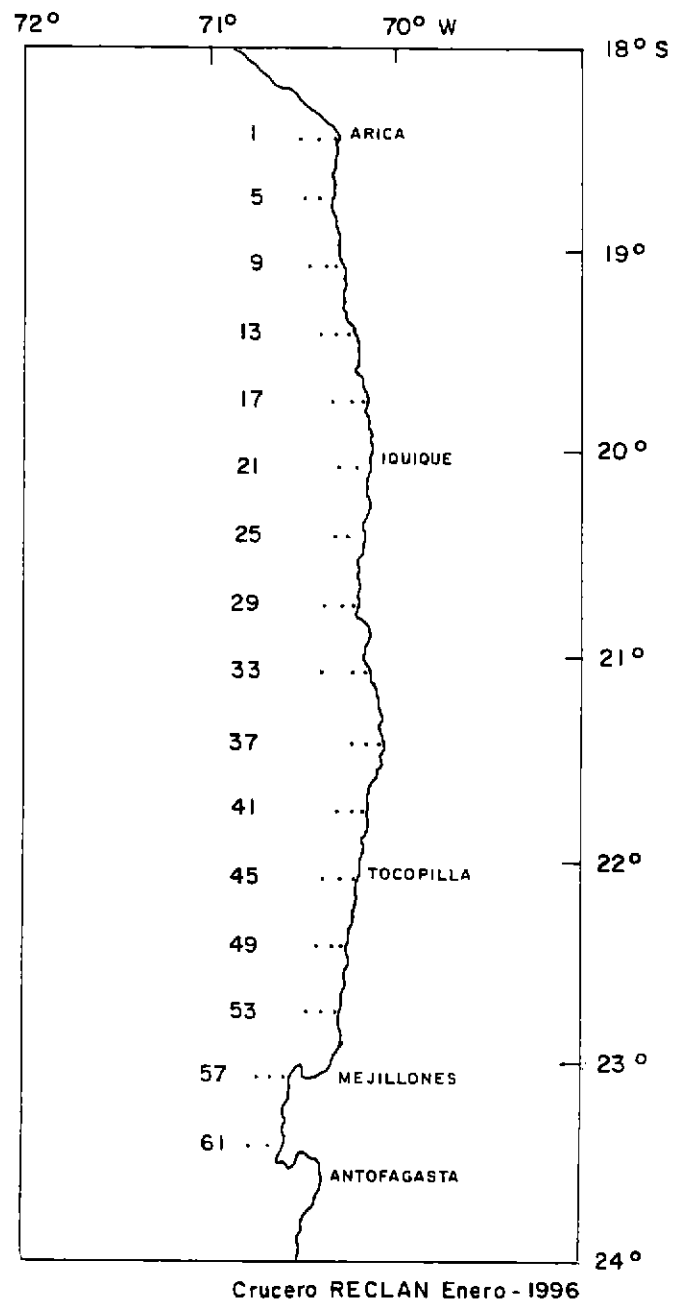


Figura 2. Posición de las estaciones oceanográficas para la zona.

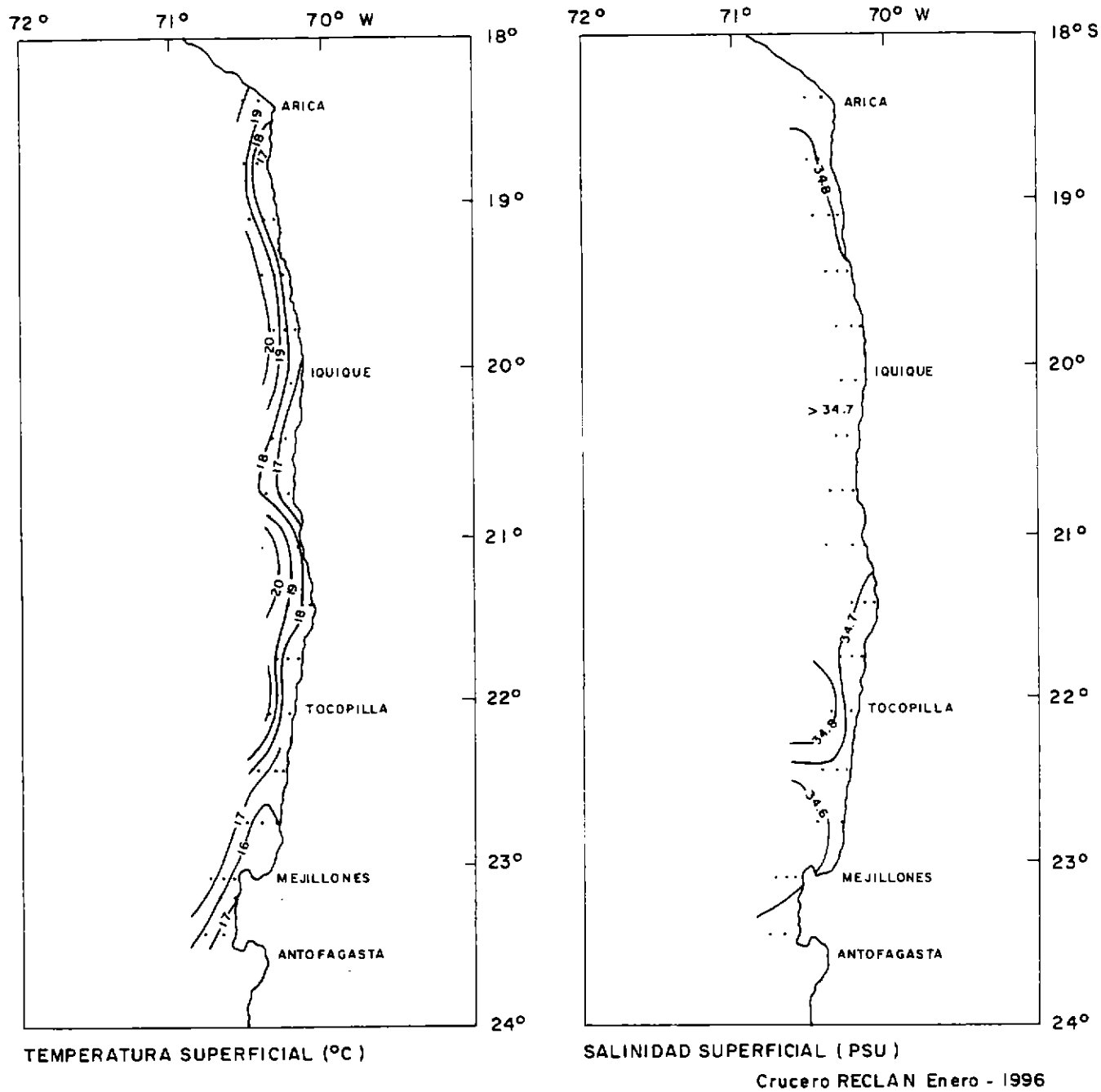
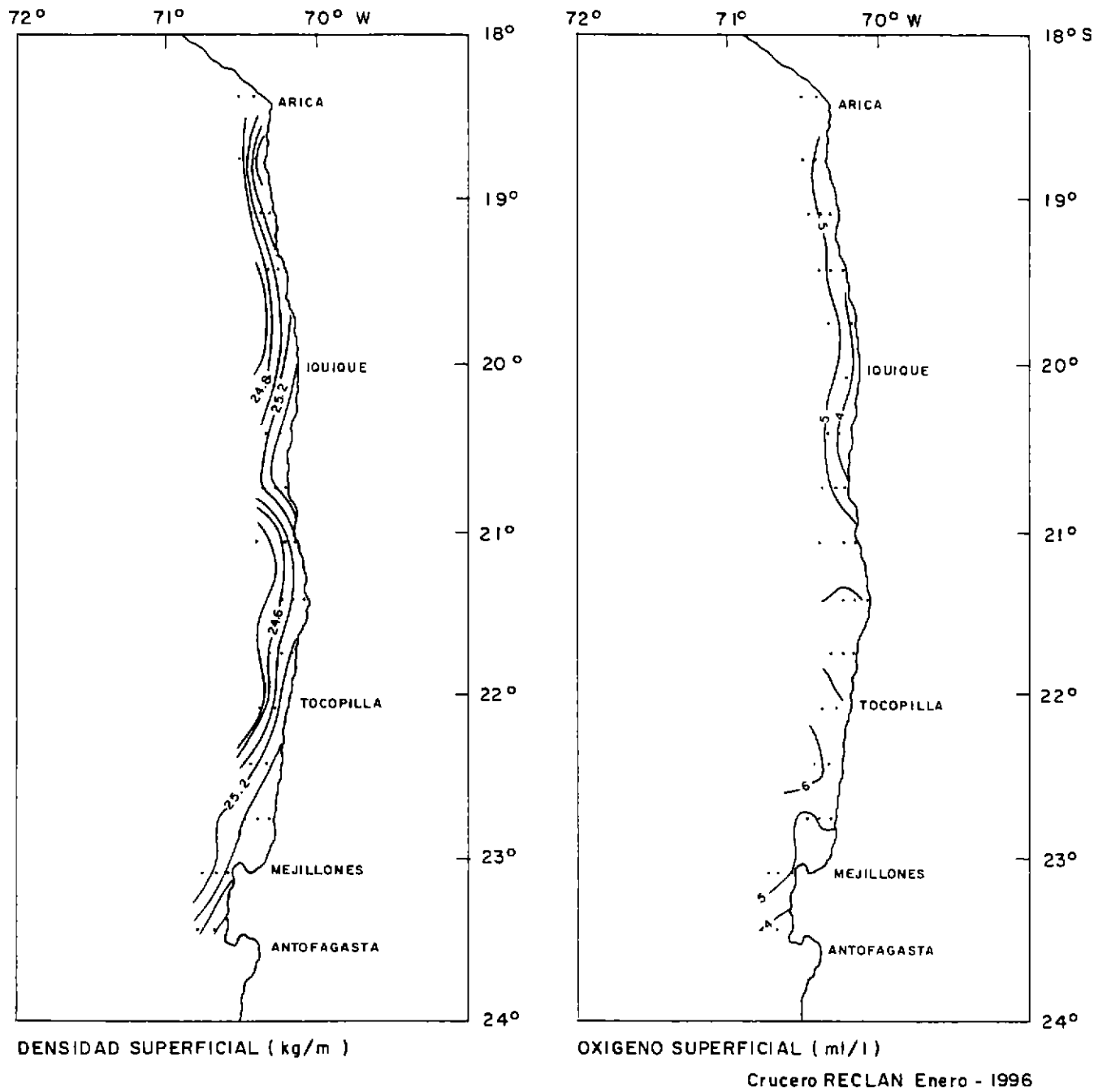
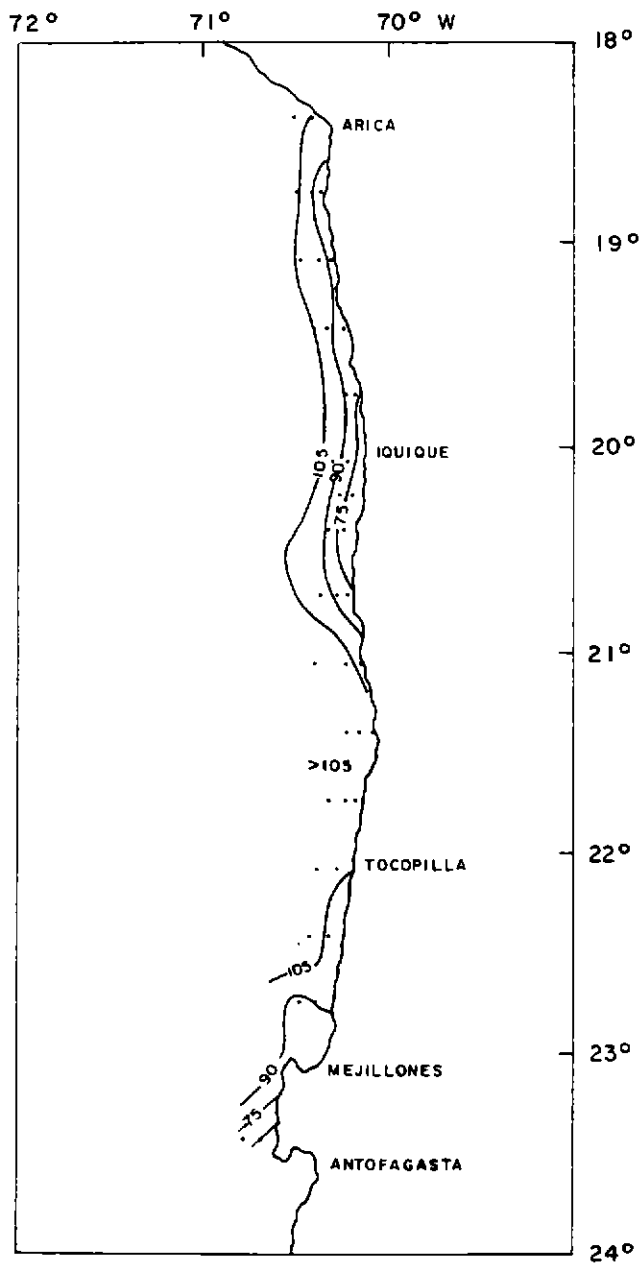


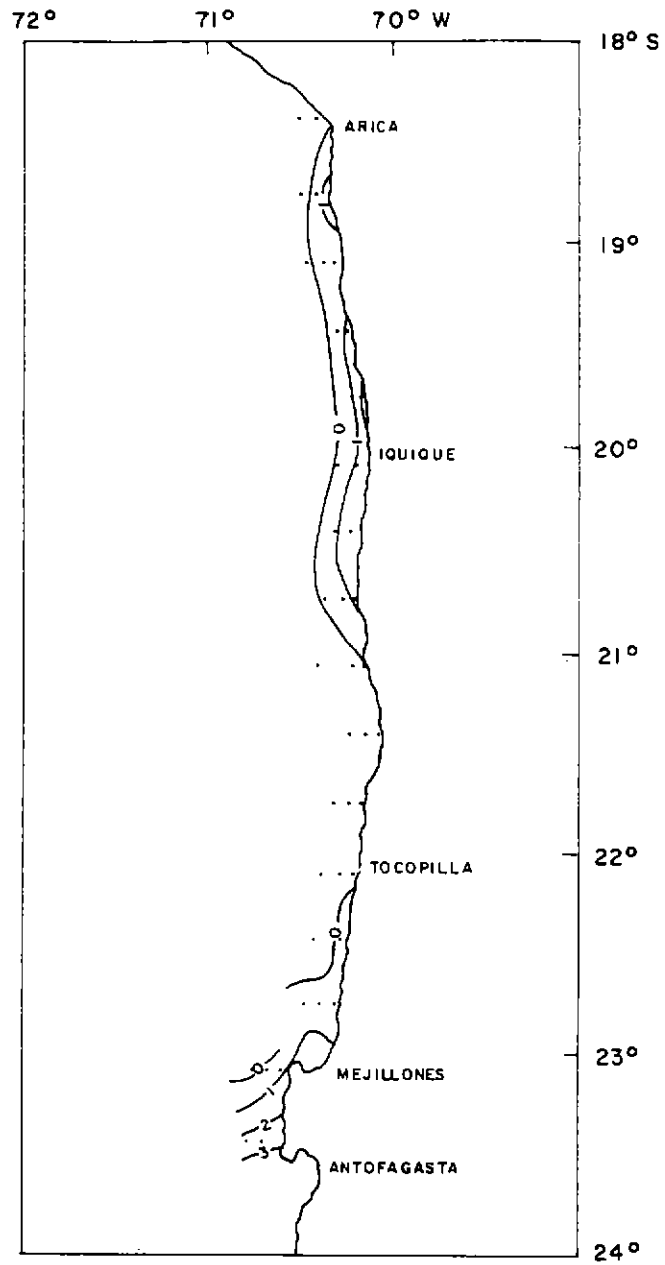
Figura 3. Distribución superficial de la temperatura (°C) y la salinidad (PSU).



**Figura 4.** Distribución superficial de la densidad (como sigma-t) ( $\text{kg/m}^3$ ) y el oxígeno disuelto ( $\text{ml/l}$ ).



SATURACION DE OXIGENO (%)

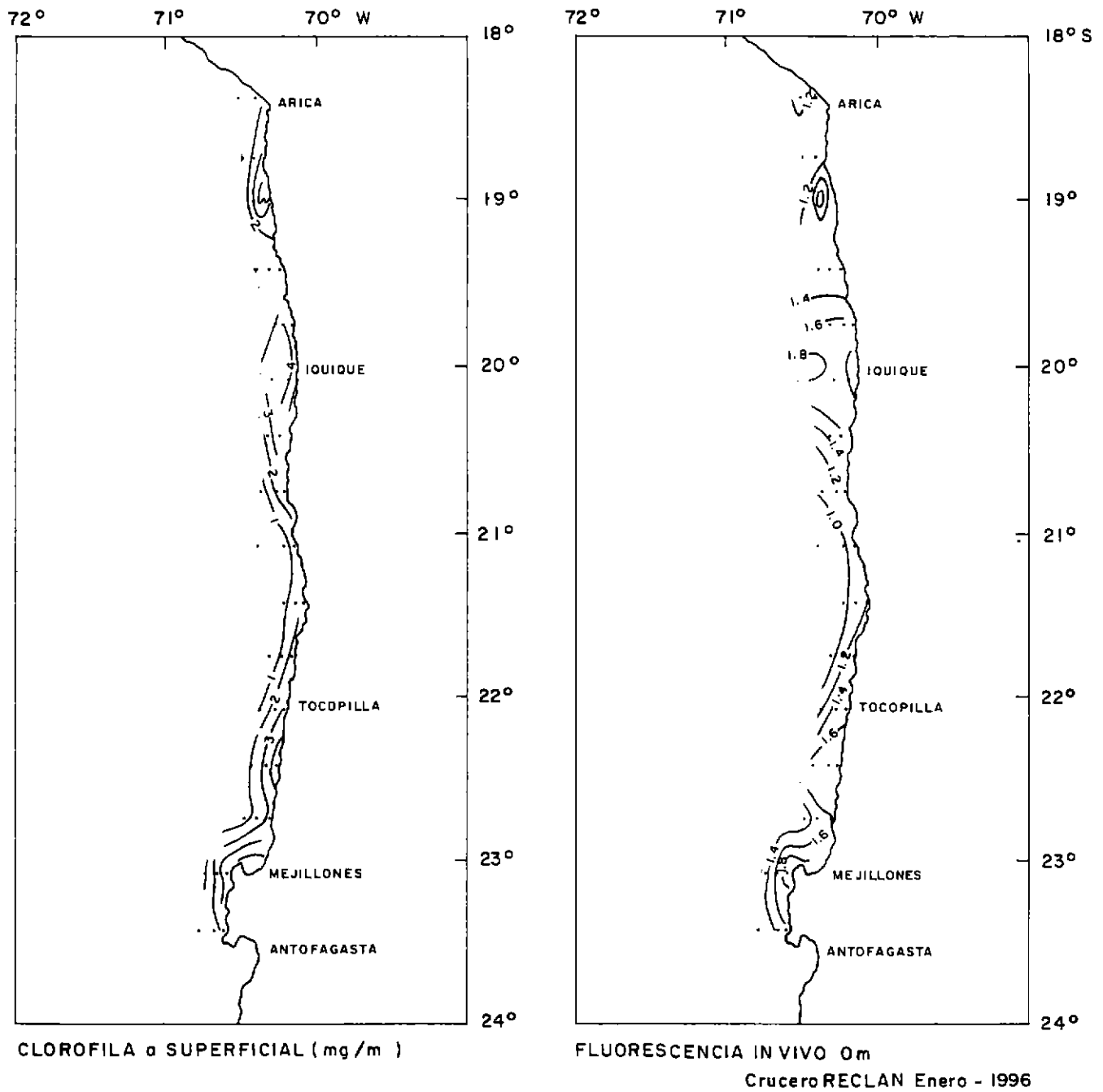


AUP/AOP (ml/l)

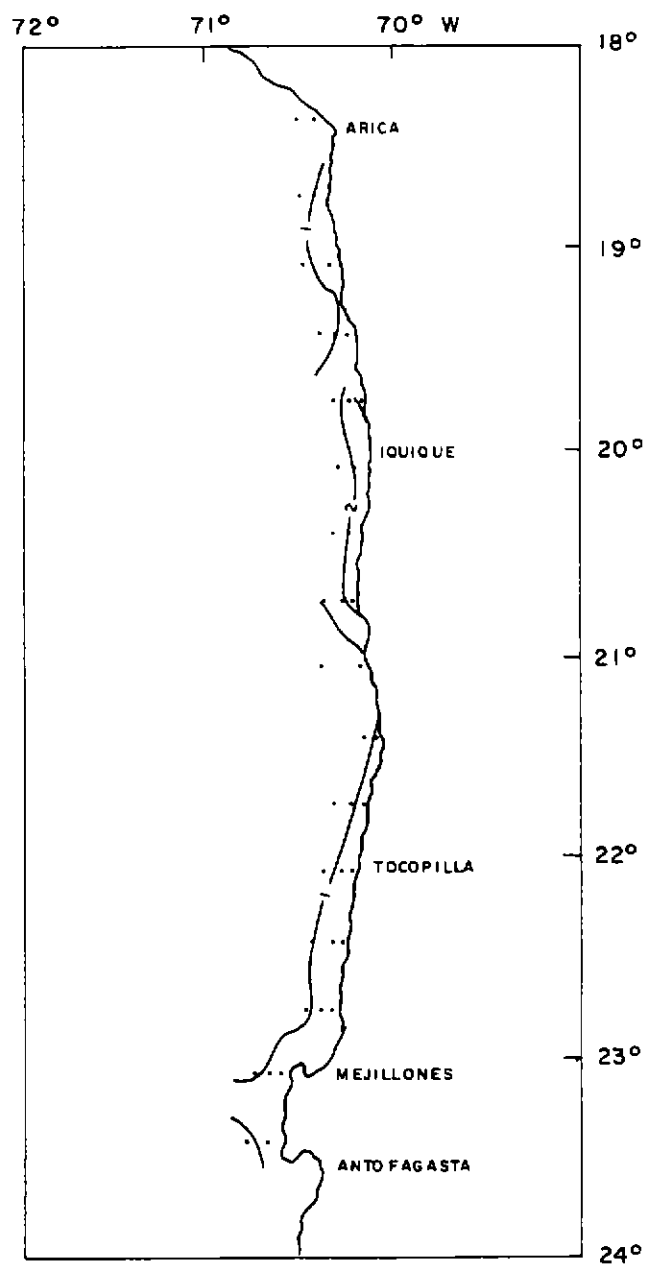
Crucero RECLAN Enero - 1996

**Figura 5.** Distribución superficial del porcentaje de saturación de oxígeno (%) y la producción o utilización aparente de oxígeno (ml/l).

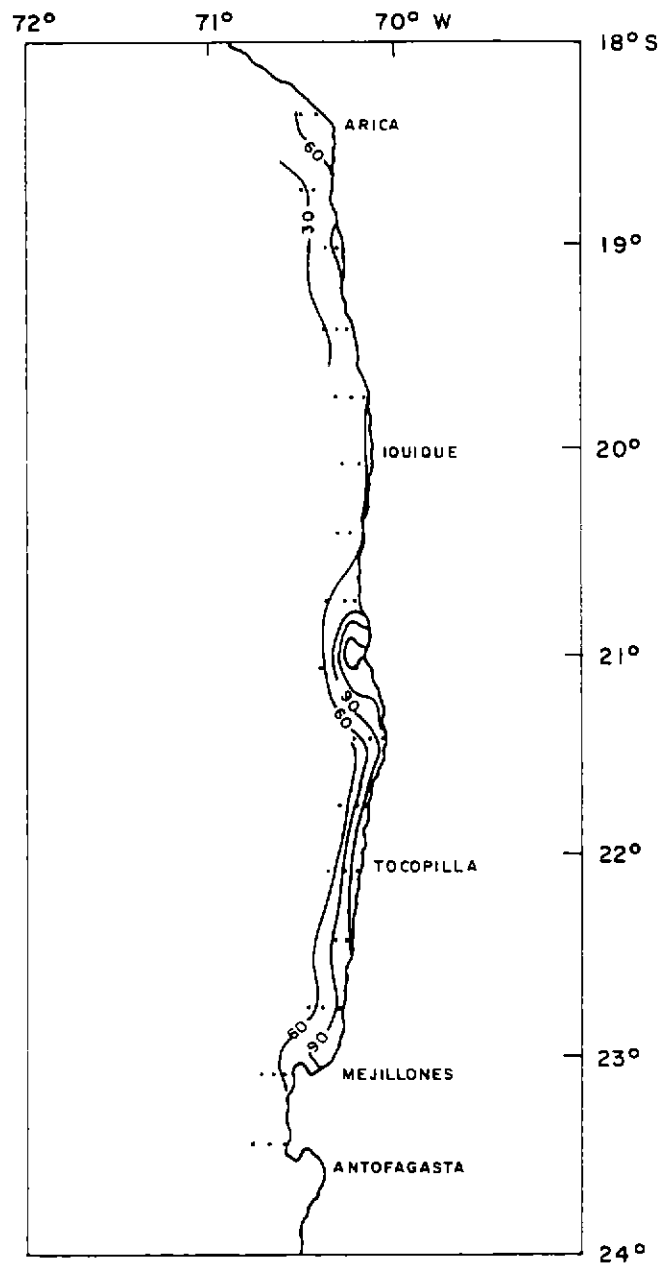




**Figura 6.** Distribución superficial de la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y la fluorescencia in vivo (UR).



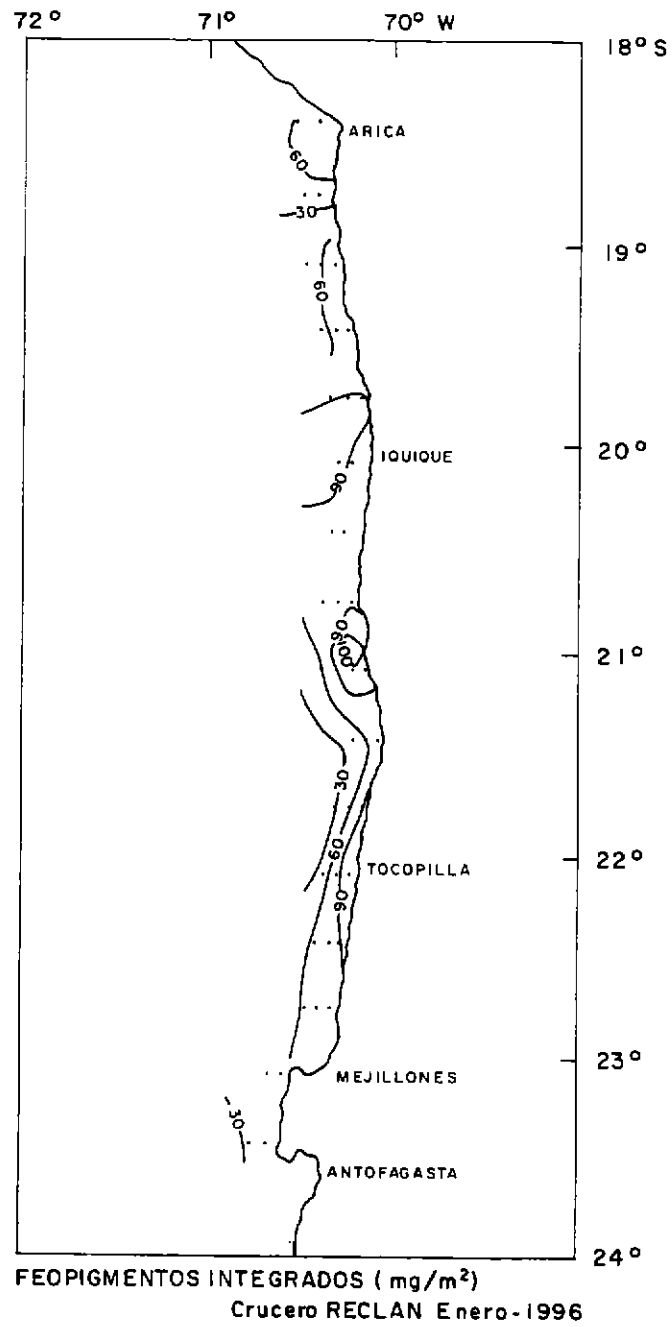
FEOPIGMENTOS ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 0 m



CLOROFILA INTEGRADA ( $\text{mg}/\text{m}^2$ )

Crucero RECLAN Enero - 1996

Figura 7. Distribución superficial de los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), y la clorofila a integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ).



**Figura 8.** Distribución superficial de los feopigmentos integrados (mg/m<sup>2</sup>).

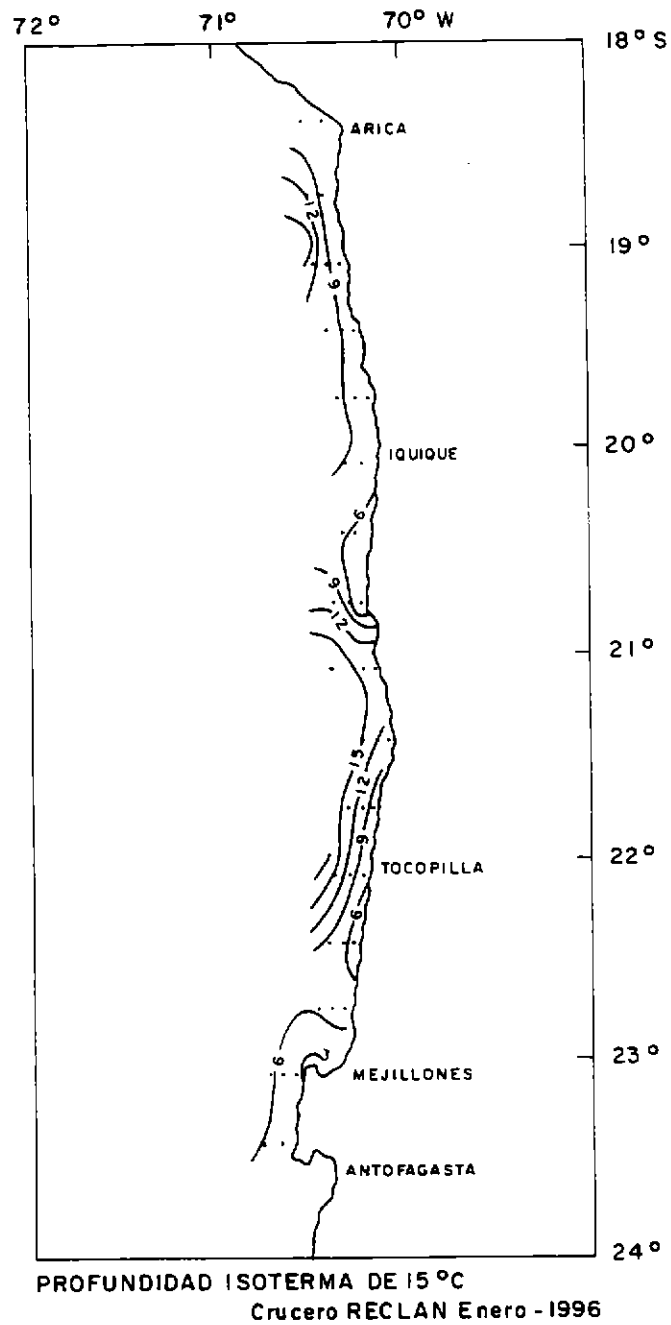
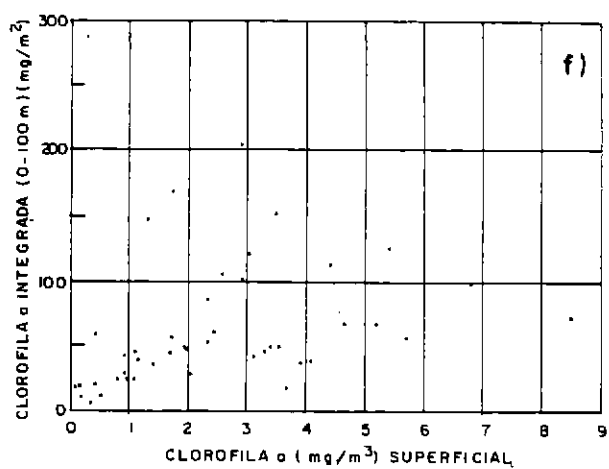
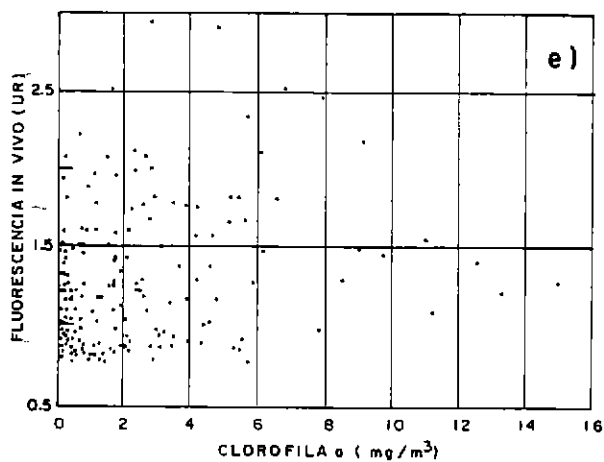
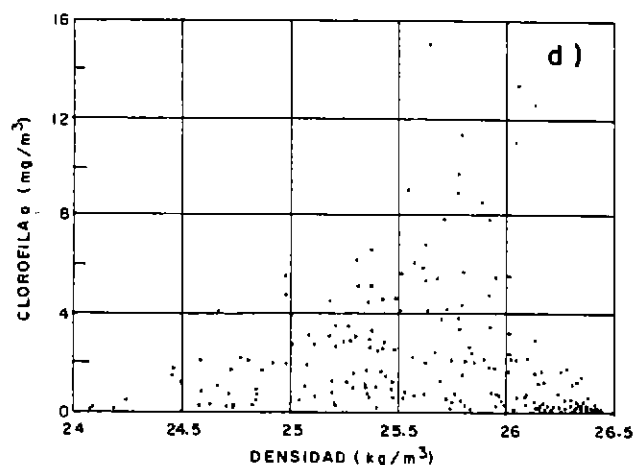
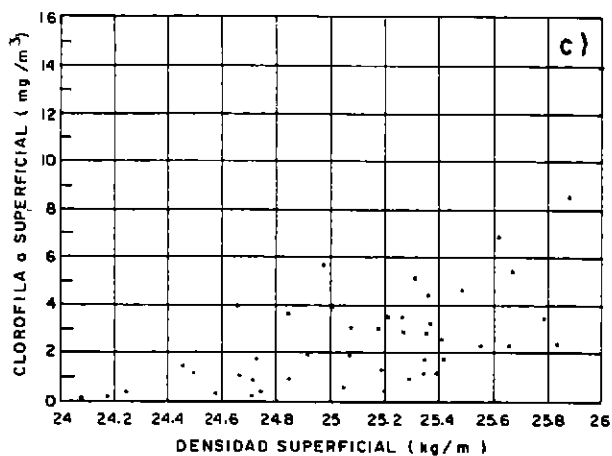
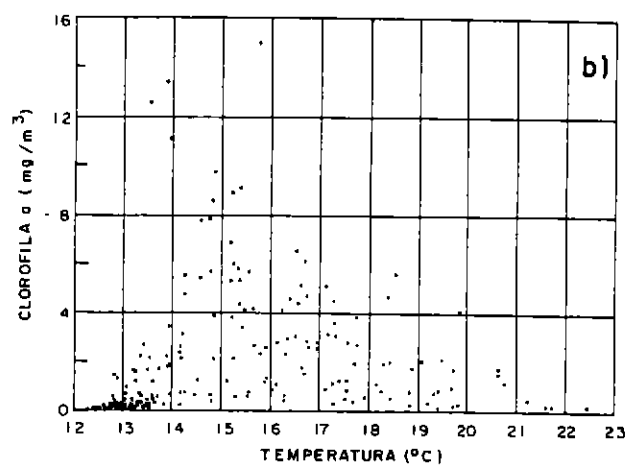
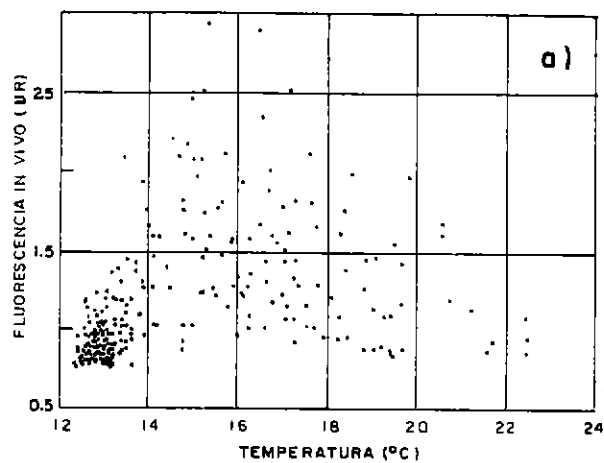


Figura 9. Distribución de la profundidad de la isoterma de 15 °C.



Crucero RECLAN Enero - 1996

**Figura 10.** Gráfico de dispersión entre la fliv y la temperatura (a), la cloa y la temperatura (b), la cloa superficial y la densidad (c), la cloa y la densidad (d), la fliv y la cloa (e) y la cloa integrada y la cloa superficial (f).

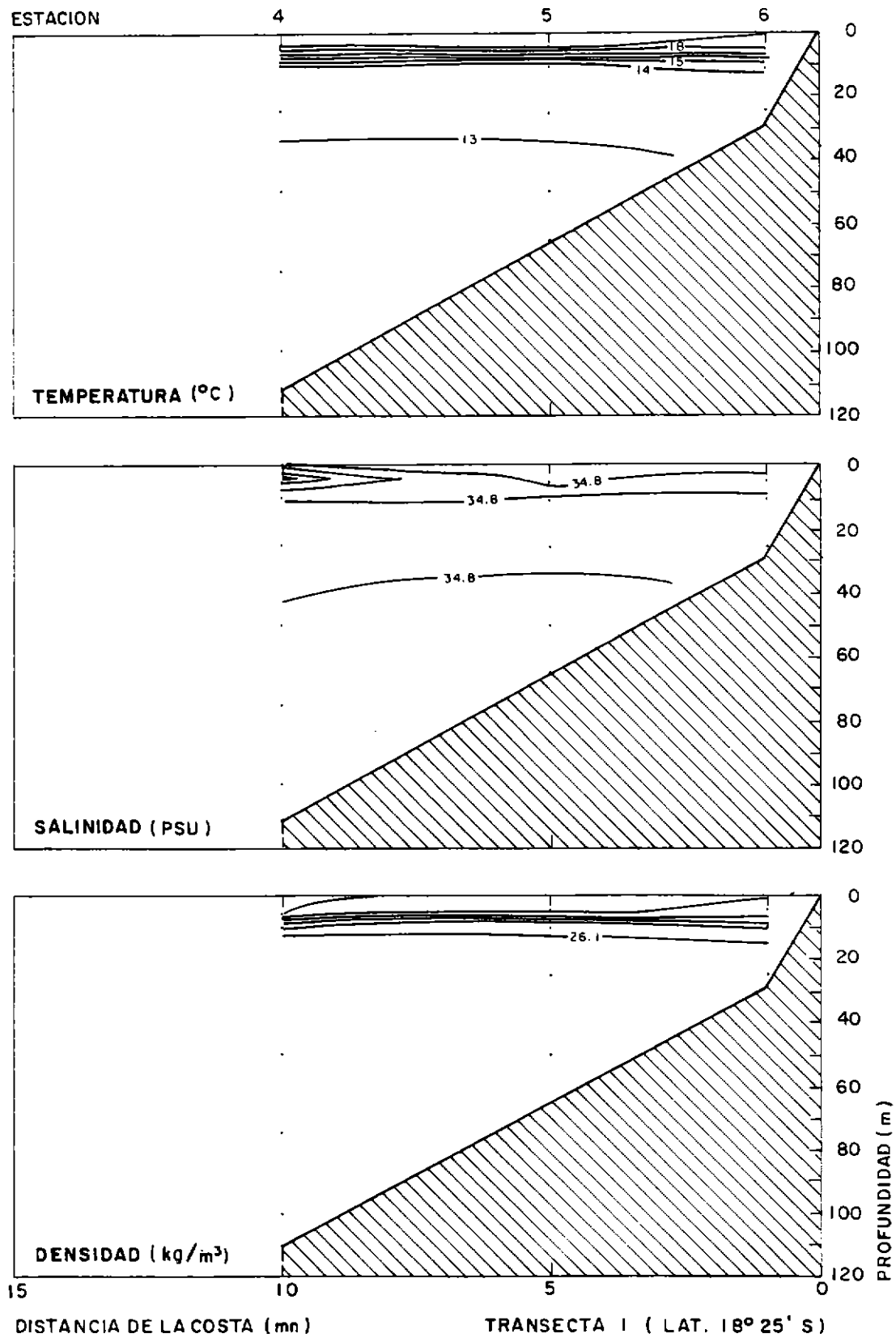


Figura 11. Distribución vertical de la temperatura (°C), la salinidad (PSU) y la densidad (kg/m<sup>3</sup>) en la transecta 1 (Lat. 18° 23.4'S).

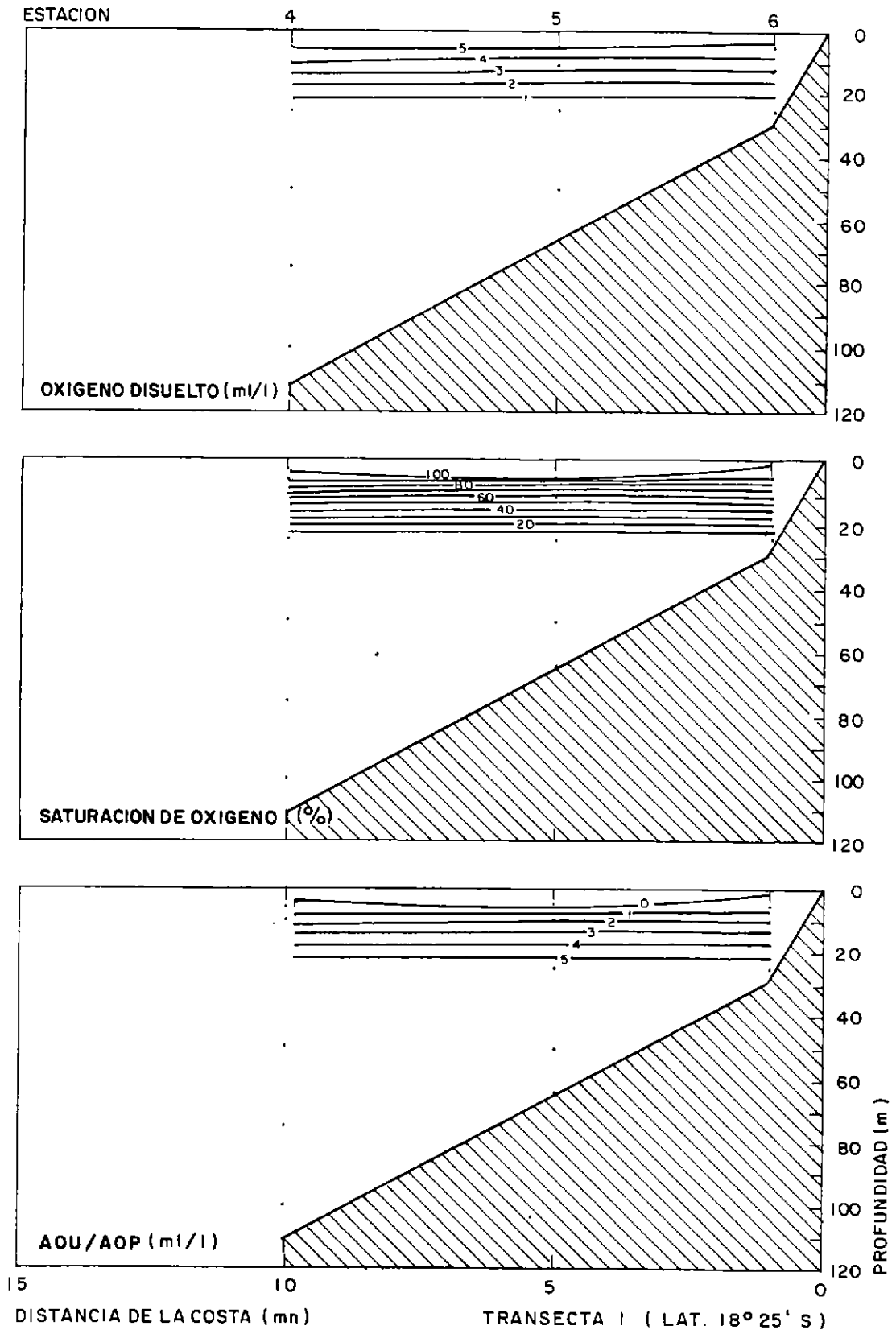


Figura 12. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l), la AOU/AOP (ml/l) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 1 (Lat. 18° 23.4'S).

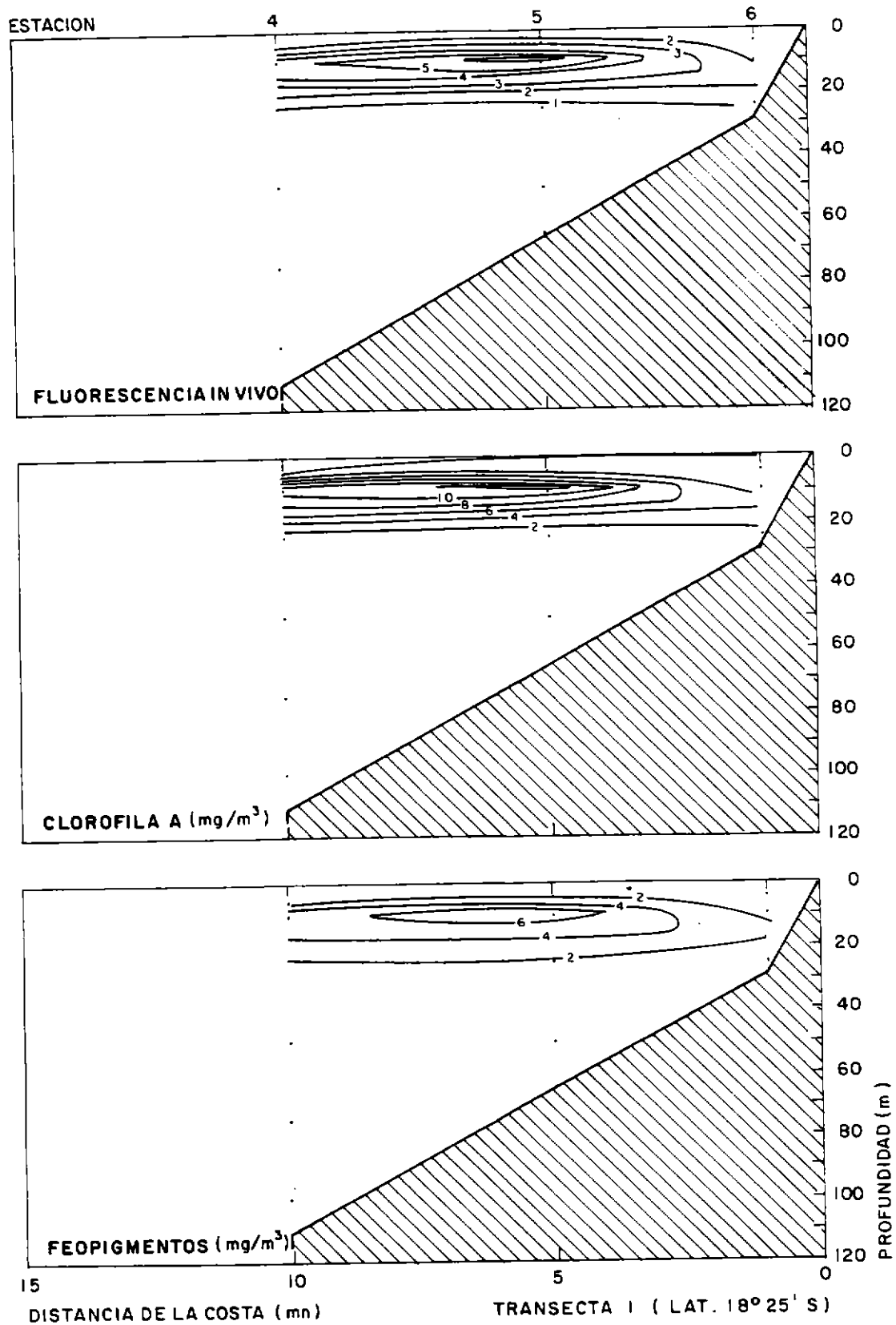
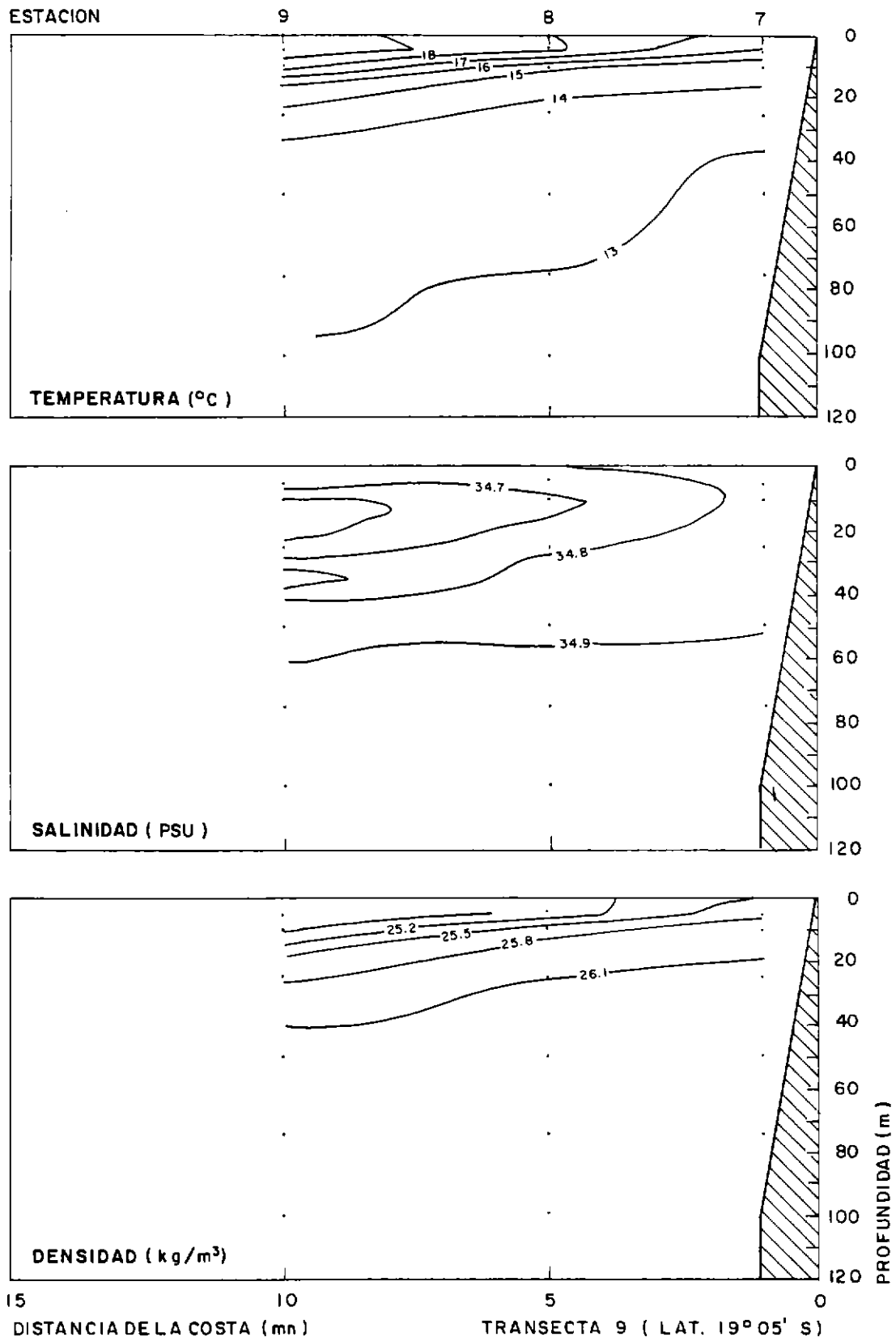


Figura 13. Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 1 (Lat.  $18^\circ 23.4'S$ )





**Figura 14.** Distribución vertical de la temperatura (°C), la salinidad (PSU), y la densidad (kg/m<sup>3</sup>), en la transecta 9 (Lat. 19° 05'S).

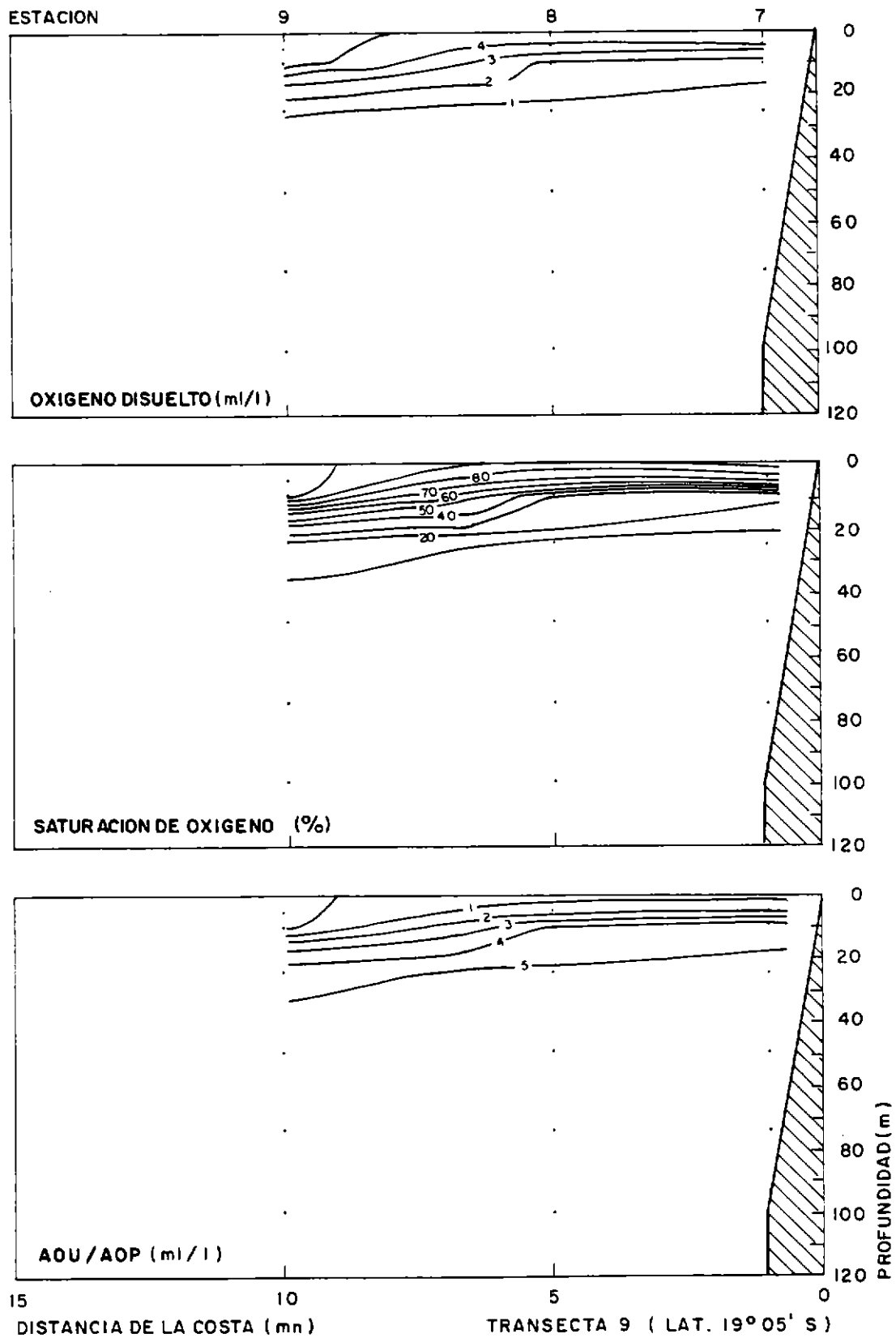
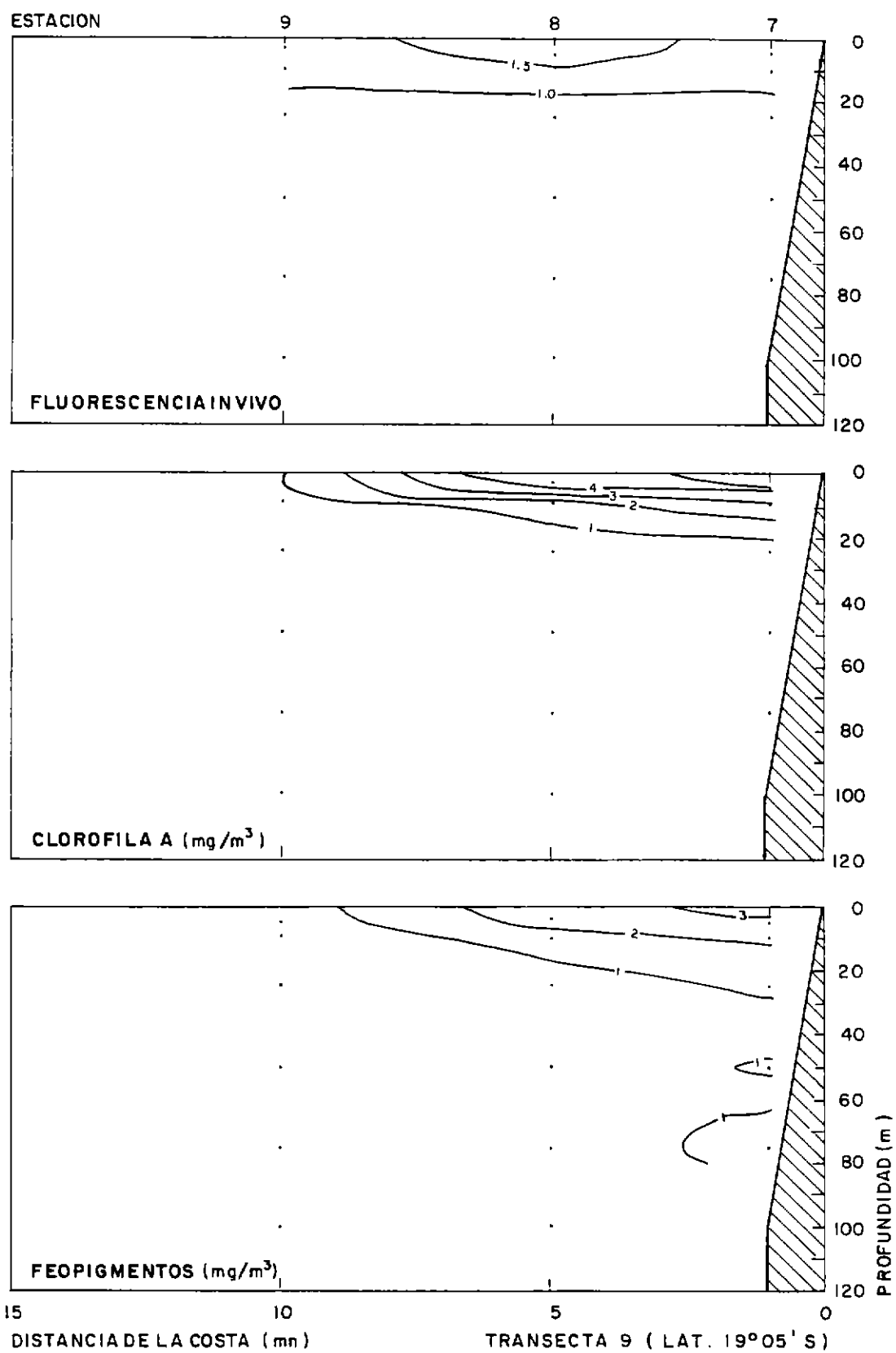


Figura 15. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l), la AOU/AOP (ml/l) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 9 (Lat. 19° 05'S).



**Figura 16.** Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 9 (Lat.  $19^\circ 05' \text{S}$ ).

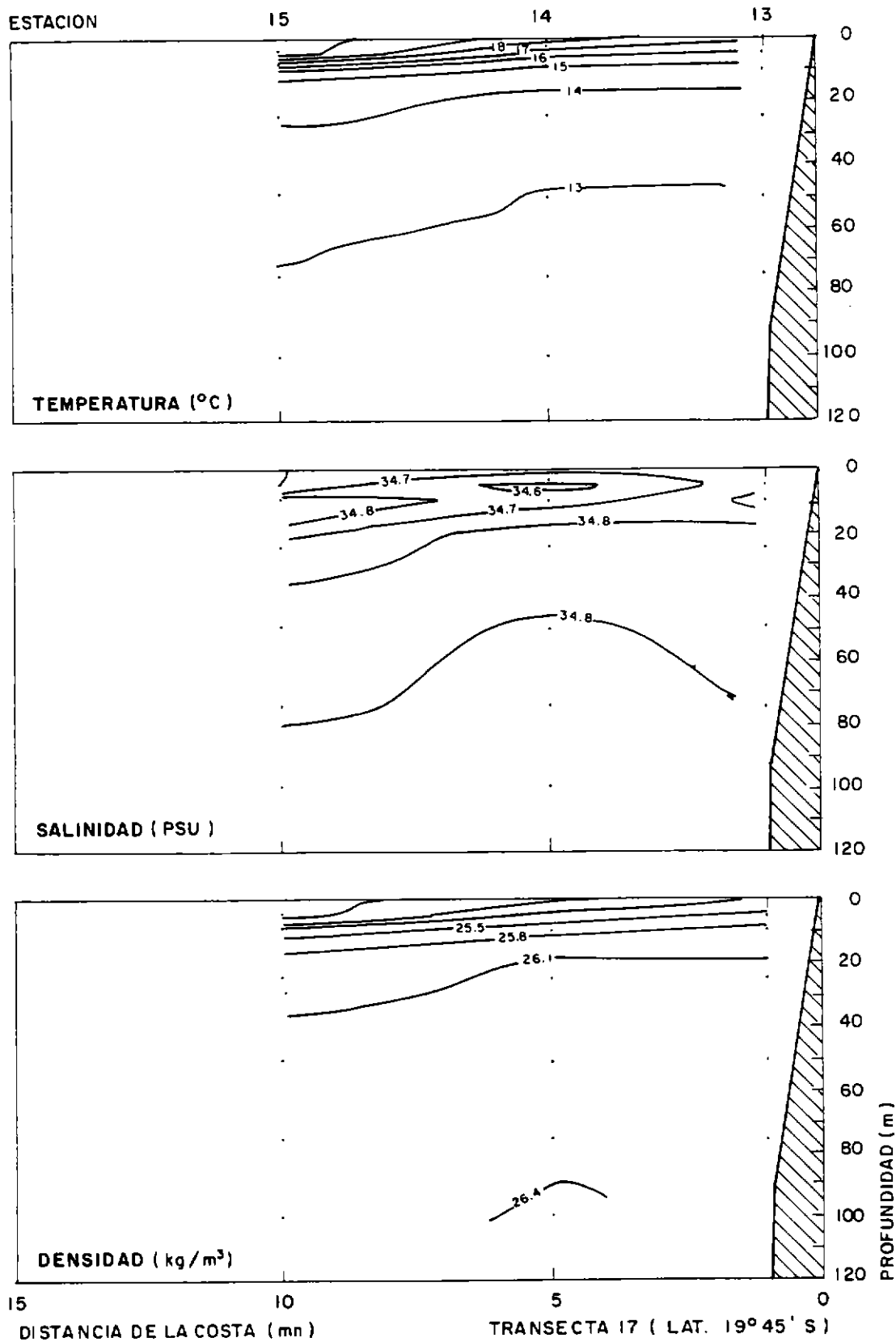


Figura 17. Distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (PSU), y la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 17 (Lat.  $19^{\circ} 45' \text{S}$ ).

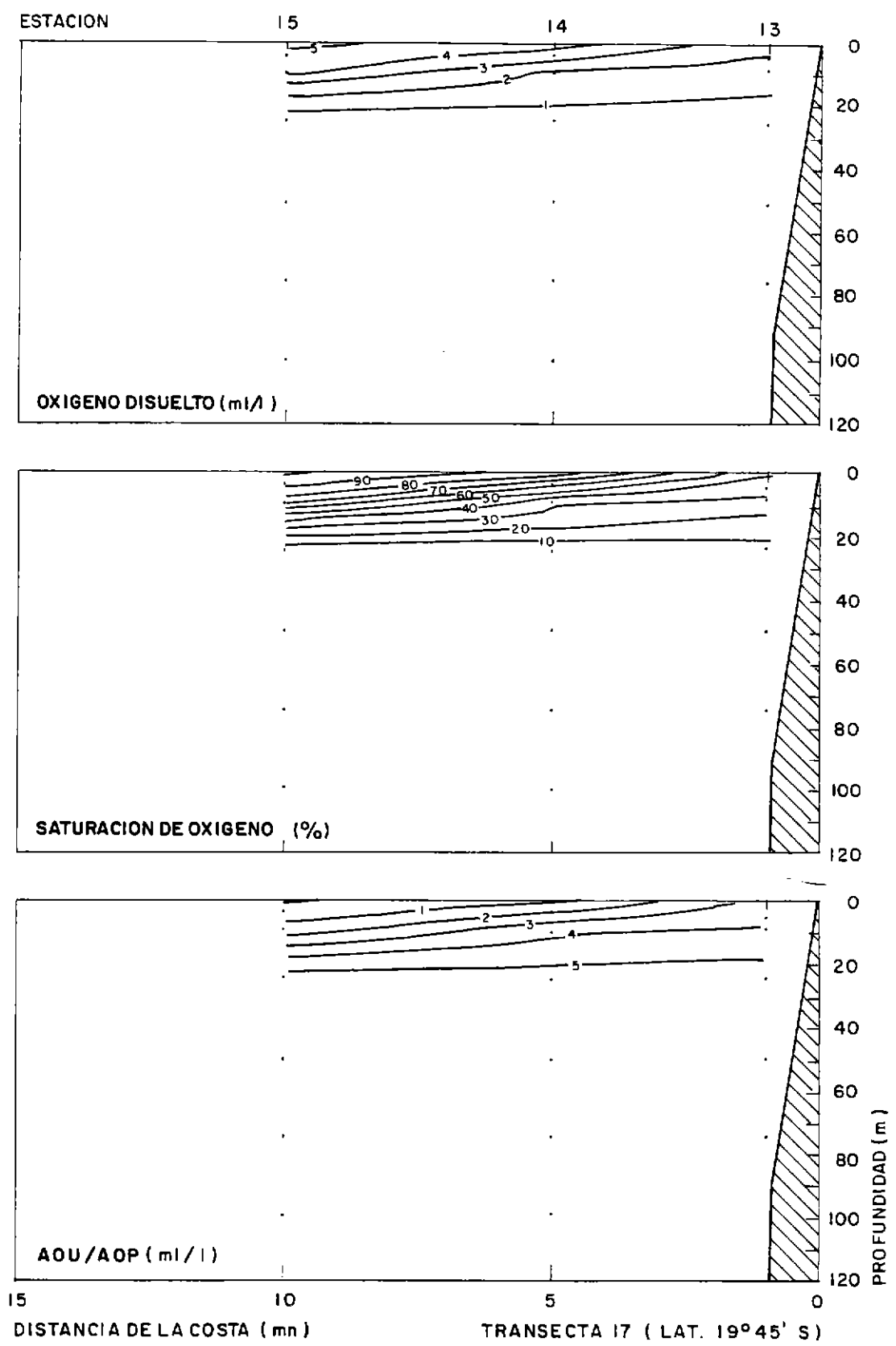


Figura 18. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l), la AOU/AOP (ml/l) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 17 (Lat. 19° 45'S).

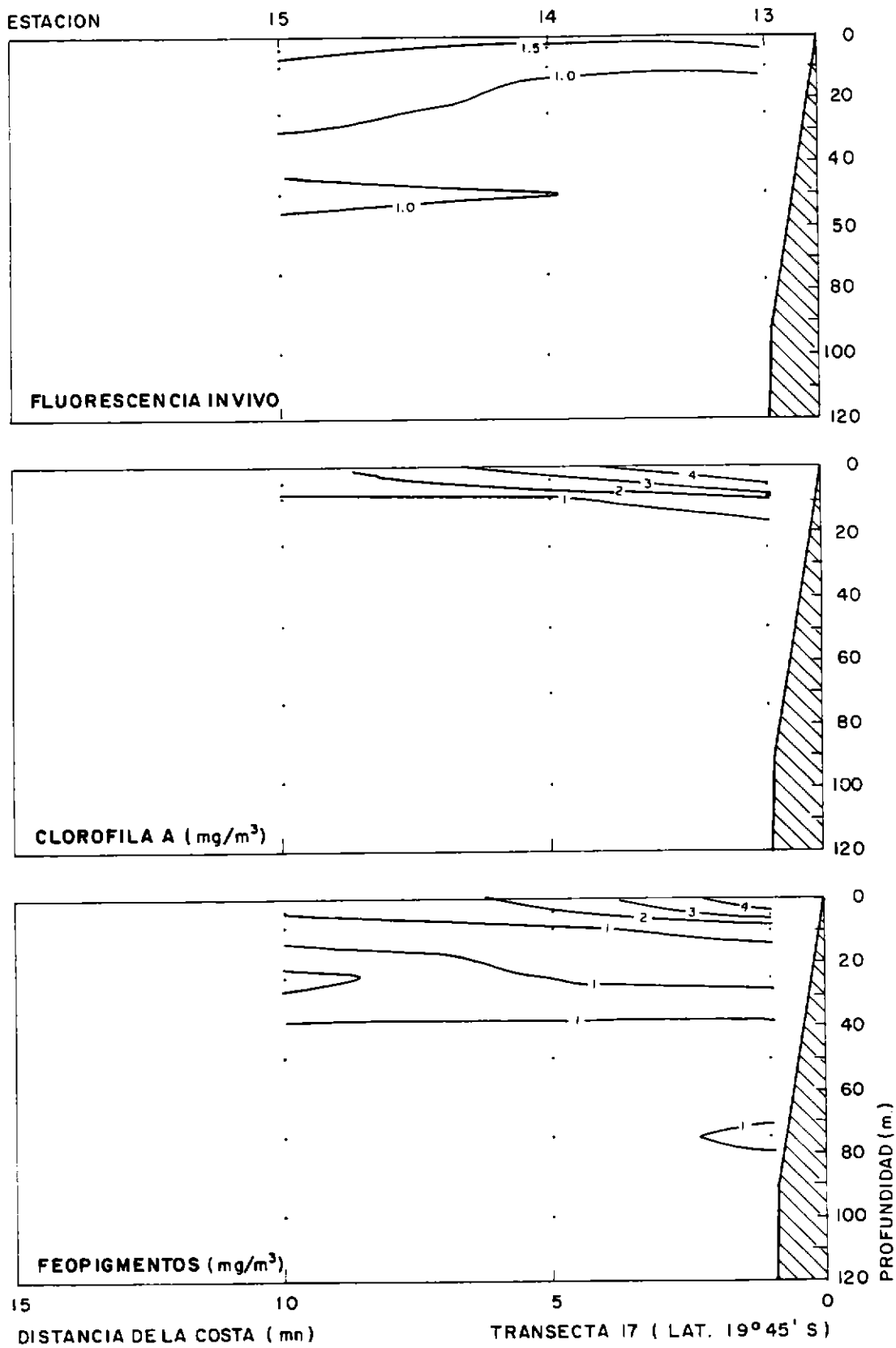


Figura 19. Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y los feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>), en la transecta 17 (Lat. 19° 45'S).

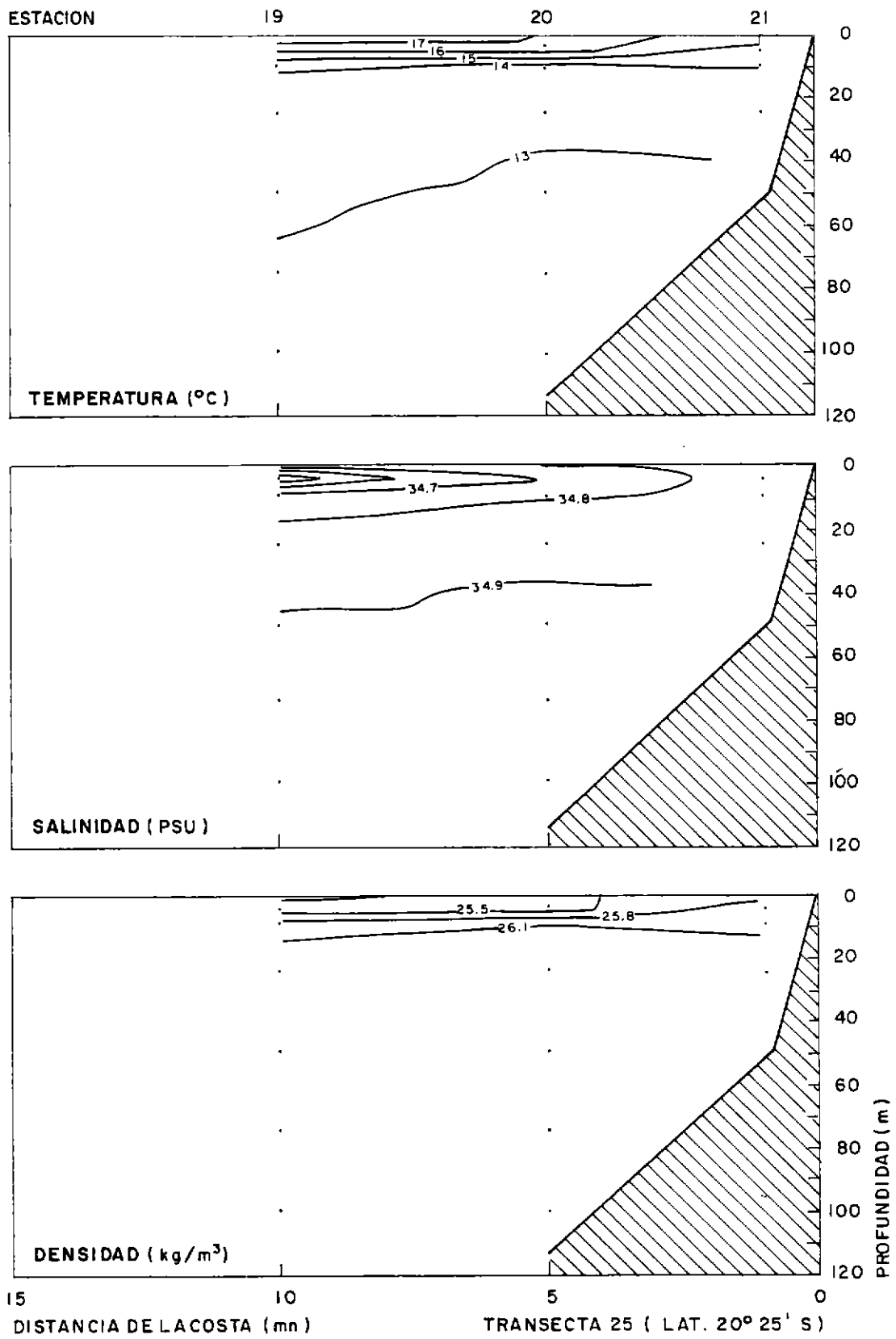


Figura 20. Distribución vertical de la temperatura (°C), la salinidad (PSU), y la densidad (kg/m<sup>3</sup>), en la transecta 25 (Lat. 20° 25'S).

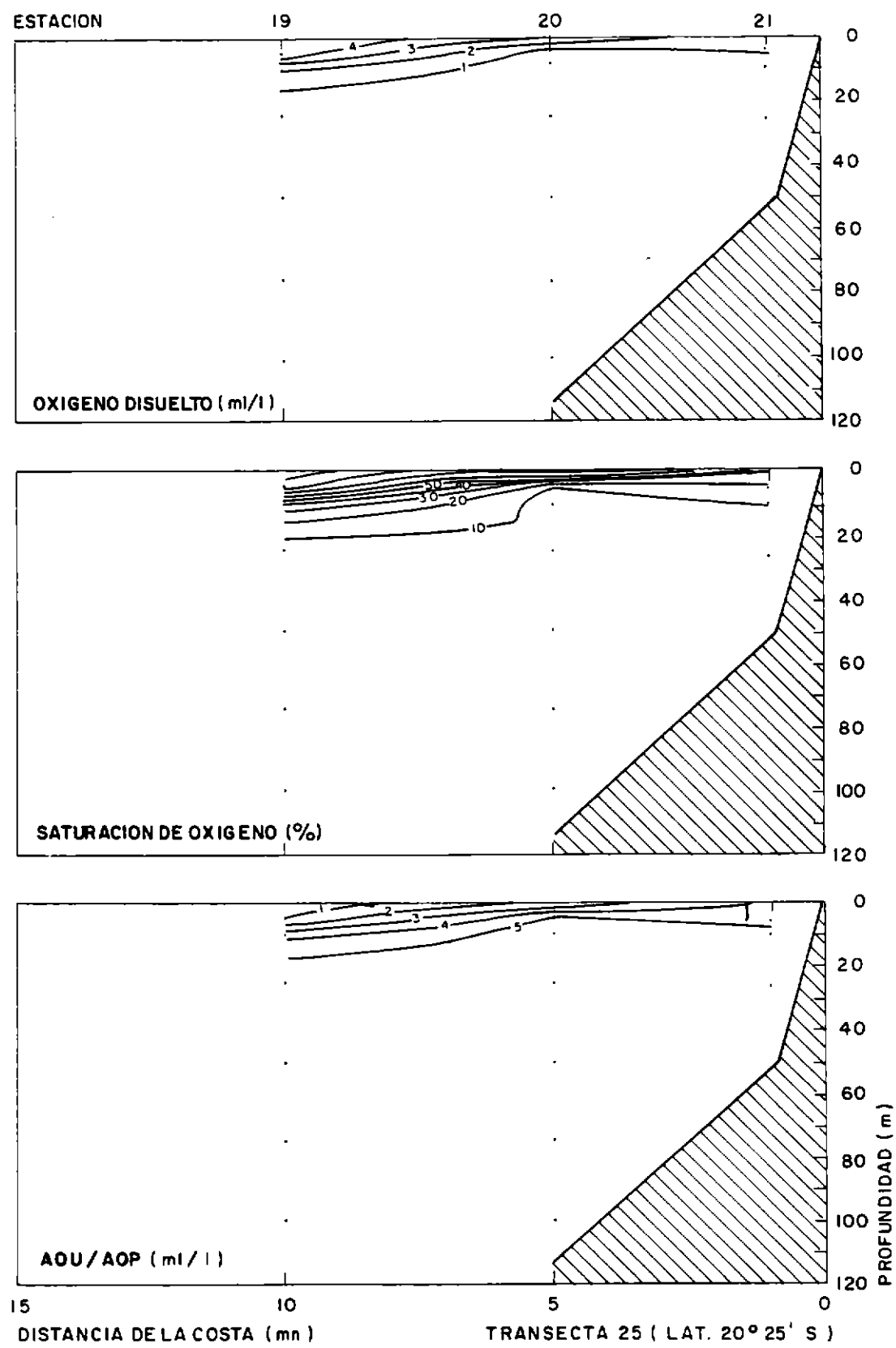


Figura 21. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l), la AOU/AOP (ml/l) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 25 (Lat. 20° 25'S).



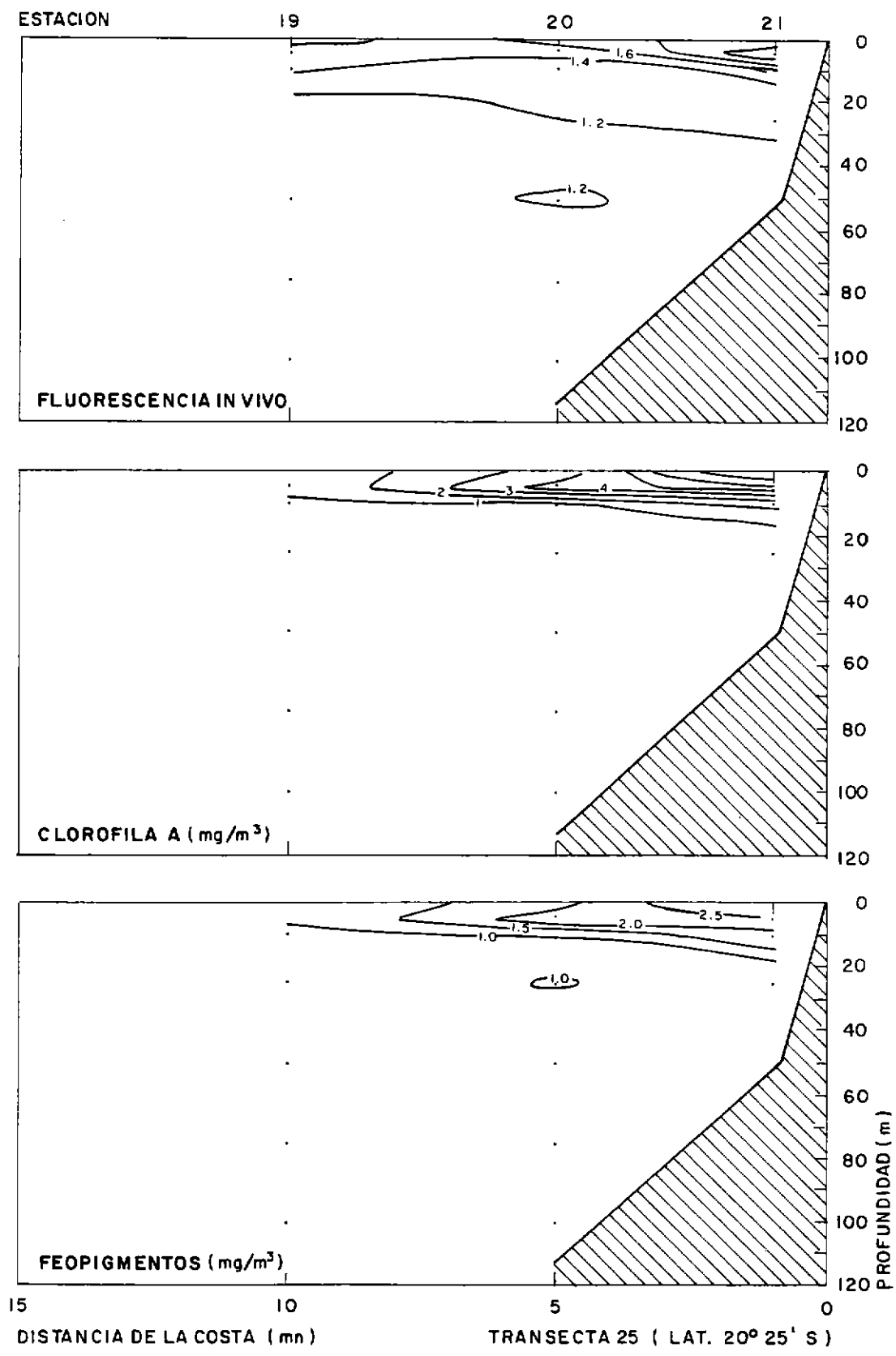


Figura 22. Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y los feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>), en la transecta 25 (Lat. 20° 25' S).

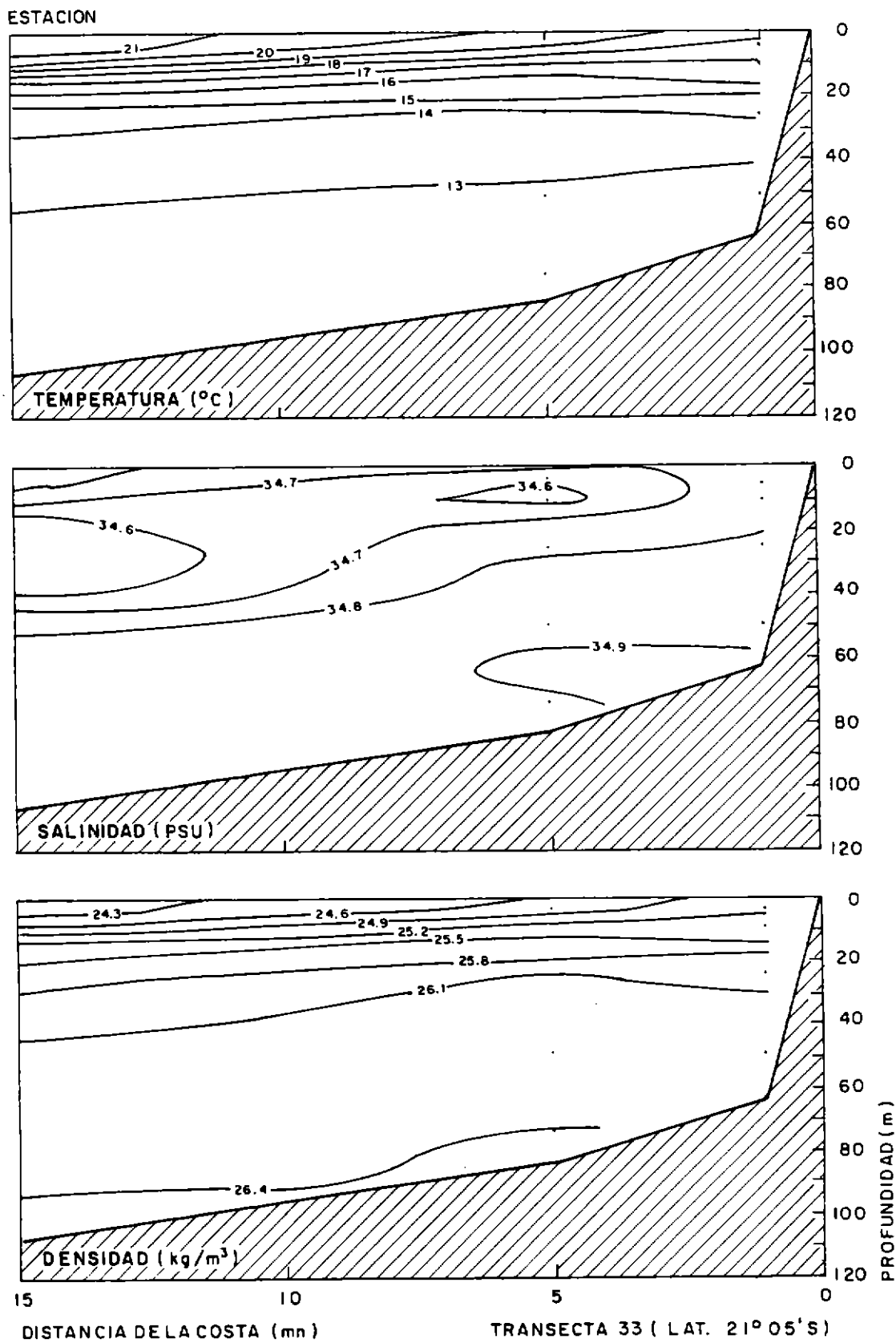


Figura 23. Distribución vertical de la temperatura (°C), la salinidad (PSU), y la densidad (kg/m<sup>3</sup>), en la transecta 33 (Lat. 21° 05'S).

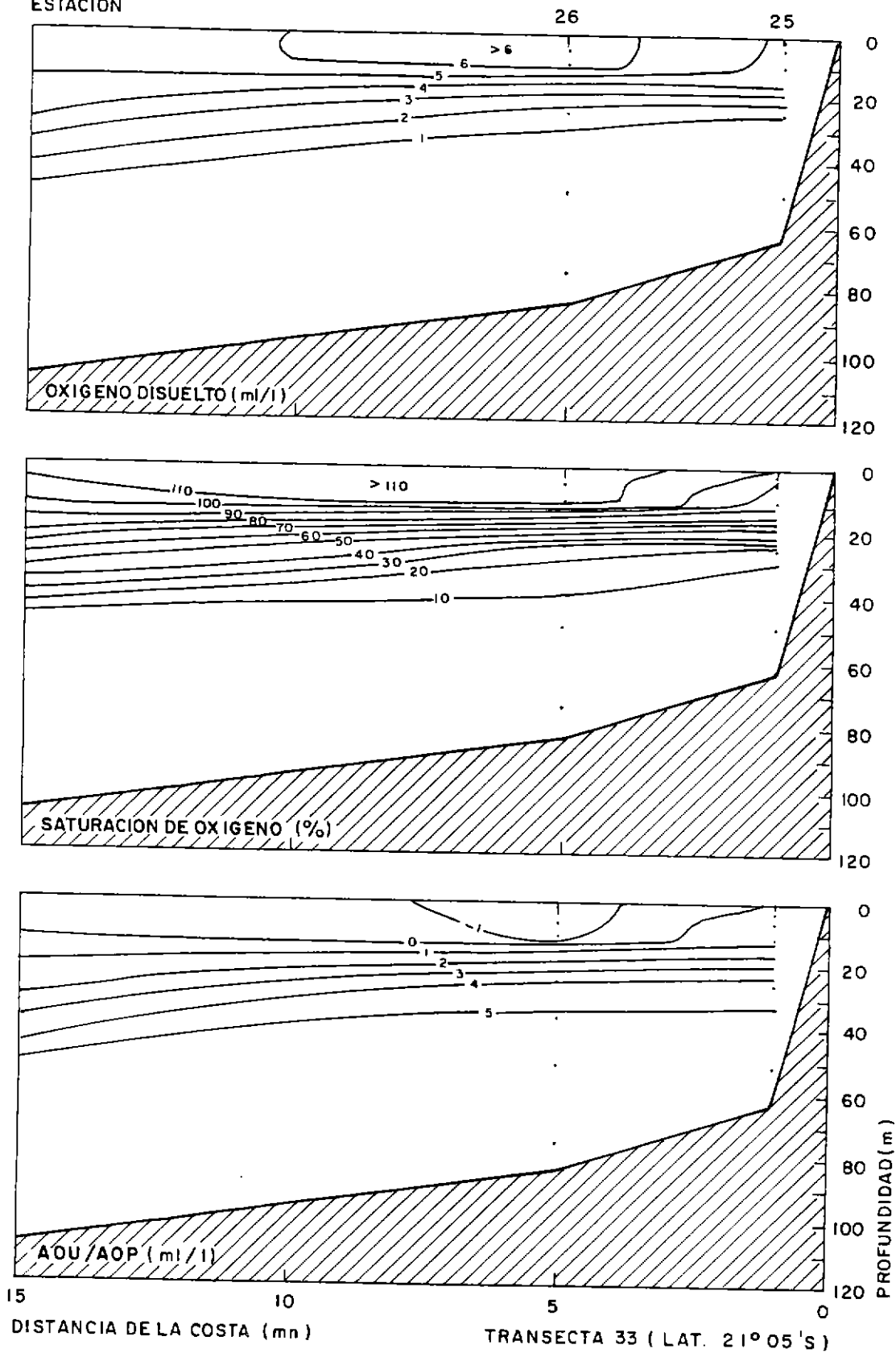


Figura 24. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l), la AOU/AOP (ml/l) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 33 (Lat. 21° 05'S).

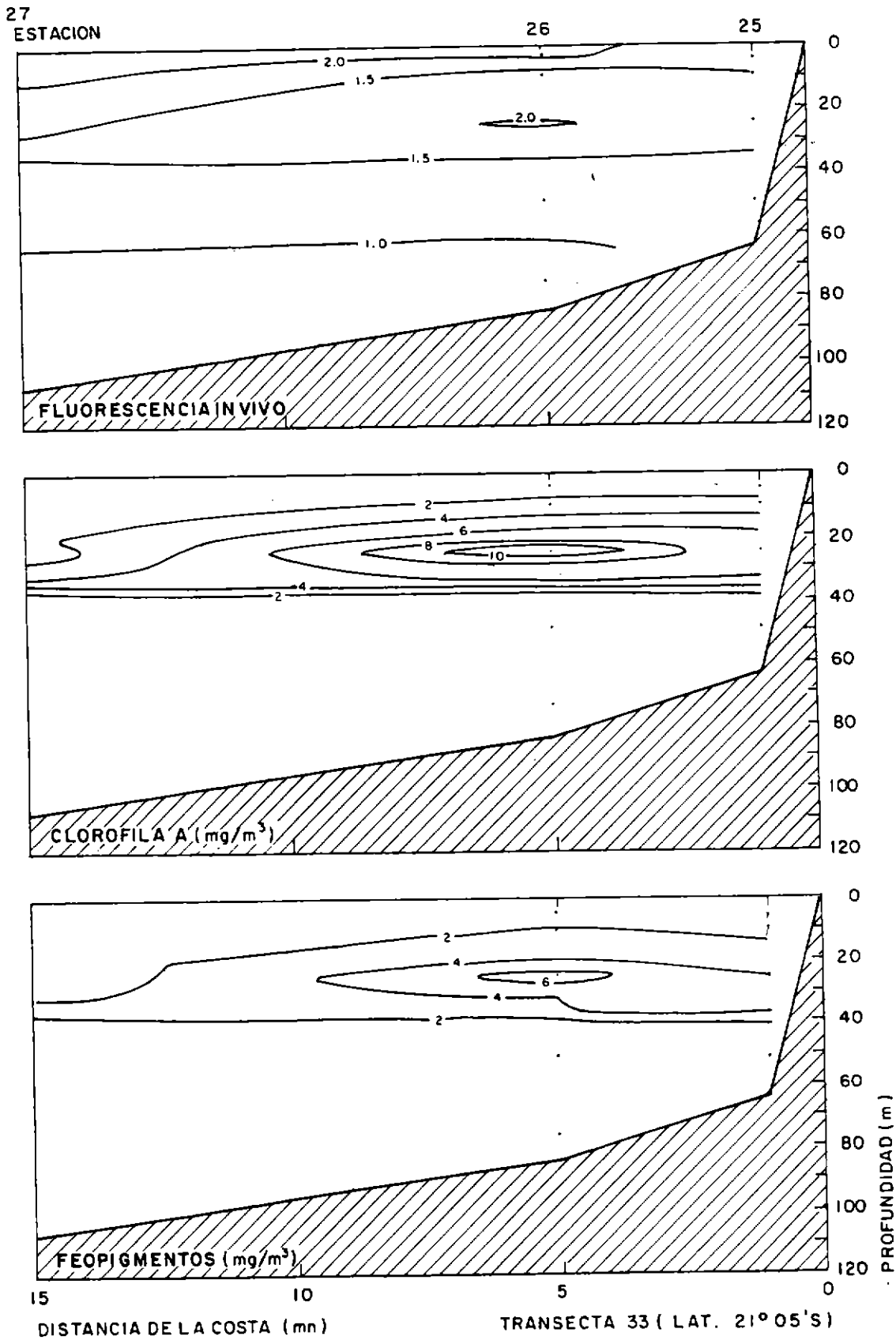
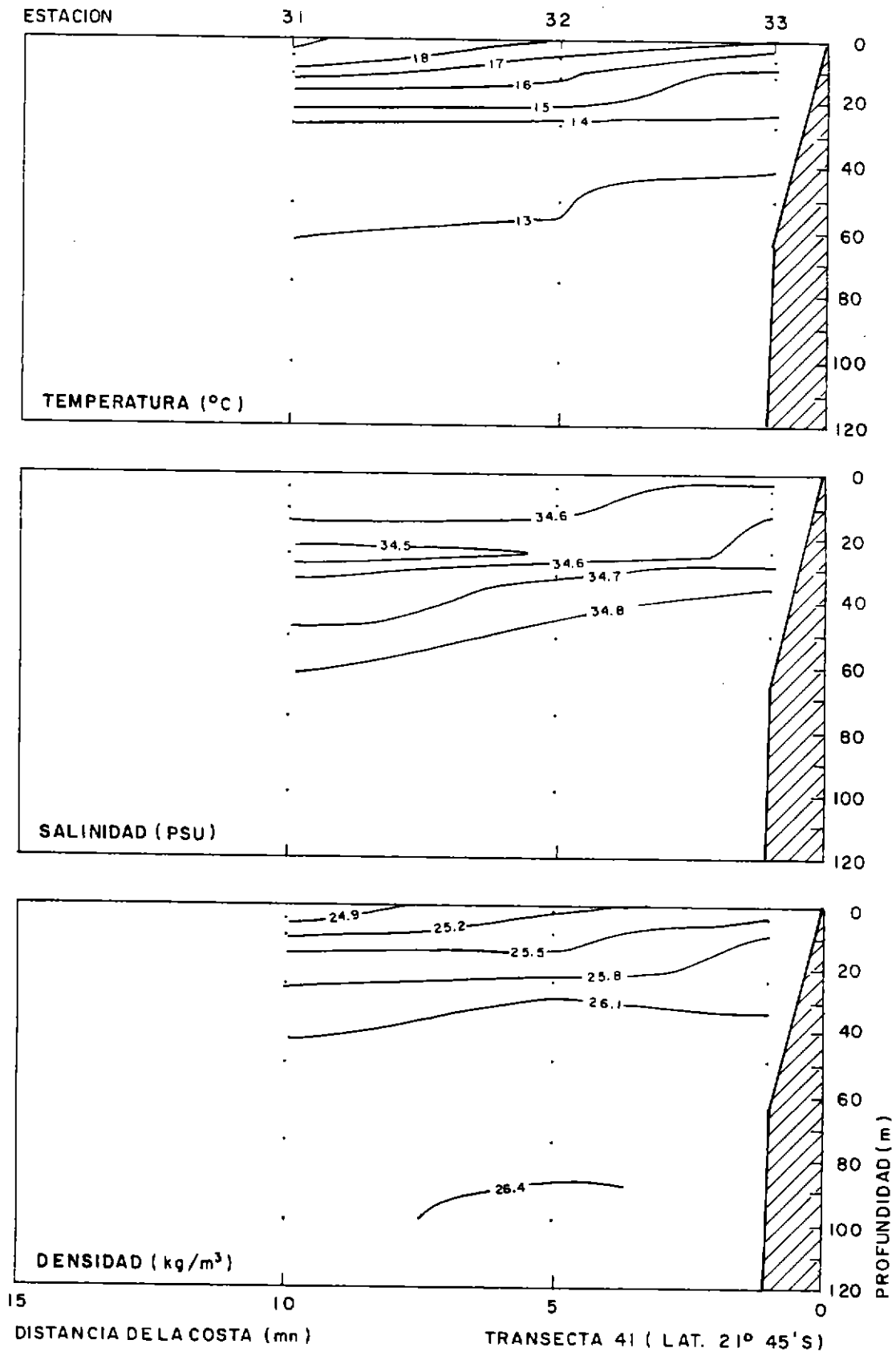


Figura 25. Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 33 (Lat. 21° 05'S).



**Figura 26.** Distribución vertical de la temperatura (°C), la salinidad (PSU), y la densidad (kg/m<sup>3</sup>), en la transecta 41 (Lat. 21° 45'S).

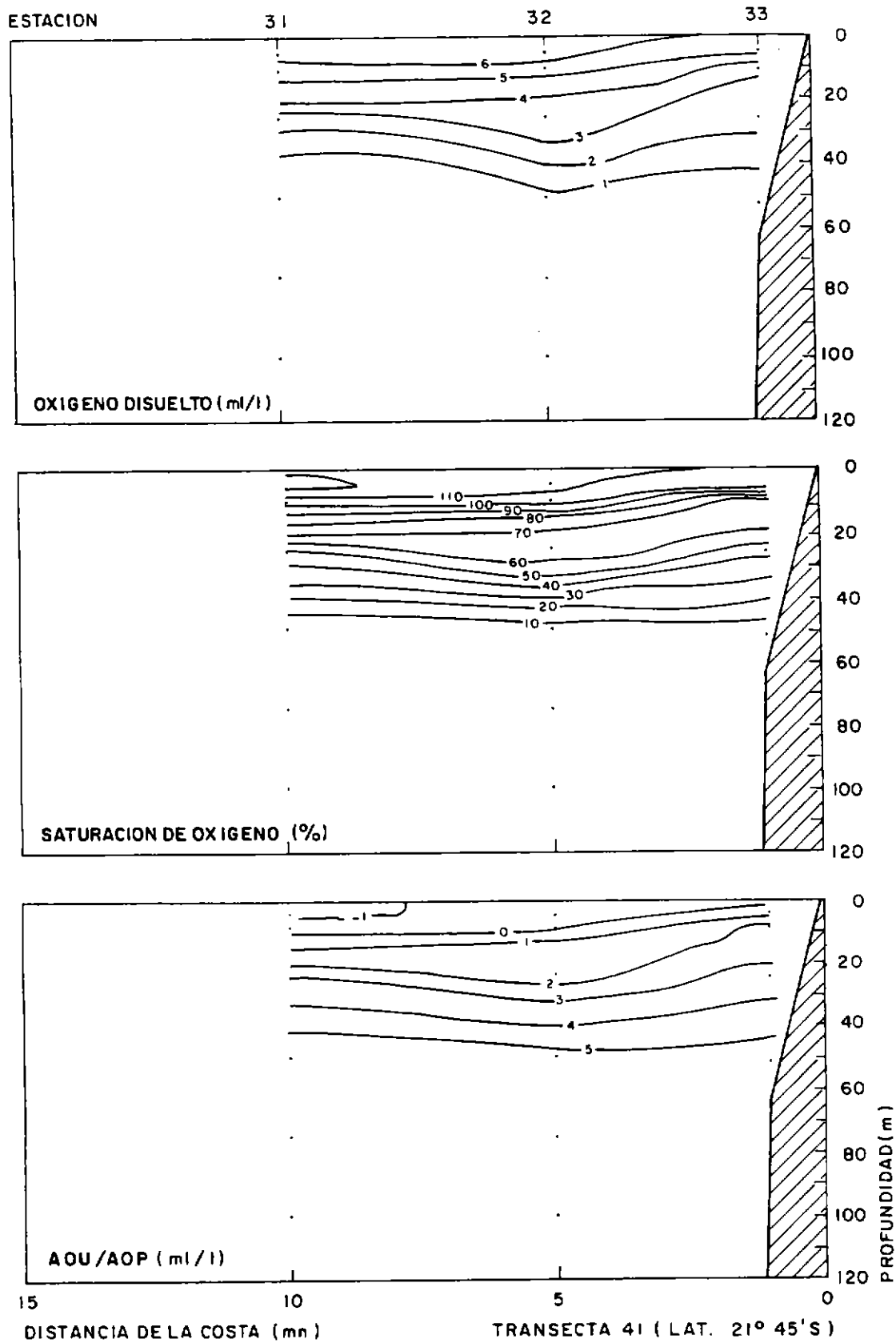
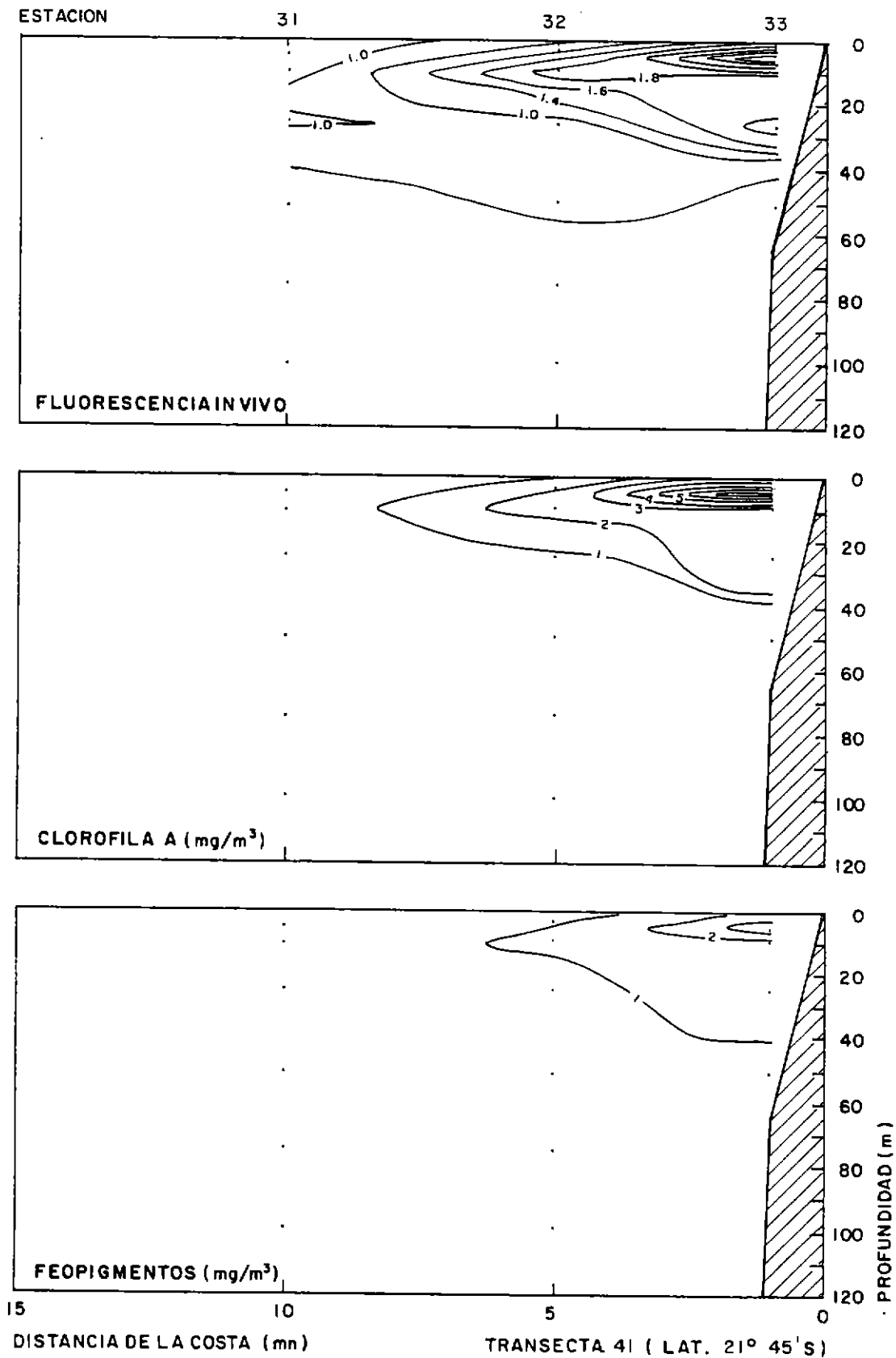


Figura 27. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l), la AOU/AOP (ml/l) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 41 (Lat. 21° 45'S).



**Figura 28.** Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 41 (Lat.  $21^\circ 45' \text{S}$ ).

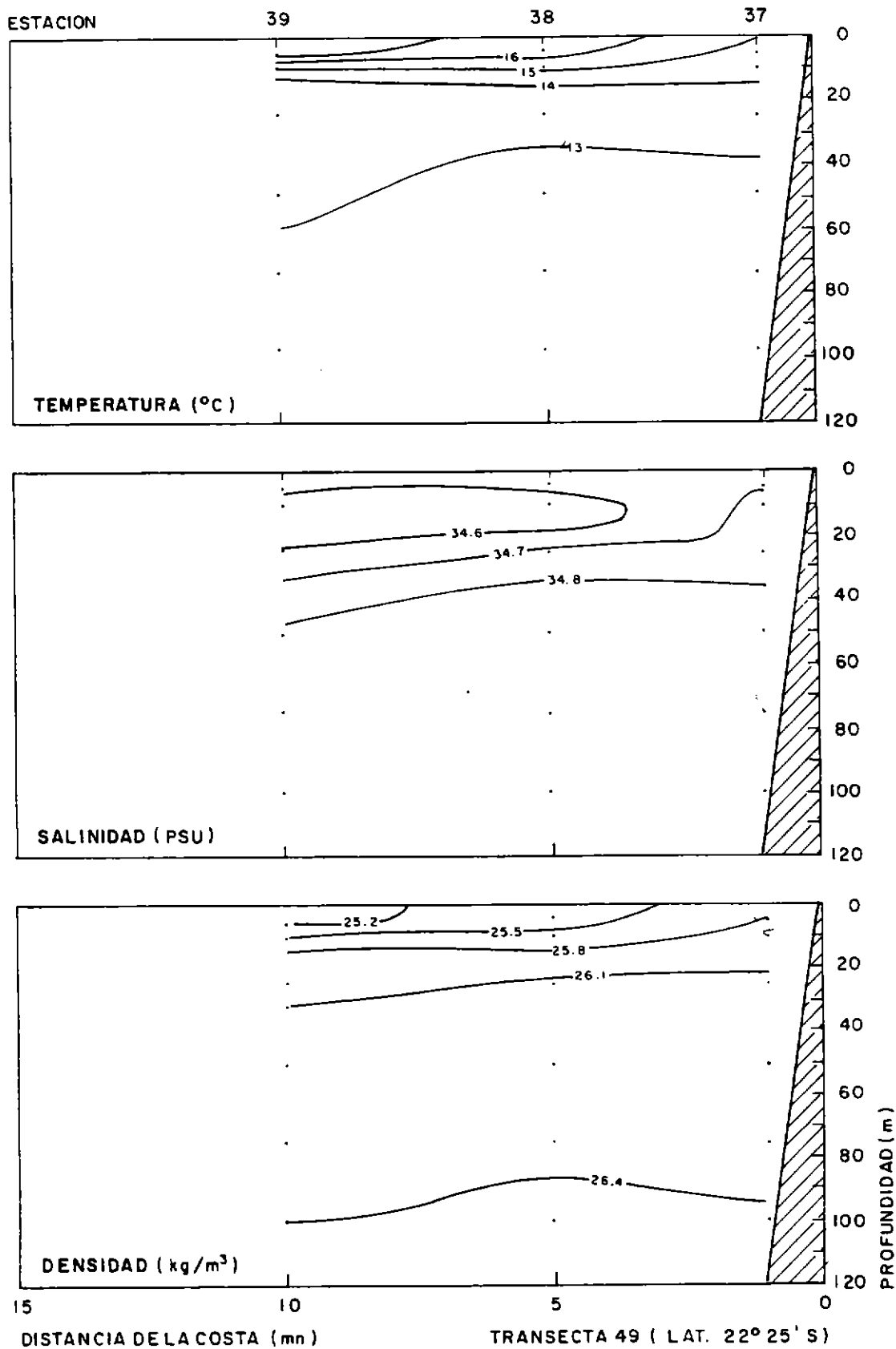


Figura 29. Distribución vertical de la temperatura (°C), la salinidad (PSU), y la densidad (kg/m<sup>3</sup>), en a transecta 49 (Lat. 22° 25'S).



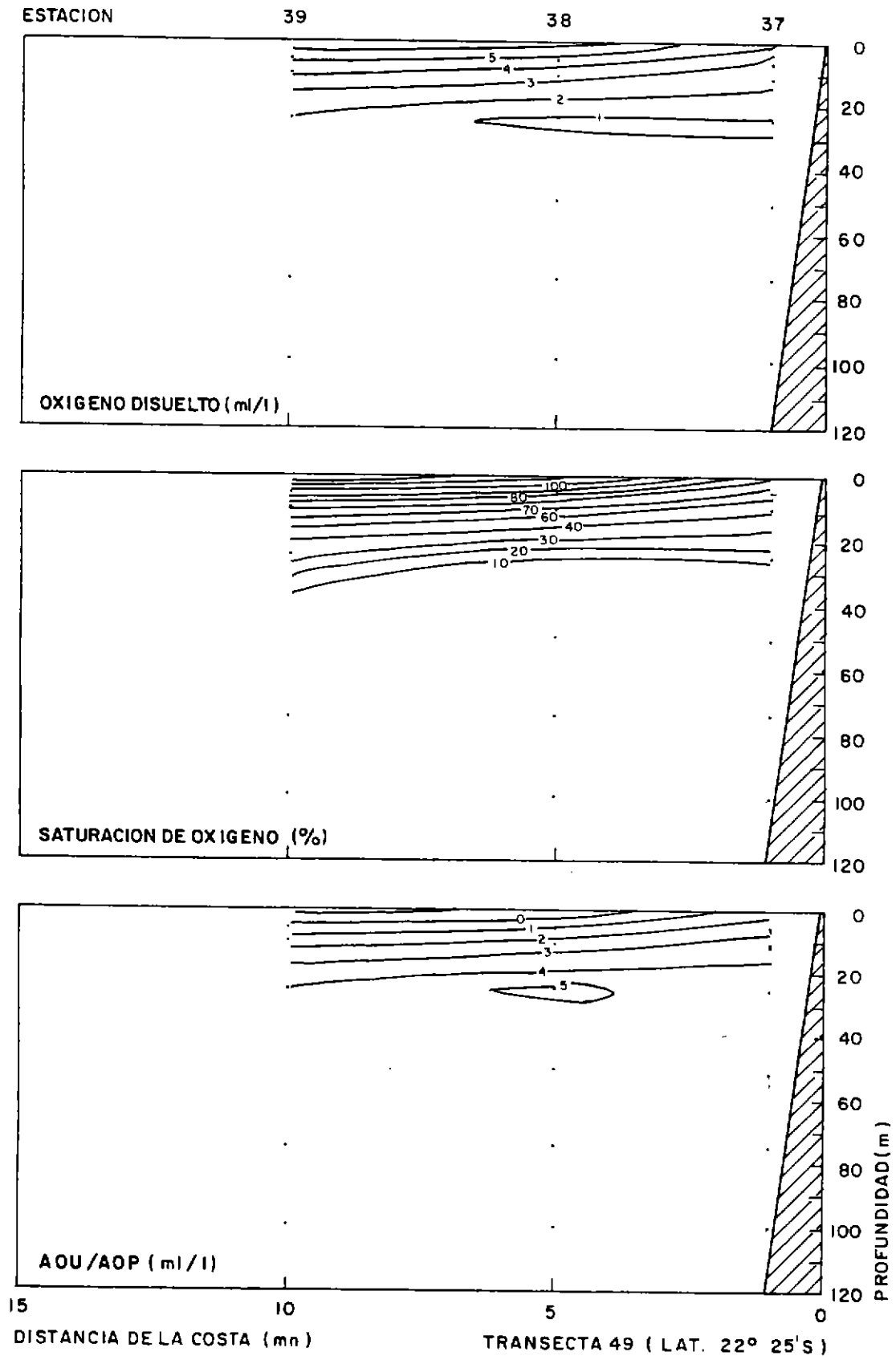


Figura 30. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l), la AOU/AOP (ml/l) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 49 (Lat. 22° 25'S).

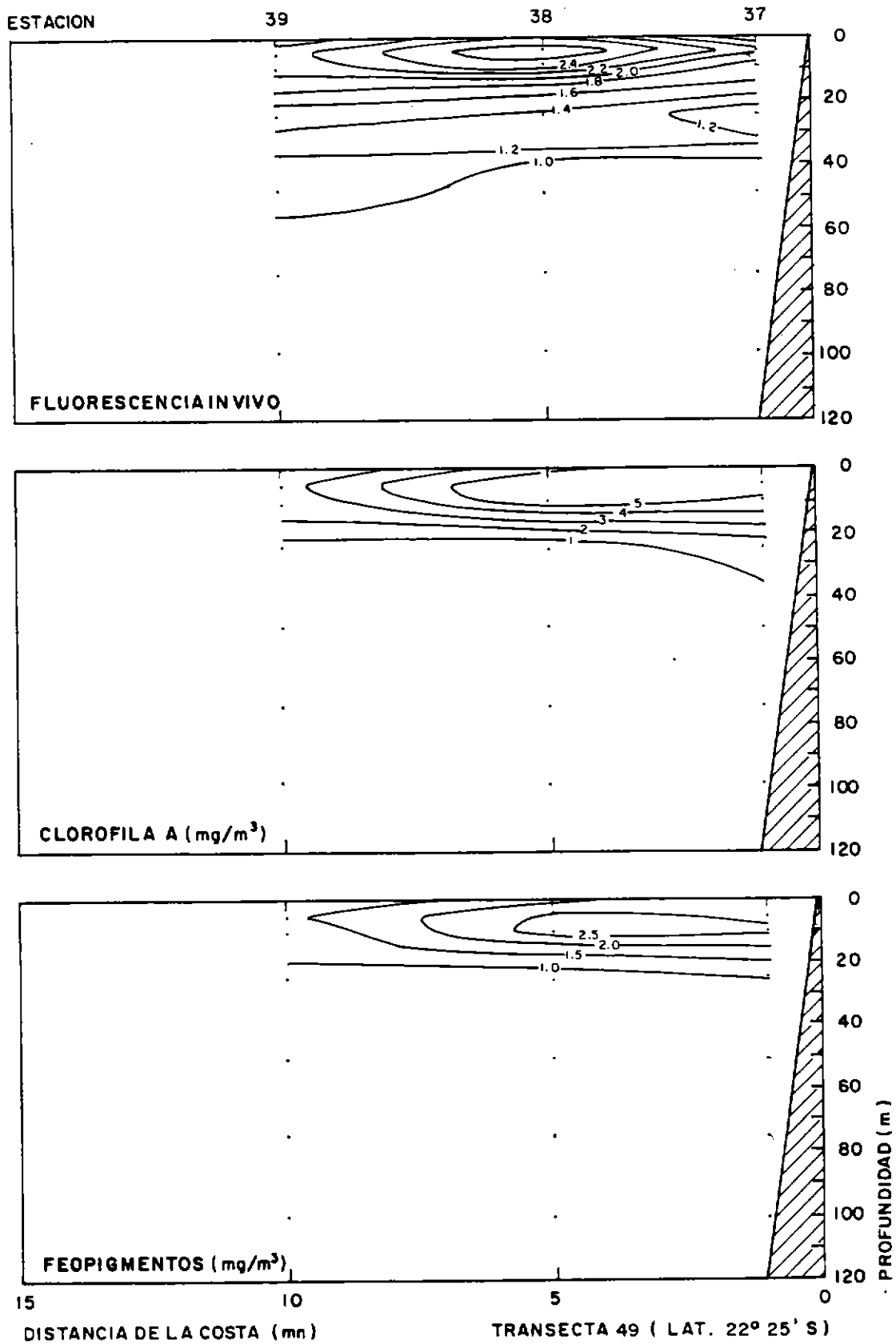


Figura 31. Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y los feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>), en la transecta 49 (Lat. 22° 25'S).

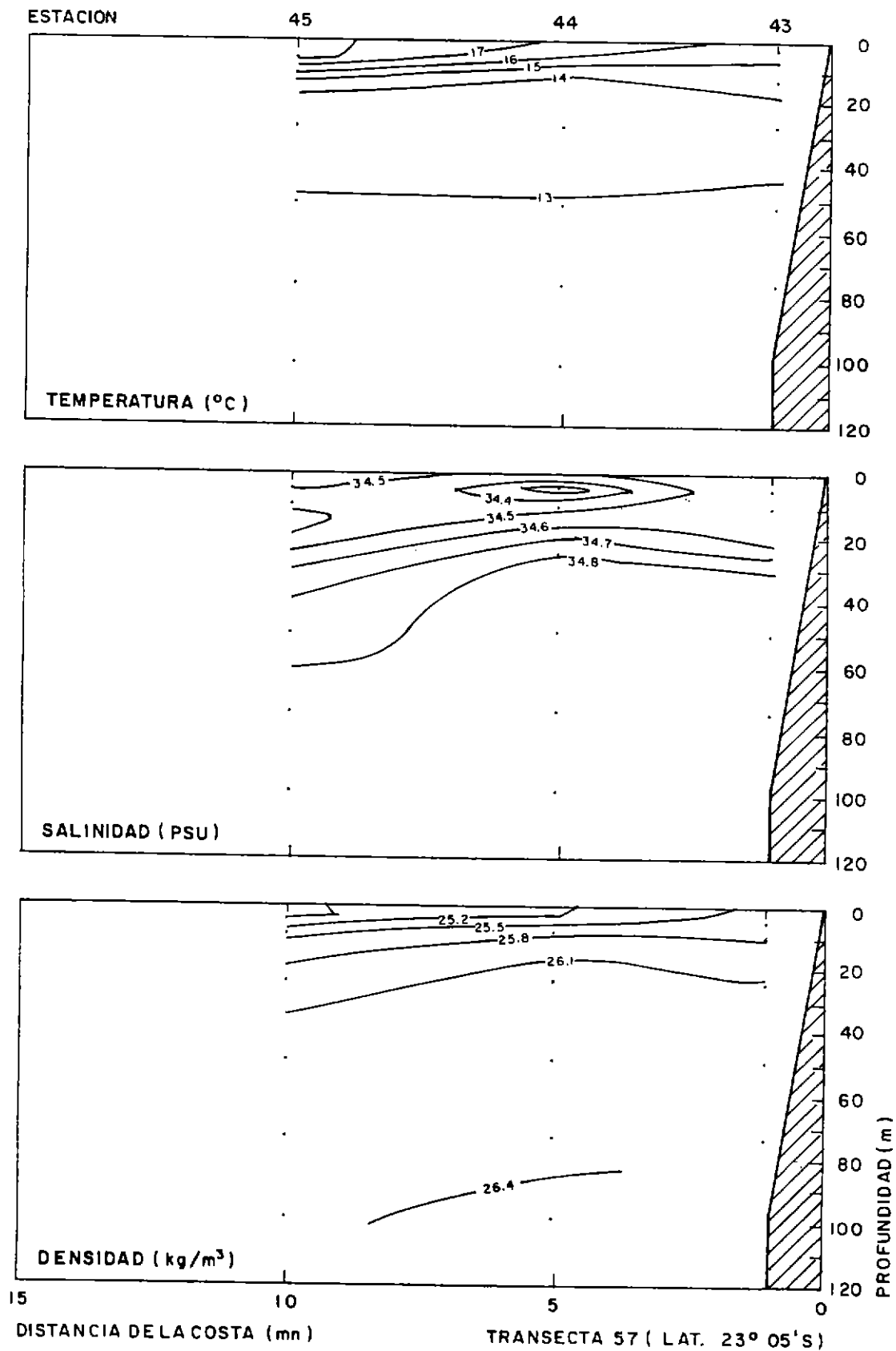


Figura 32. Distribución vertical de la temperatura (°C), la salinidad (PSU), y la densidad (kg/m<sup>3</sup>), en la transecta 57 (Lat. 23° 05'S).

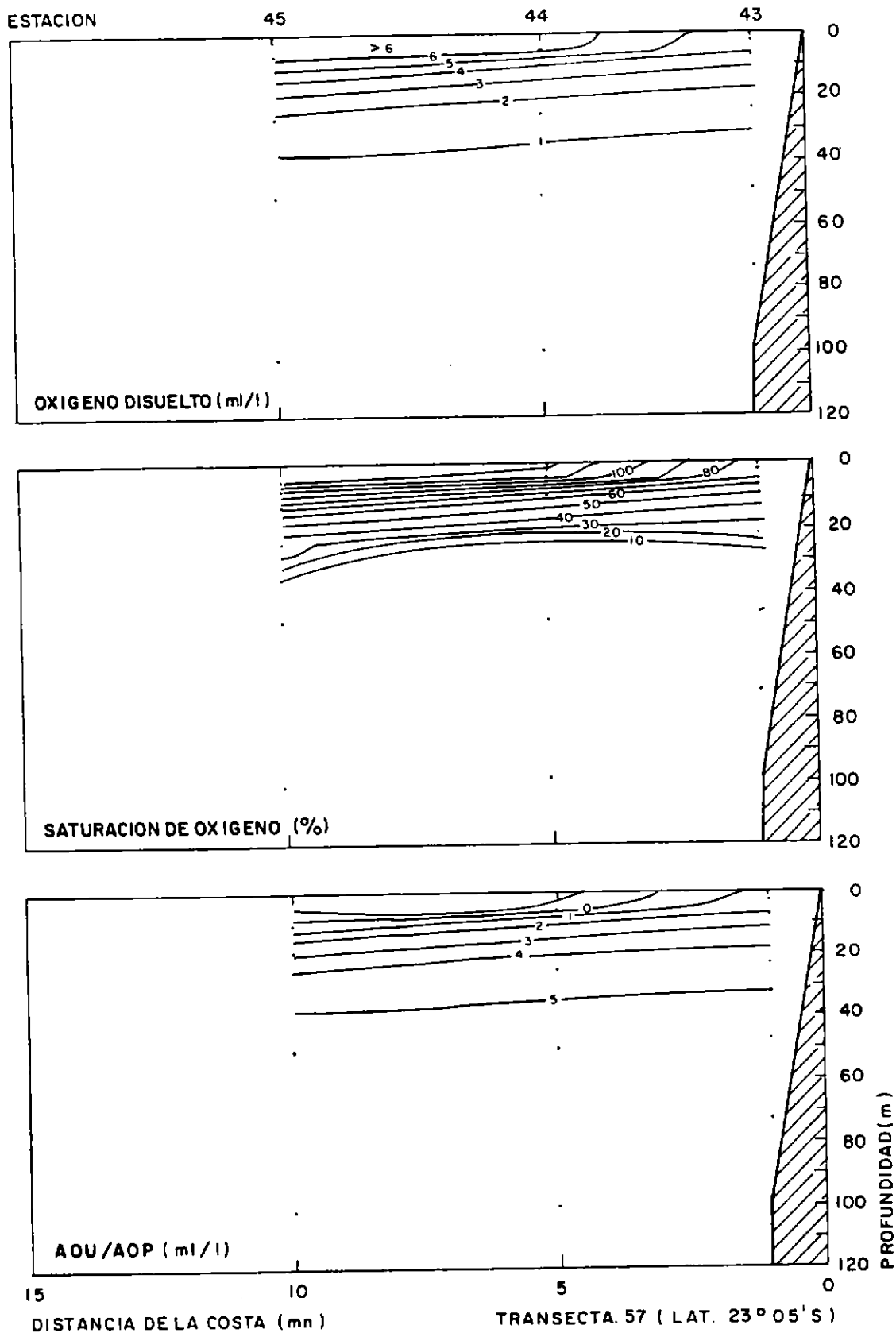


Figura 33. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l), la AOU/AOP (ml/l) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%), en la transecta 57 (Lat. 23° 05'S).

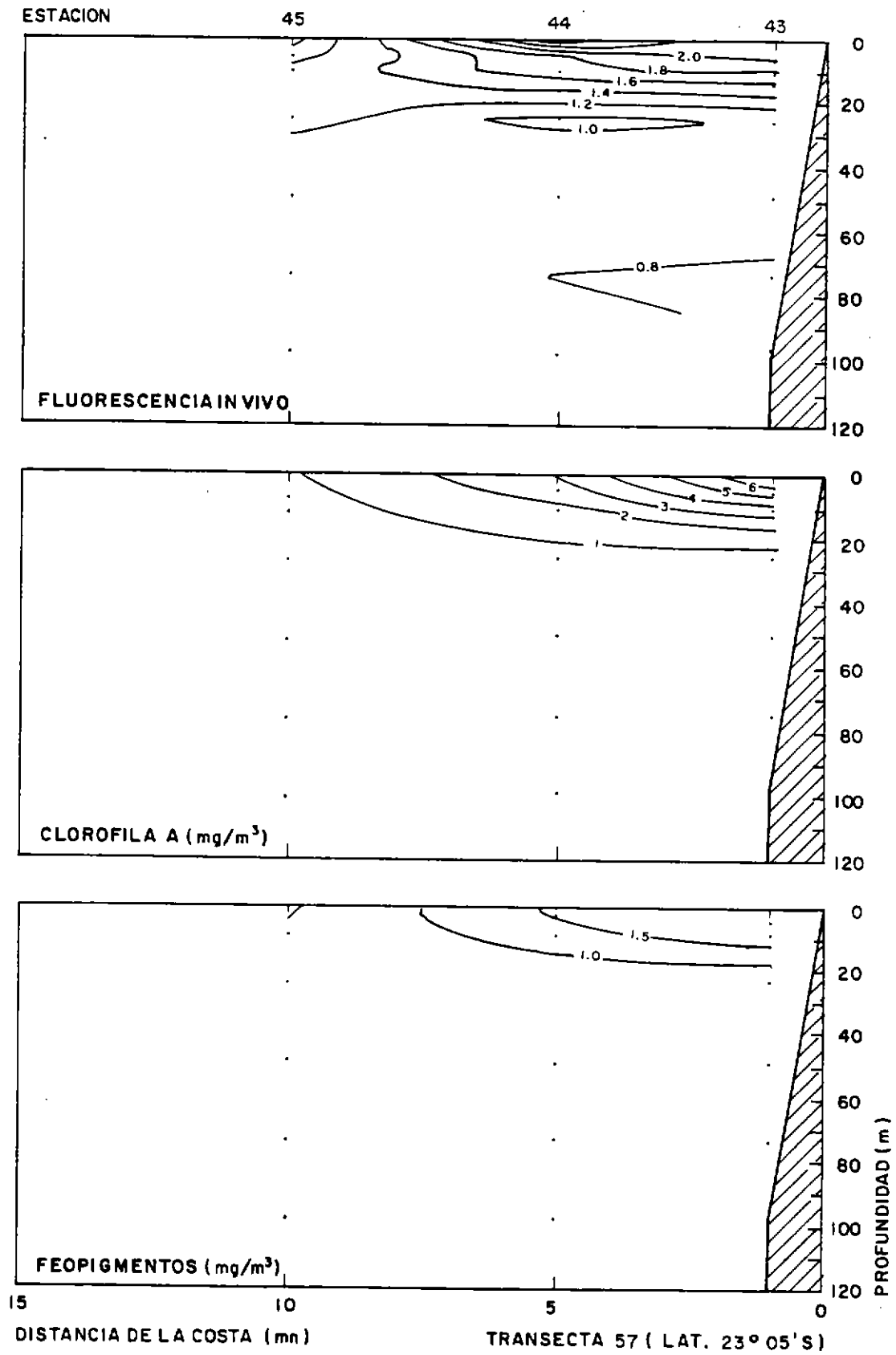
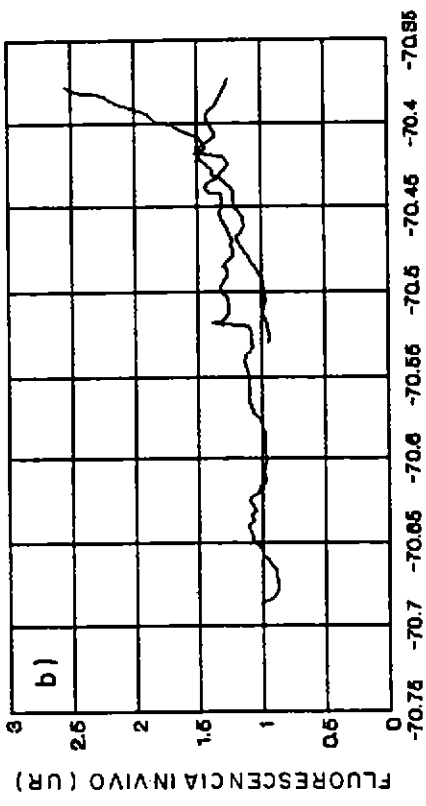
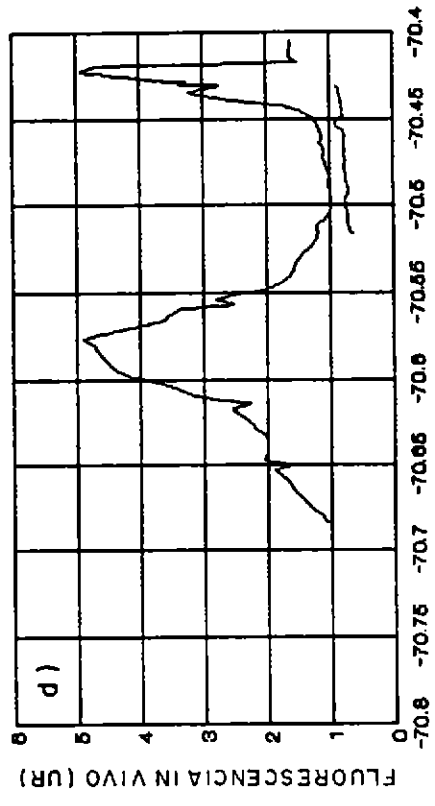
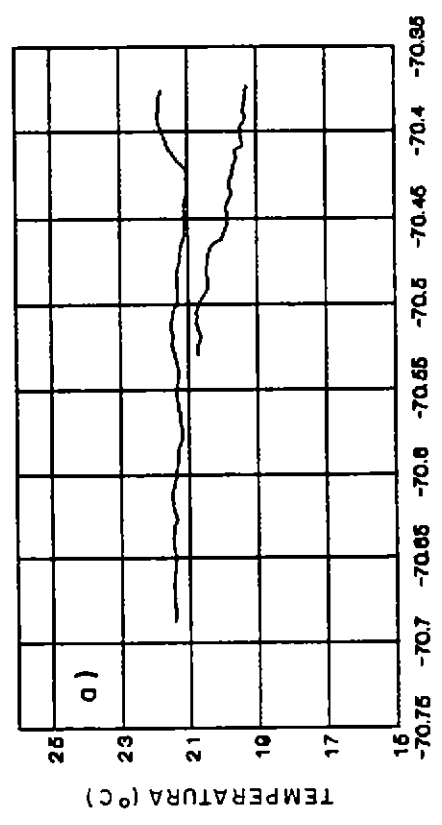


Figura 34. Distribución vertical de la fluorescencia in vivo (UR), la clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y los feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), en la transecta 57 (Lat.  $23^\circ 05'S$ ).



TRANSECTA 1 ( Lot. 18° 23' S )



TRANSECTA 5 ( Lot. 18° 41' S )

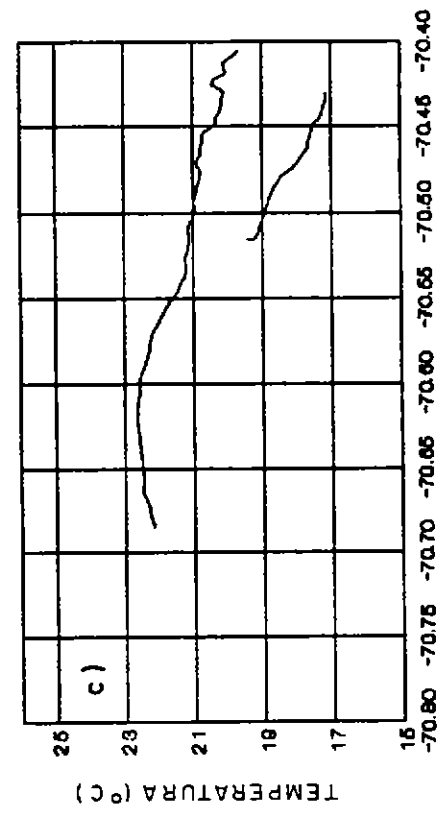
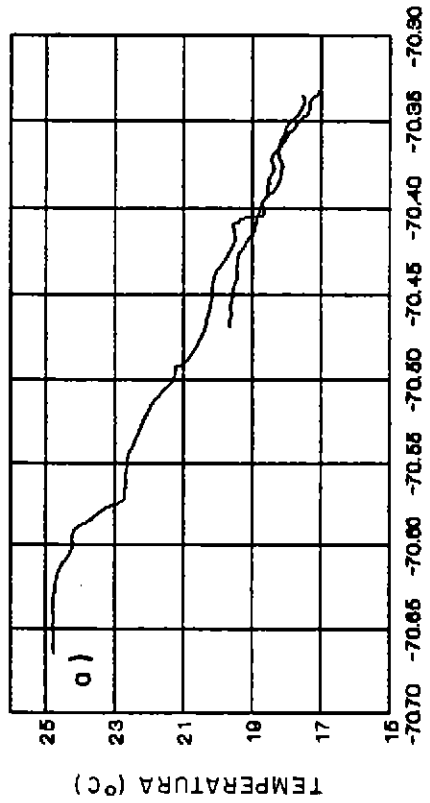
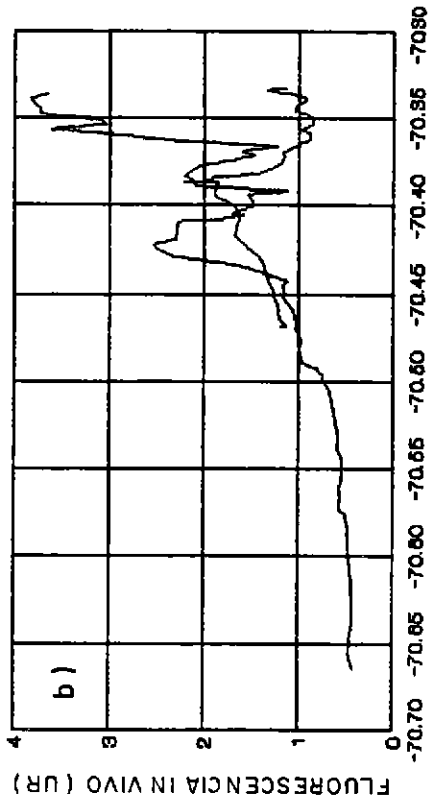
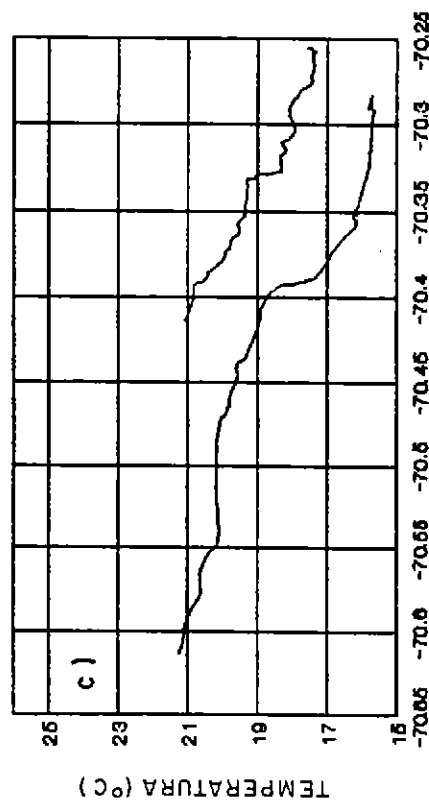
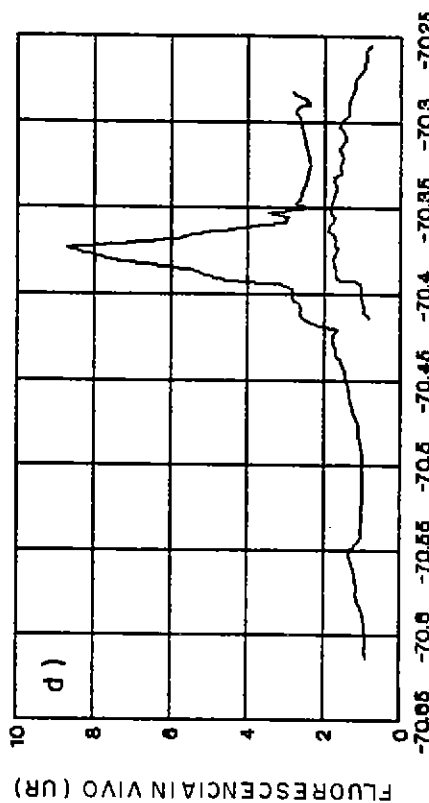


Figura 35. Diagramas de distribución horizontal, en perfiles continuos, de la temperatura (°C)(a y c) y la fluorescencia in vivo (UR) (b y d), en las transectas 1 (Lat. 18° 23'S) y 5 (Lat. 18° 41'S).

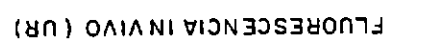
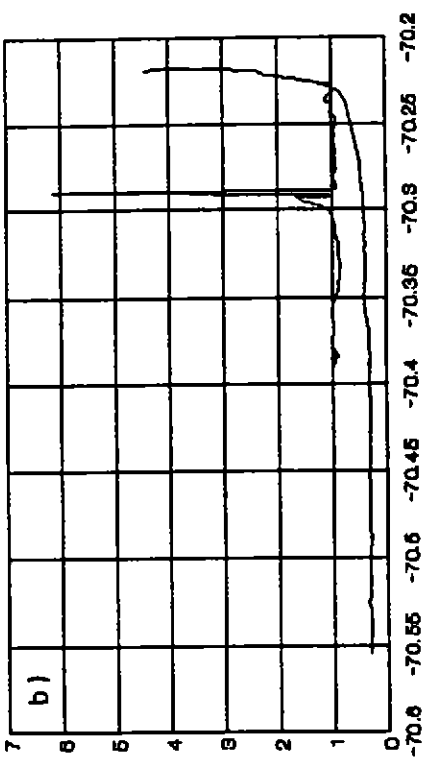


TRANSECTA 9 ( Lat. 19° 01' S )

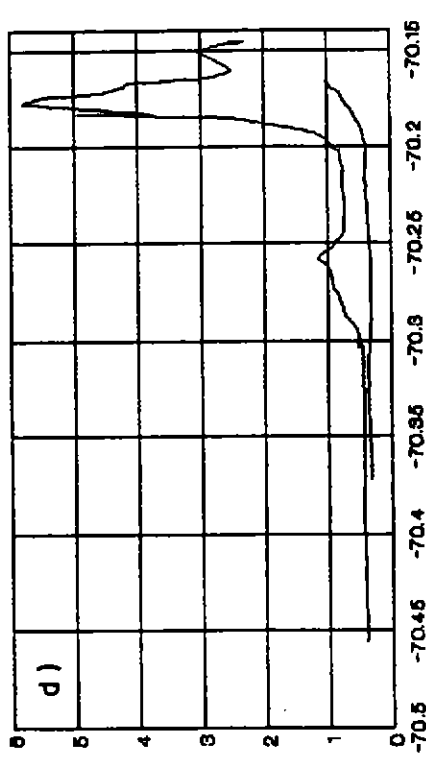
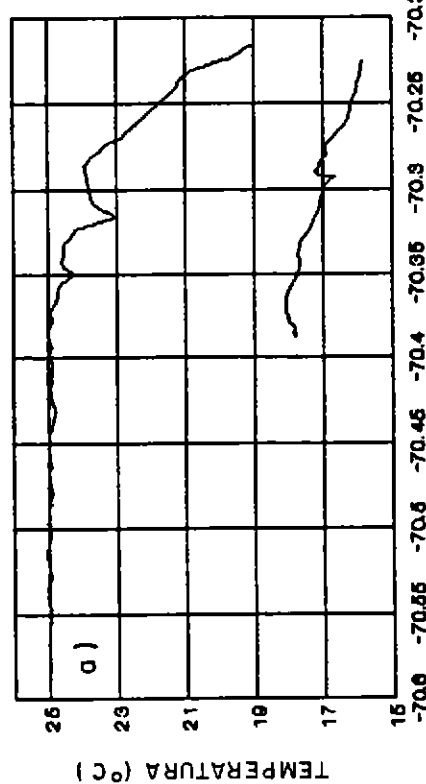


TRANSECTA 13 ( Lat. 19° 21' S )

Figura 36. Diagramas de distribución horizontal, en perfiles continuos, de la temperatura (°C)(a y c) y la fluorescencia in vivo (UR)(b y d) en las transectas 9 (Lat. 19° 01'S) y 13 (Lat. 19° 21'S)



TRANSECTA 29 ( Lat. 20° 45' S )



TRANSECTA 33 ( Lat. 21° 05' S )

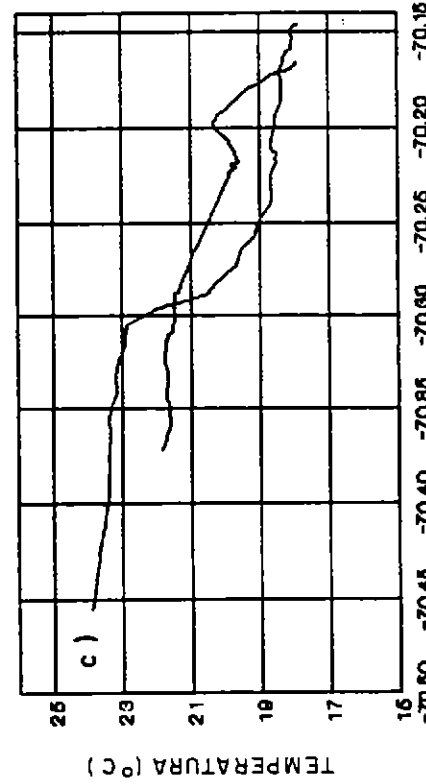
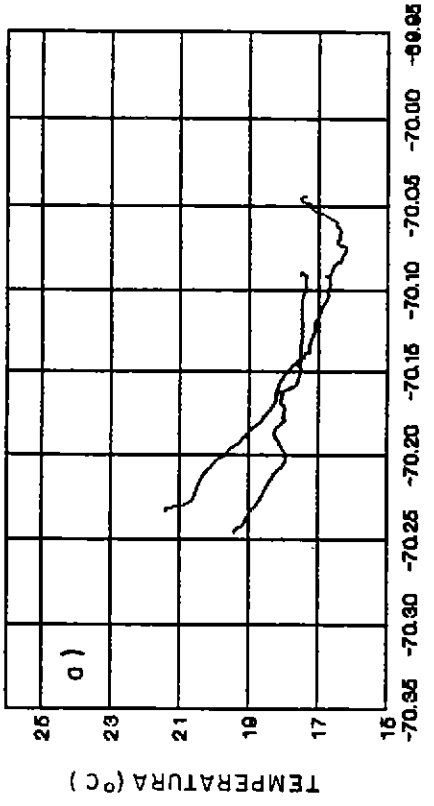
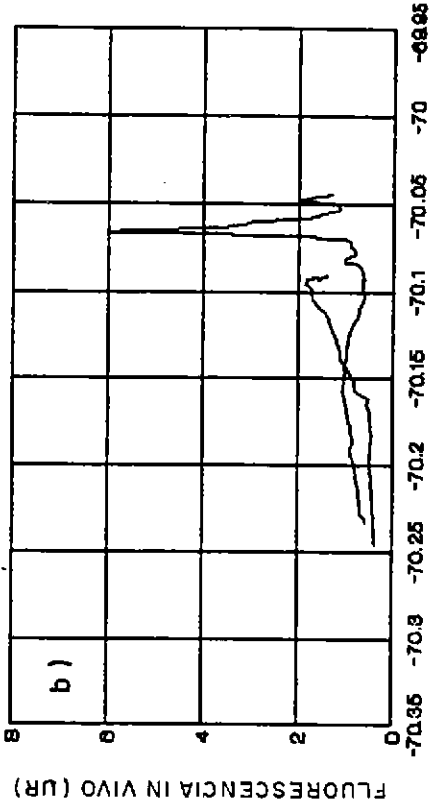
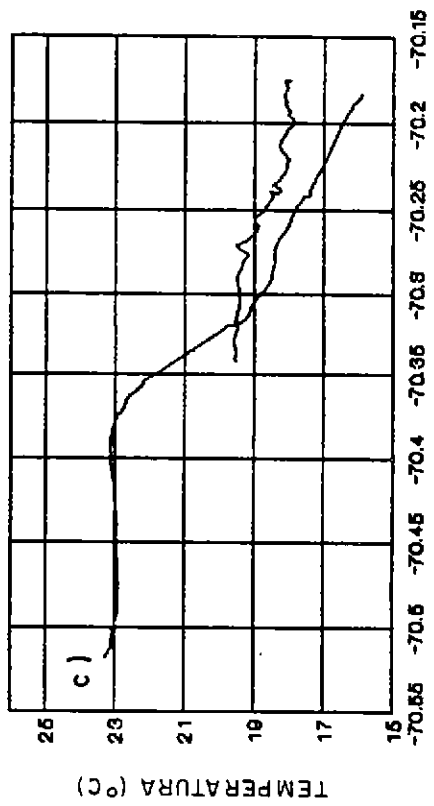
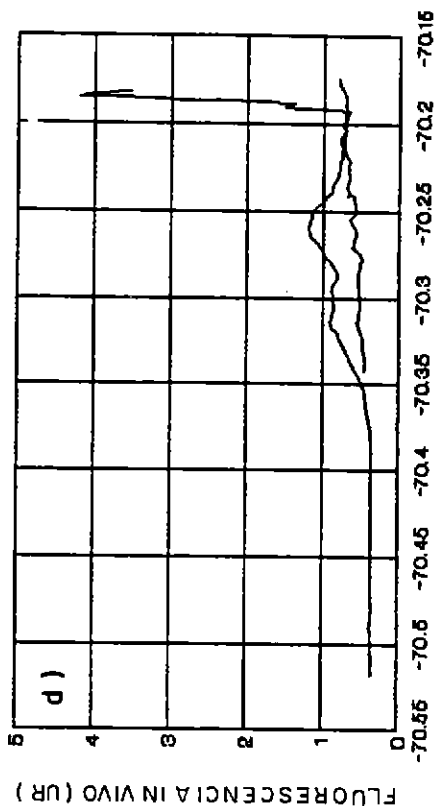


Figura 37. Diagramas de distribución horizontal, en perfiles continuos, de la temperatura (°C)(a y c) y la fluorescencia in vivo (UR)(b y d) en las transectas 29 (Lat. 20° 45'S) y 33 (Lat. 21° 05'S).



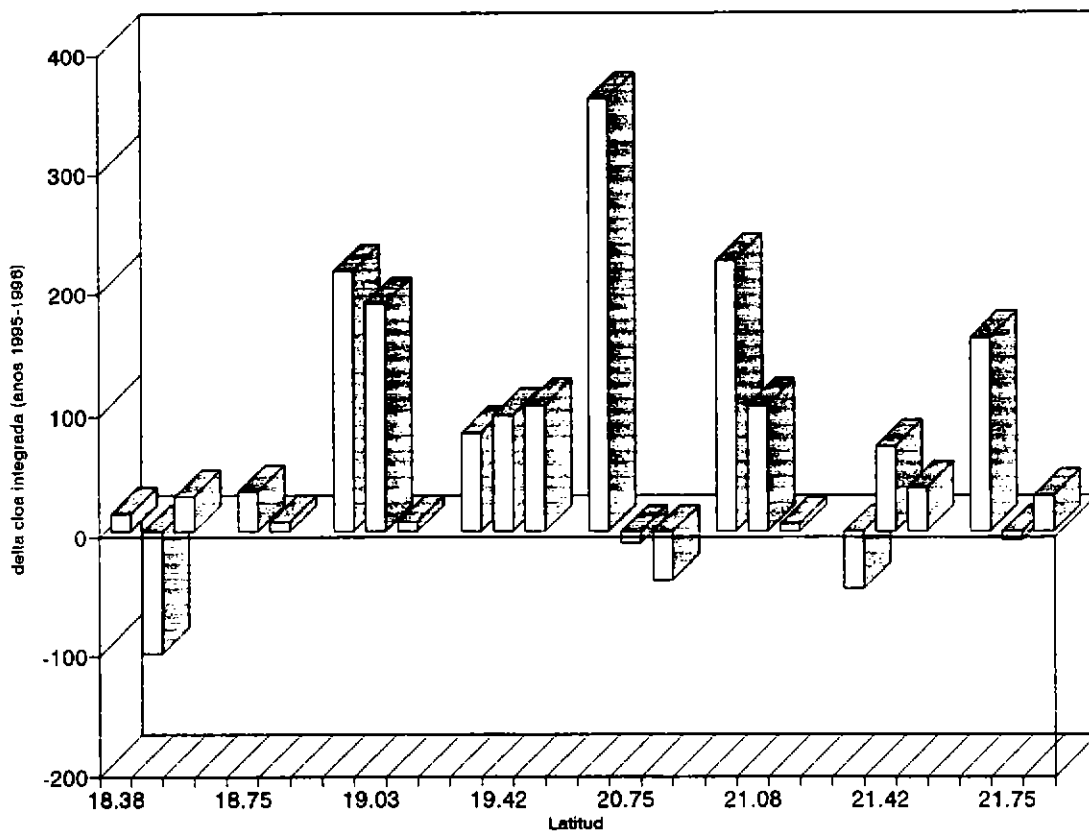


TRANSECTA 37 ( Lat. 21° 25' S )

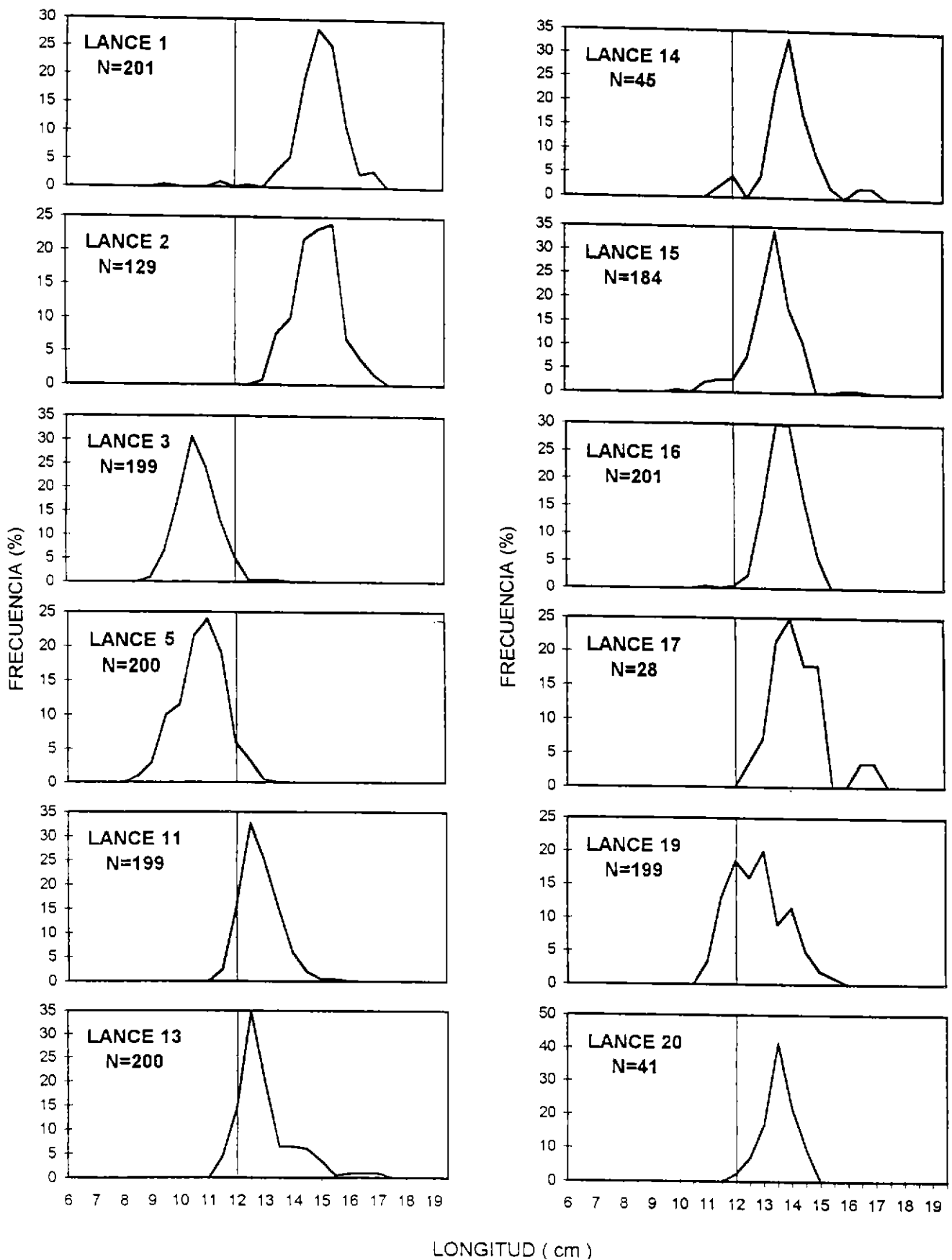


TRANSECTA 41 ( Lat. 21° 45' S )

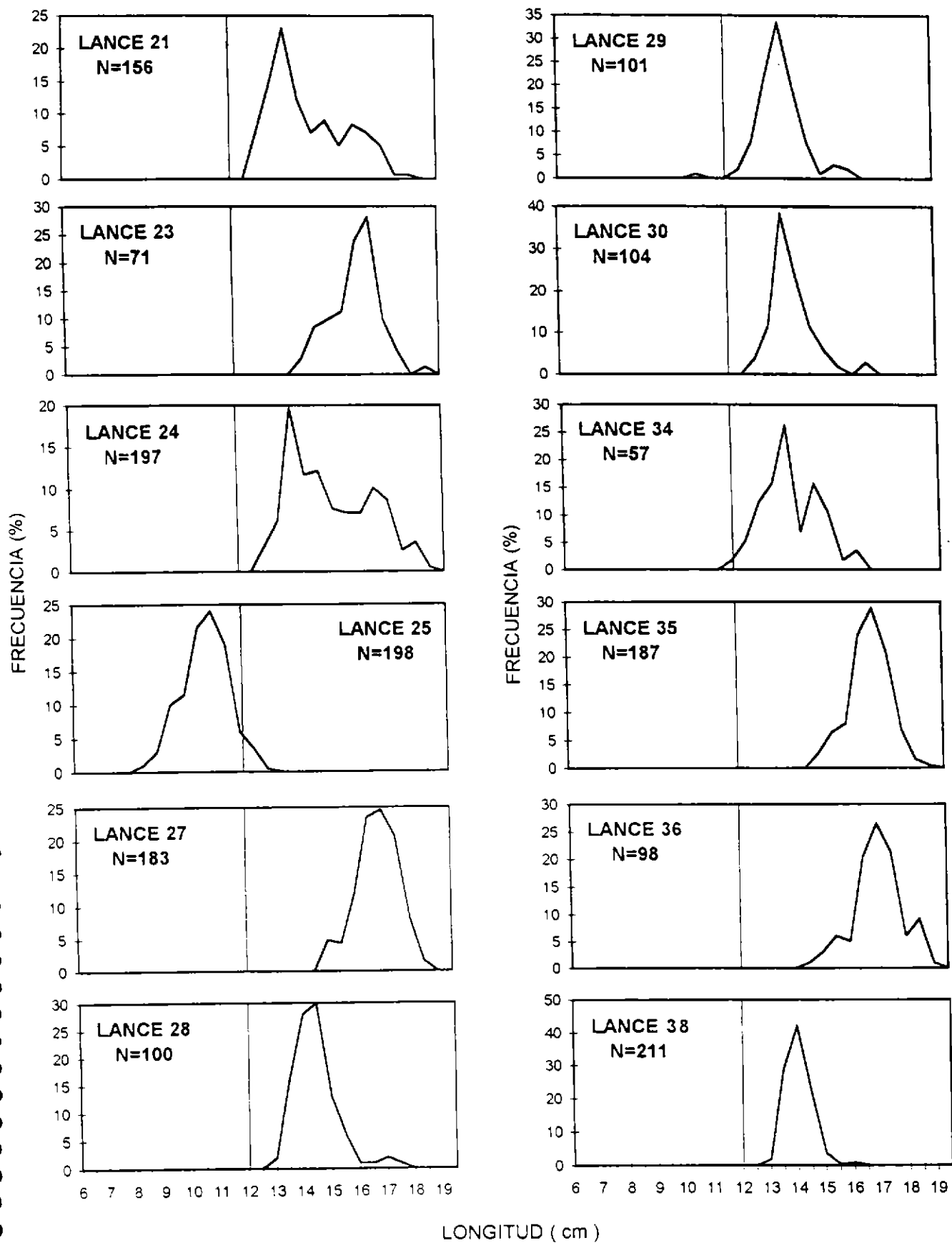
Figura 38. Diagramas de distribución horizontal, en perfiles continuos, de la temperatura (°C)(a y c) y la fluorescencia in vivo(UR)(b y d), en las transectas 37 (Lat. 21° 25'S) y 41 (Lat. 21° 45'S).



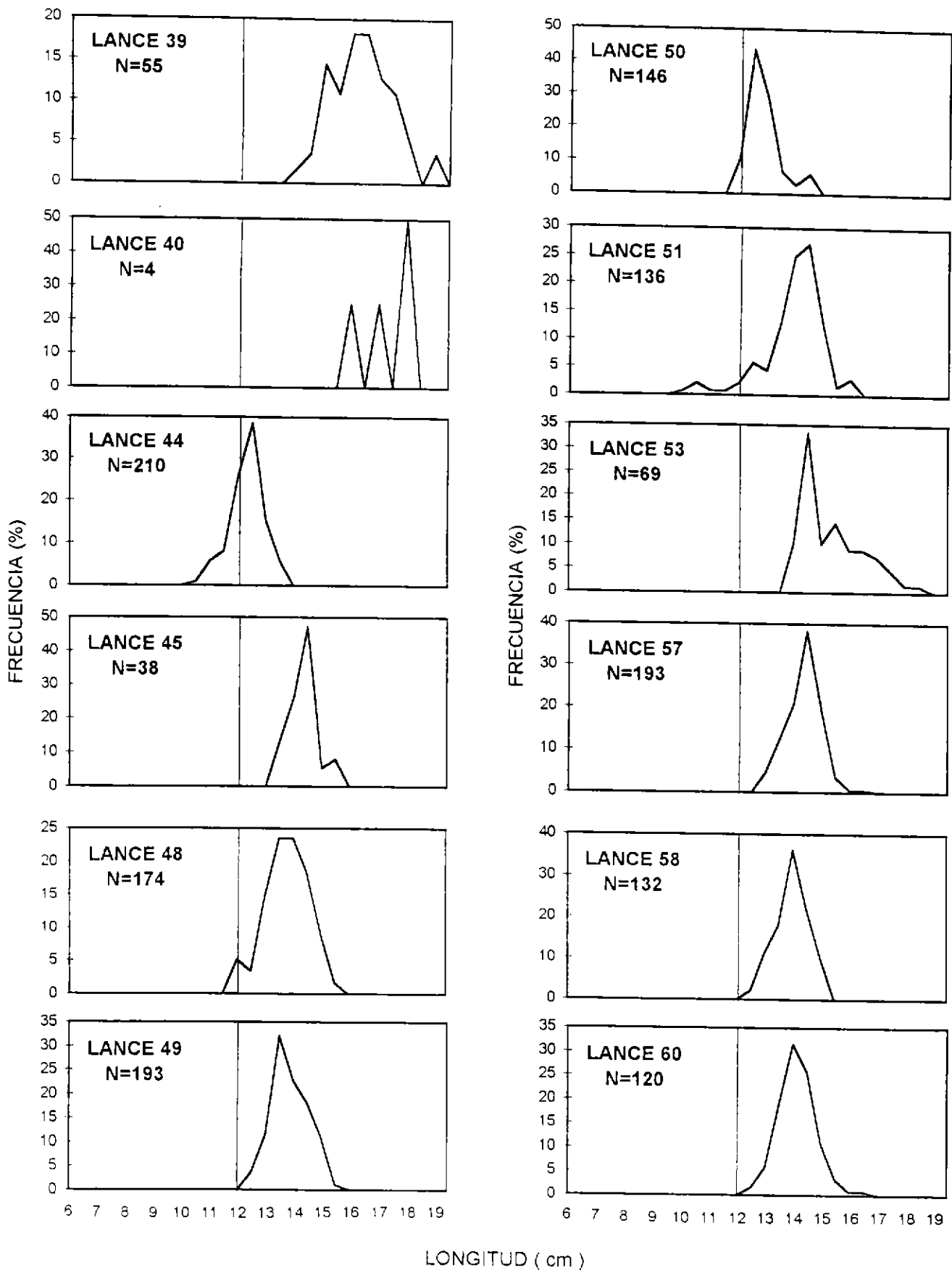
**Figura 39.** Variación interanual latitudinal de la clorofila a integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ), expresada como el delta entre el año 1995 menos el 1996.



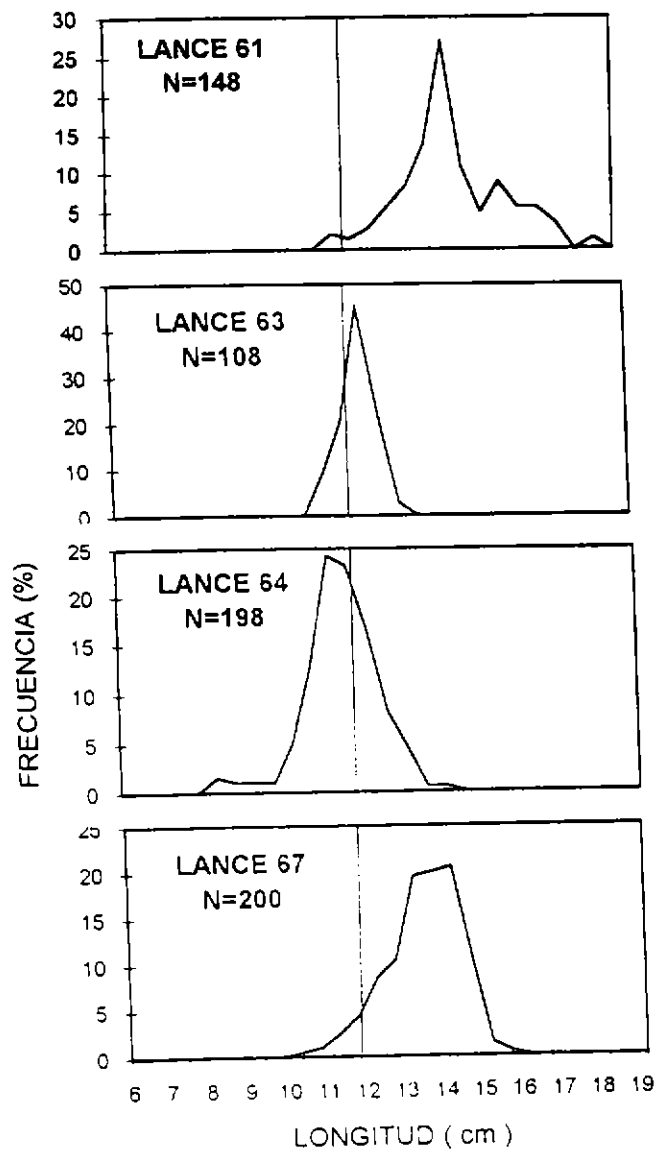
**Figura 40.** Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de mediana en la zona de Arica (lances 1-5) e Iquique (lances 6-20). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.



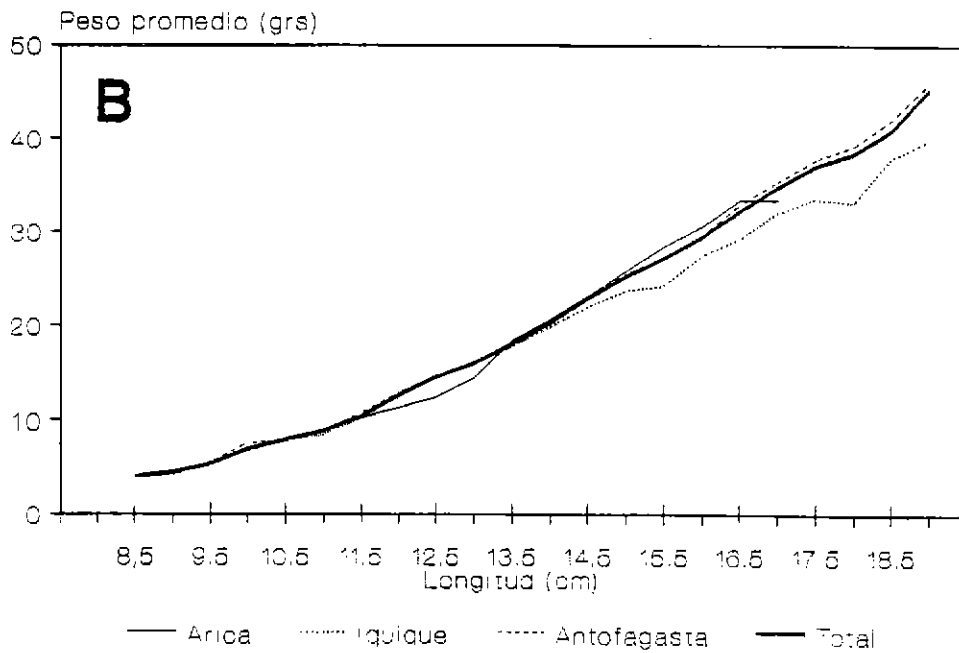
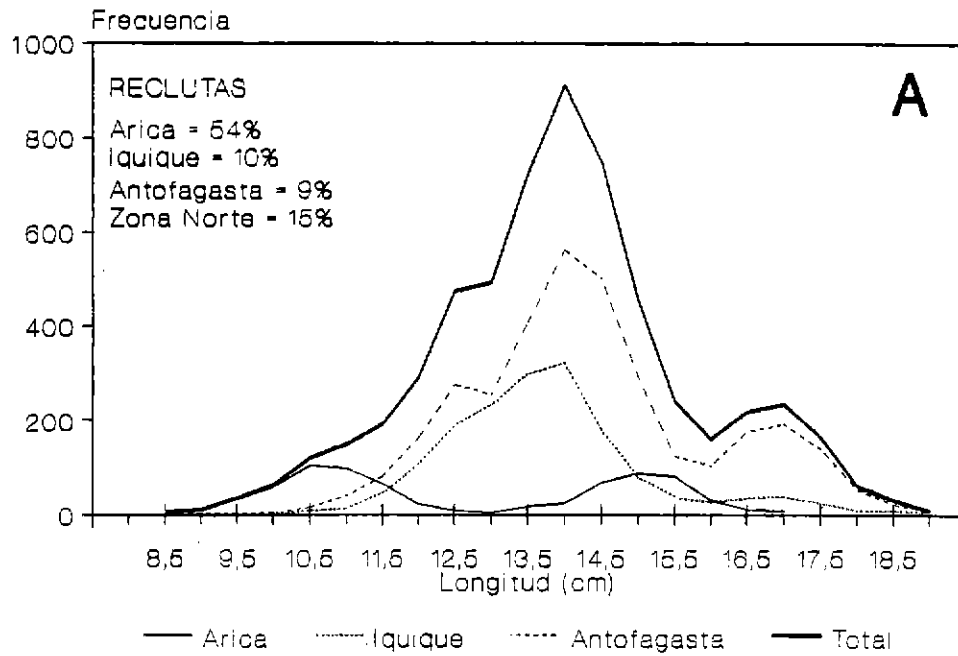
**Figura 41.** Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de mediana en la zona de Iquique (lance 21) y Antofagasta (lances 23-38). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reciutas y adultos.



**Figura 42.** Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de mediana en la zona de Antofagasta (lances 39-60). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.

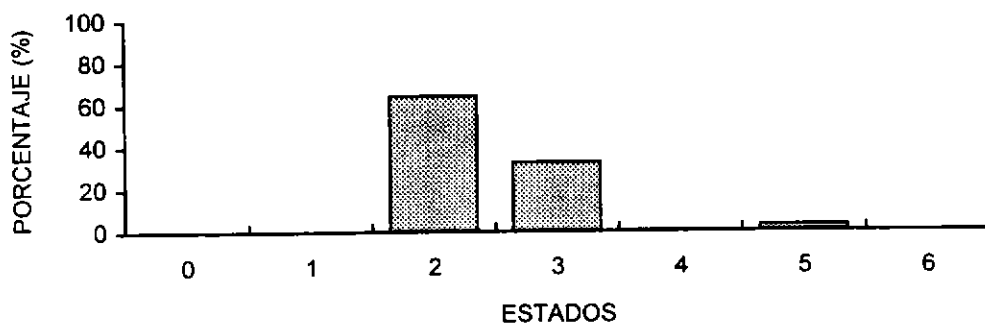


**Figura 43.** Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de mediagua en la zona de Antofagasta (lances 61-67). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos.

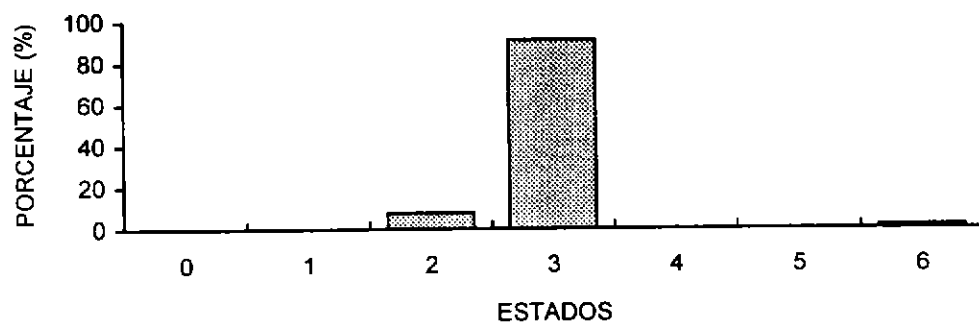


**Figura 44.** A. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta obtenidas de los lances de pesca con red de medigua para las zonas de pesca de Arica, Iquique, Antofagasta y Total zona de estudio (lances 1-67). La barra ubicada en los 12,0 cm separa la fracción de reclutas y adultos. B. Relación longitud-peso empírica de los ejemplares de anchoveta capturados con red de medigua para las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y Total zona de estudio.

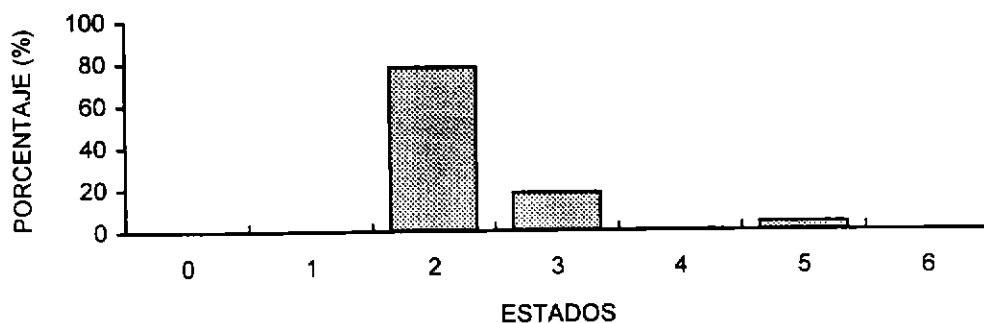
### ESTADOS DE MADUREZ, ZONA TOTAL



### ESTADOS DE MADUREZ, ZONA ARICA



### ESTADOS DE MADUREZ, ZONA IQUIQUE



### ESTADOS DE MADUREZ, ZONA ANTOFAGASTA

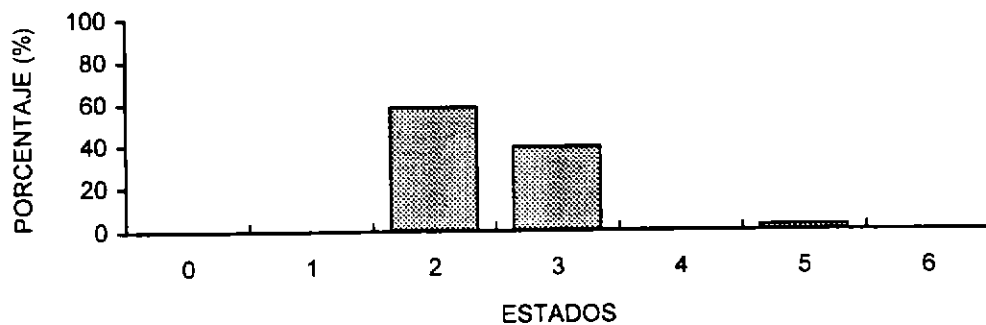
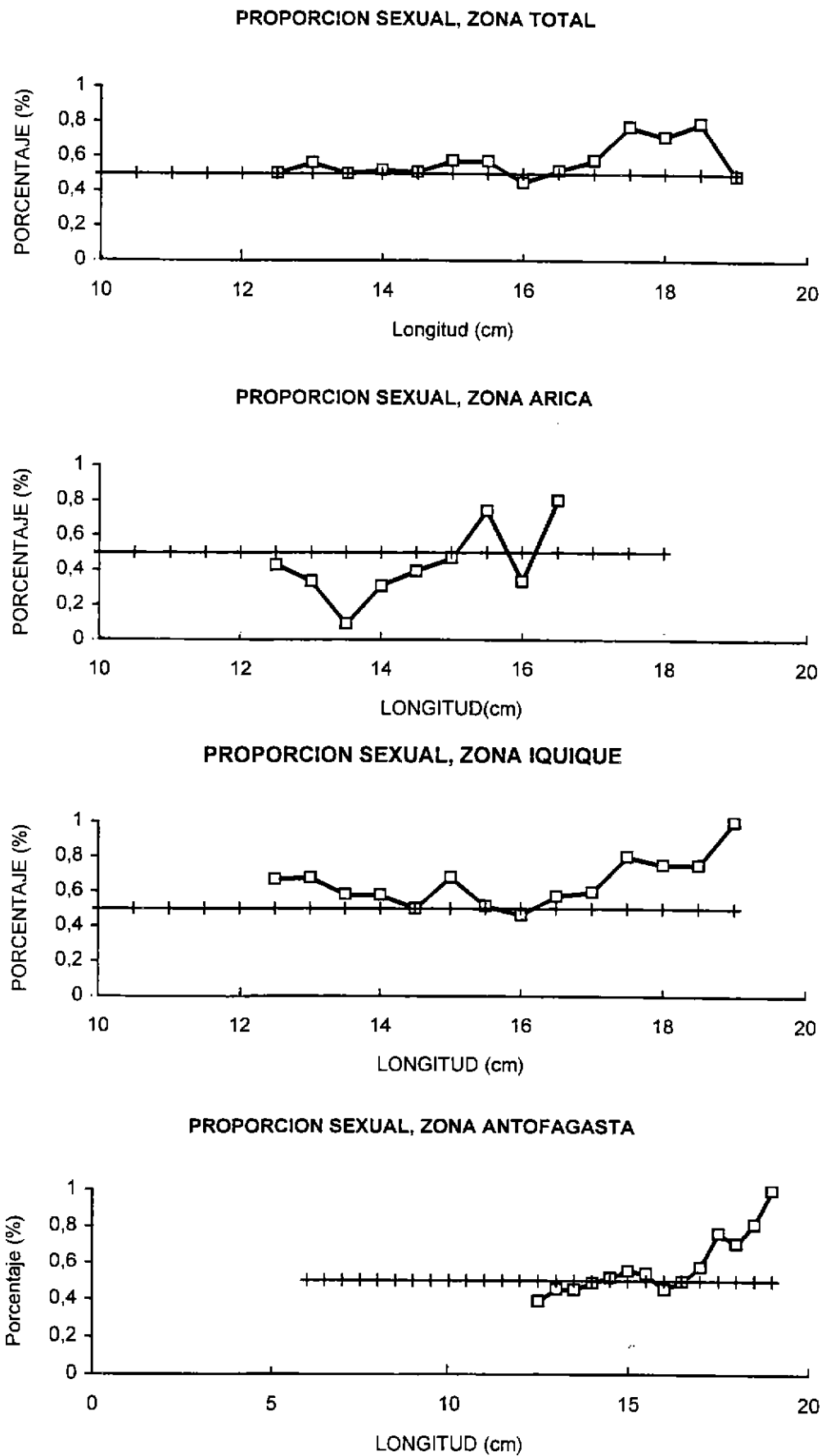
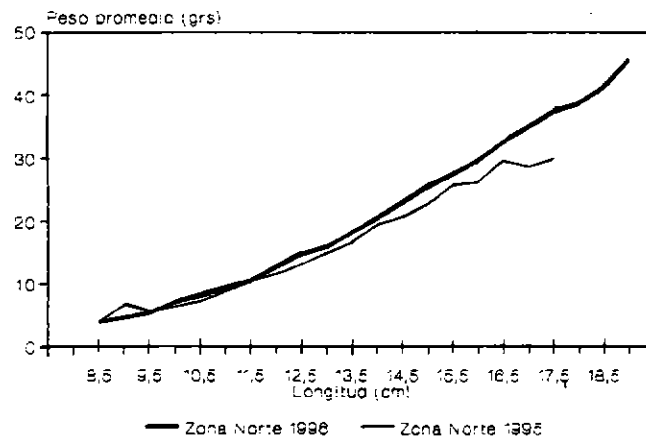
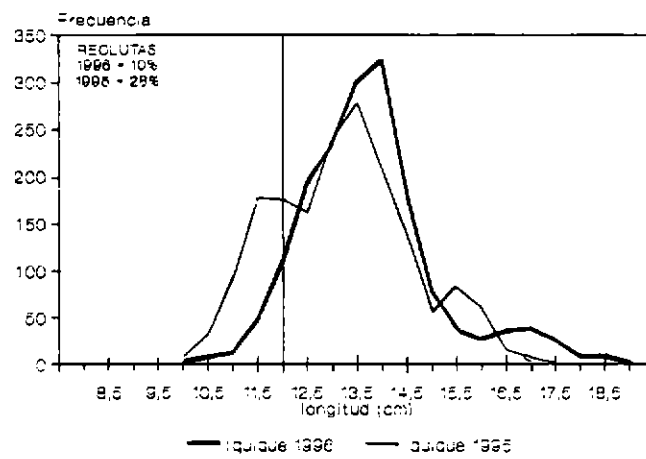
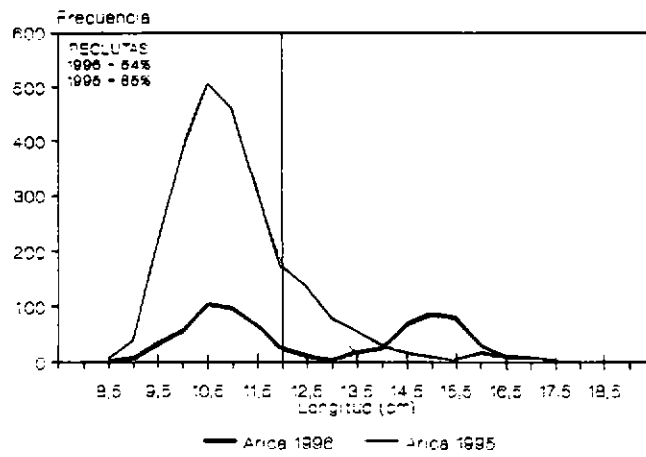


Figura 45. Estado de madurez de las anchovetas capturadas con red de media-agua para las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio.





**Figura 46.** Proporción sexual de las anchovetas capturadas con red de media-agua para las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y total zona de estudio.



**Figura 47.** Comparación de los resultados de los cruces RECLAN 1995 y RECLAN 1996 referentes a la distribución de longitudes para las zonas de Arica, Iquique y relación longitud-peso obtenida de los lances de pesca.

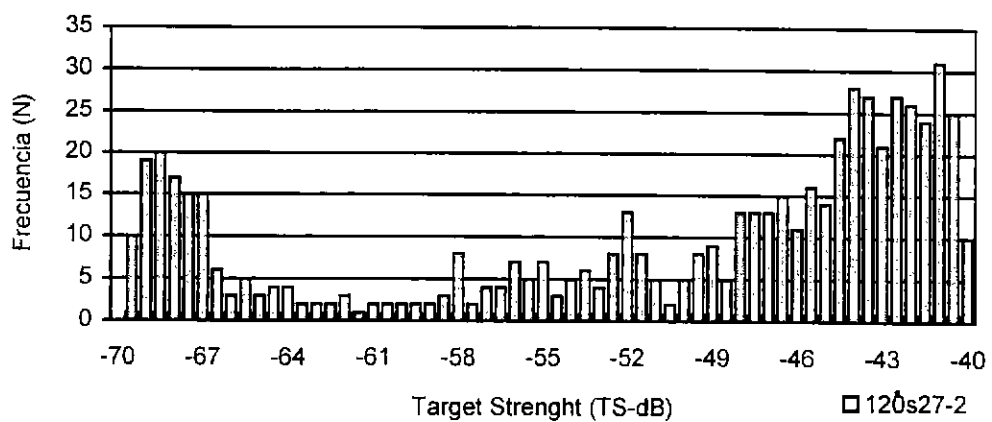
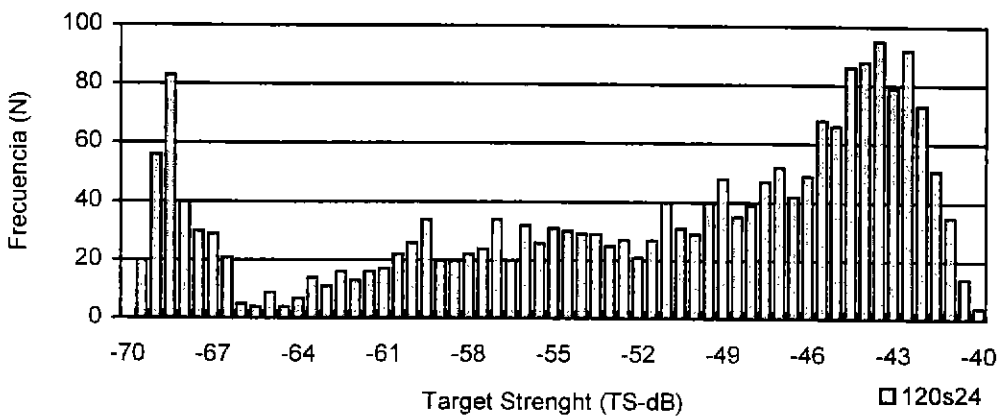
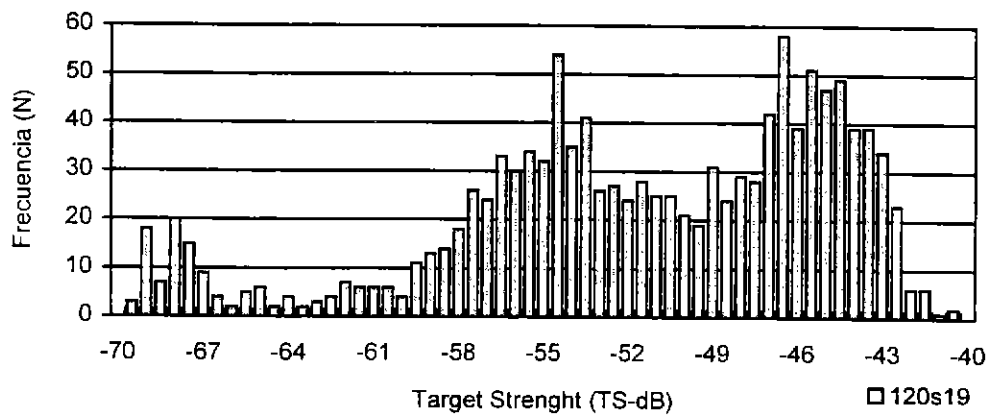
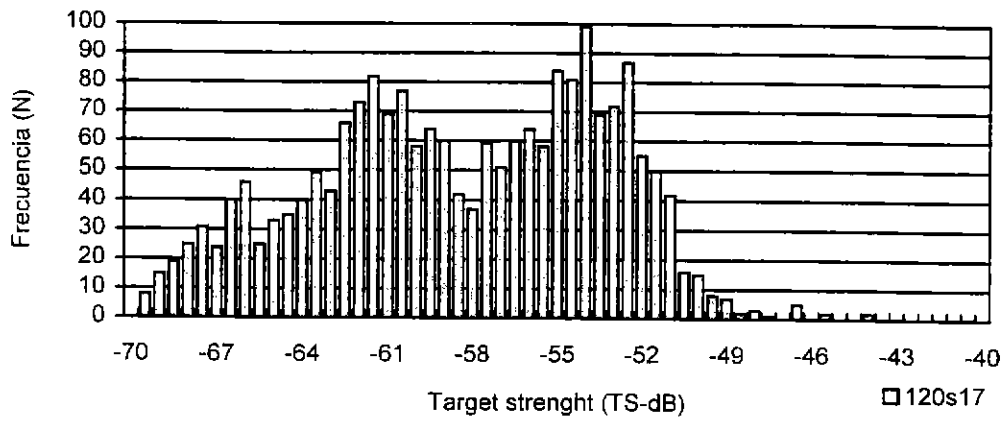


Figura 48. Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso corto.

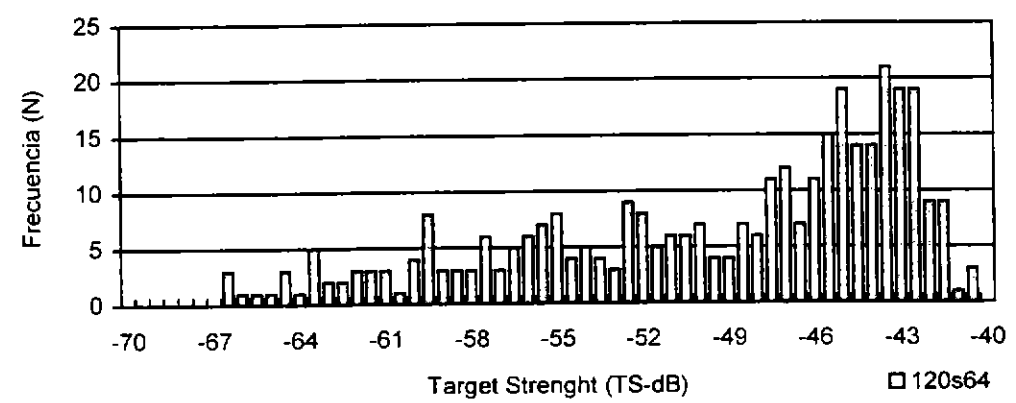
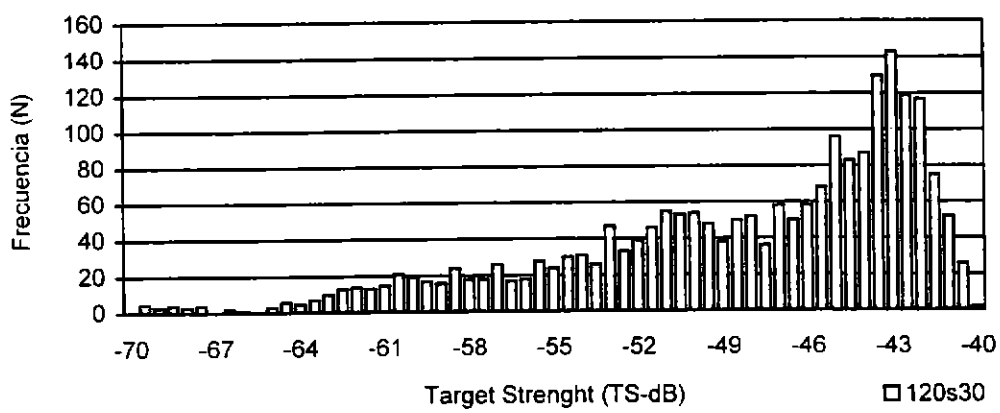
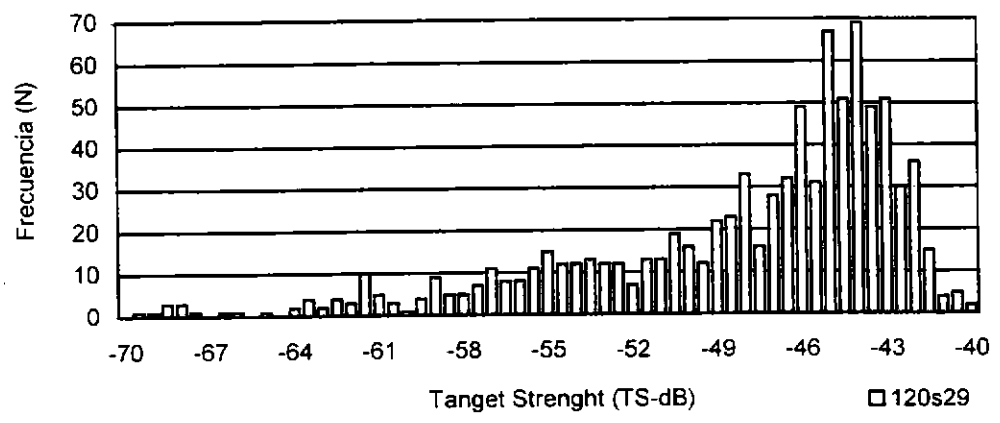


Figura 49. Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso corto.

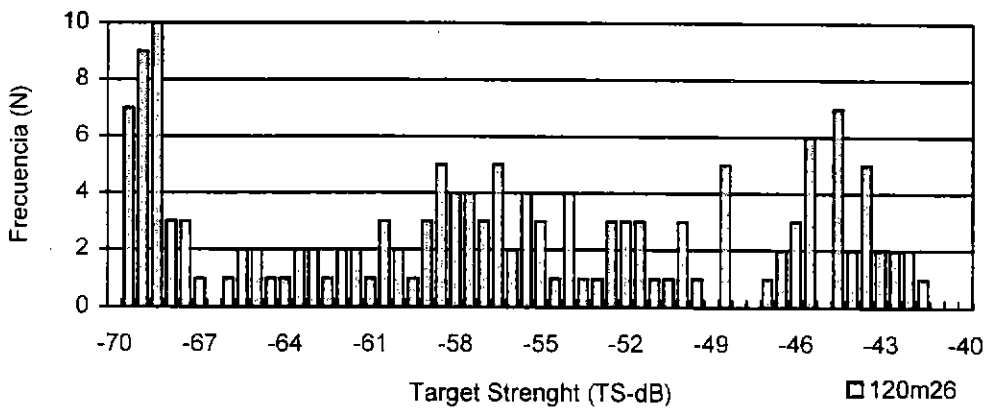
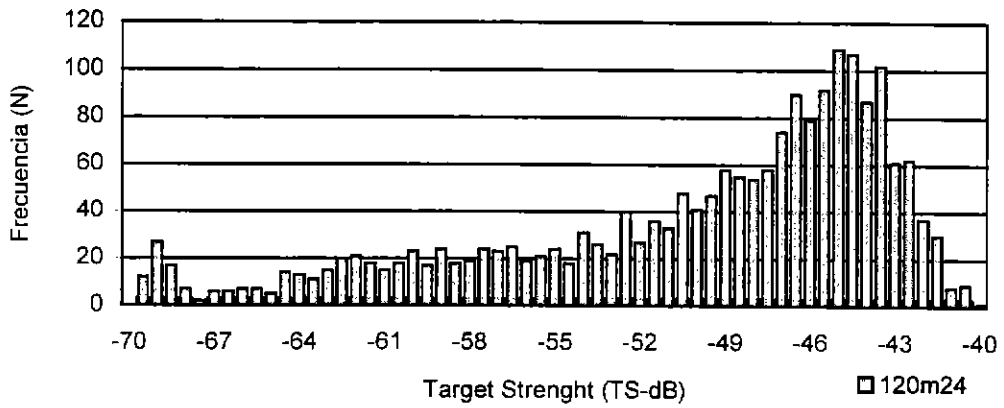
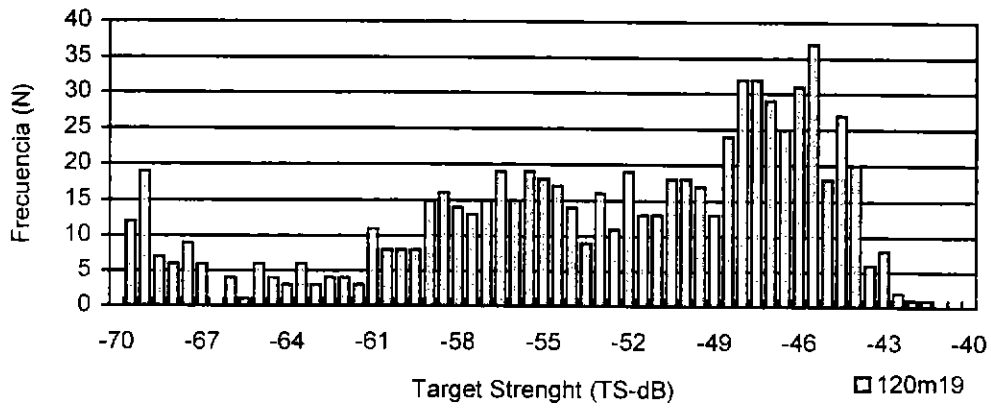
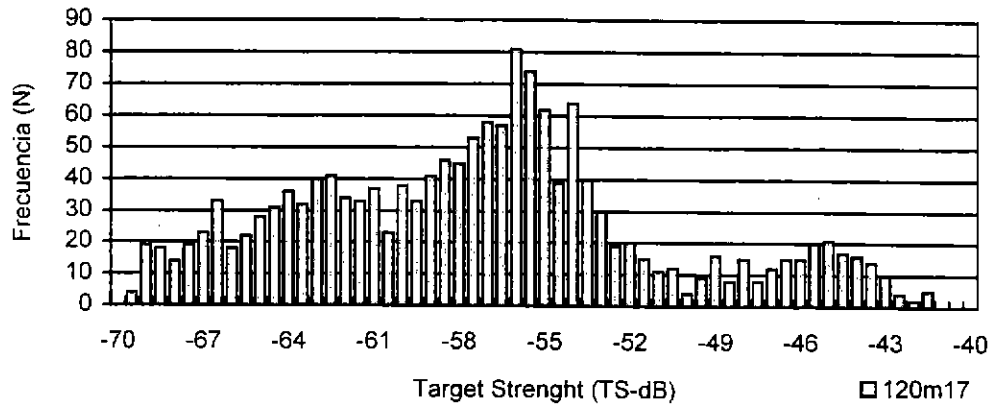


Figura 50. Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso medio.

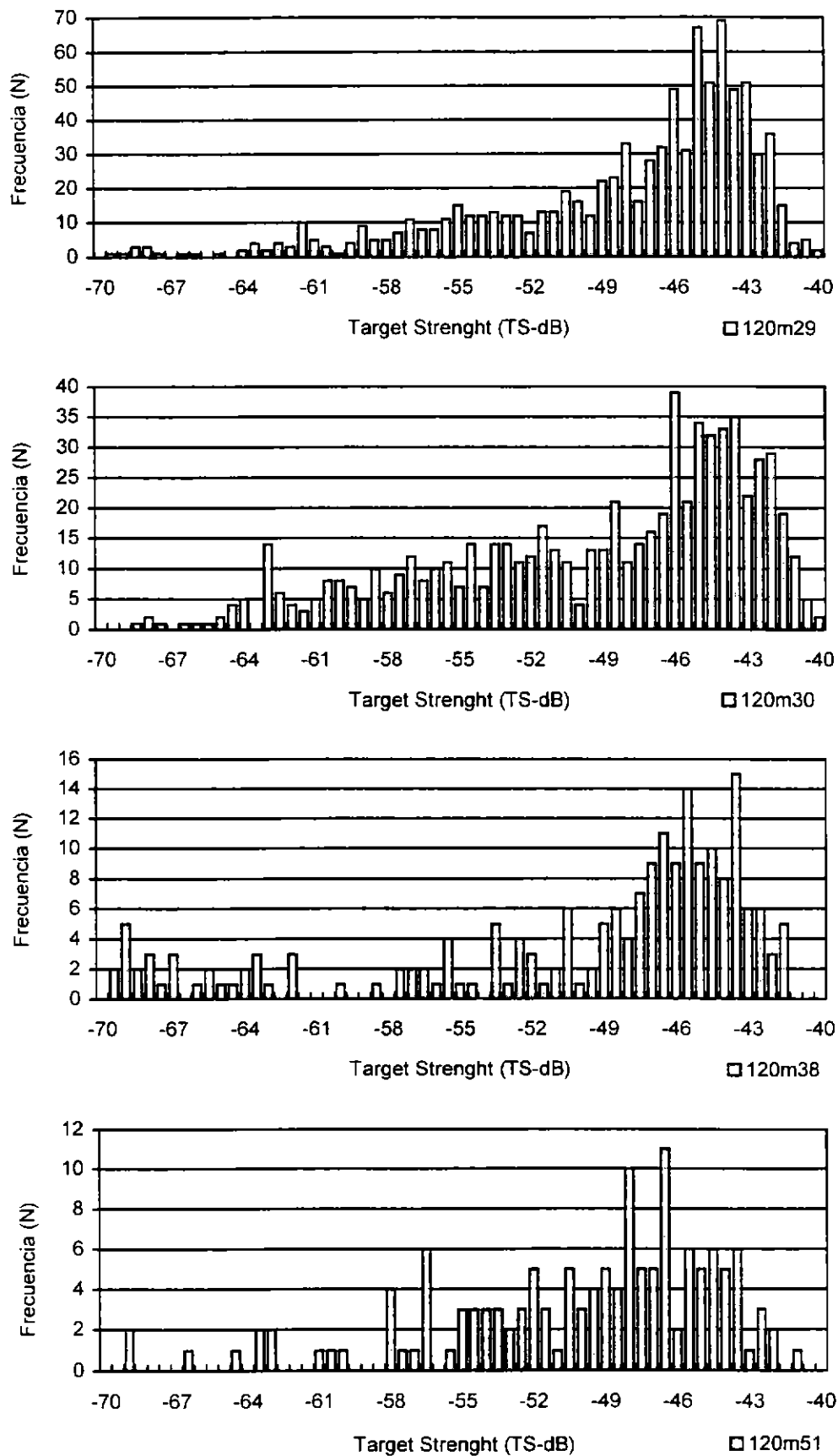


Figura 51. Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso medio.

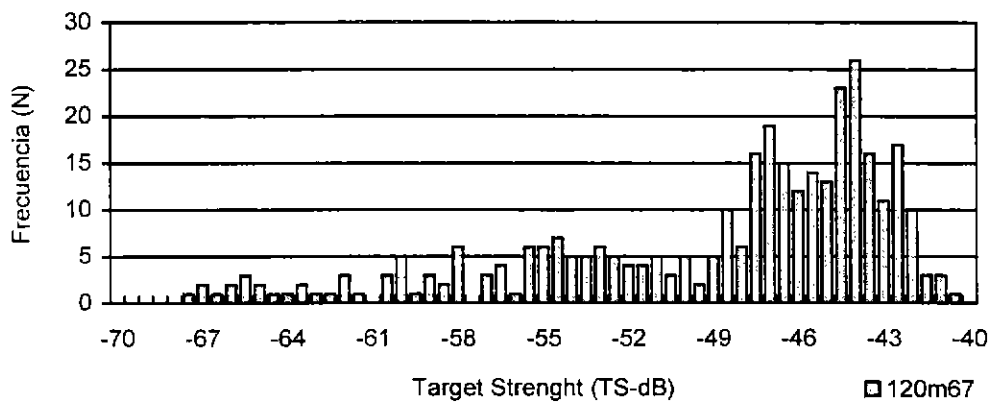
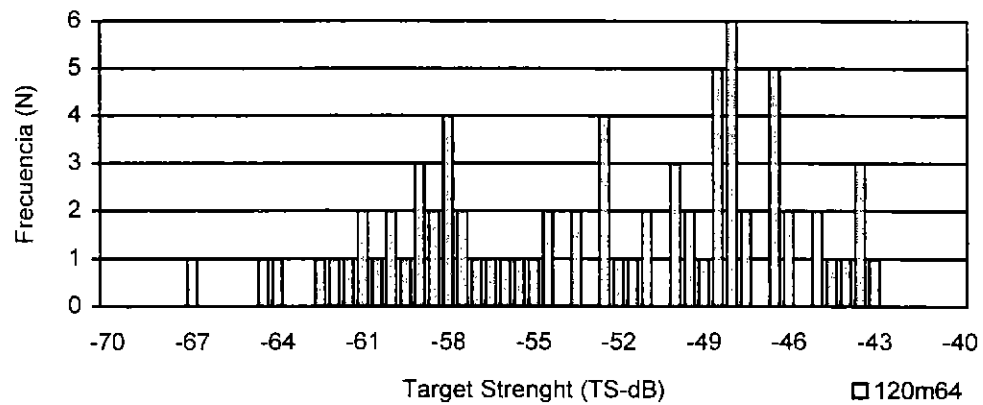


Figura 52. Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 120 Khz en pulso medio.

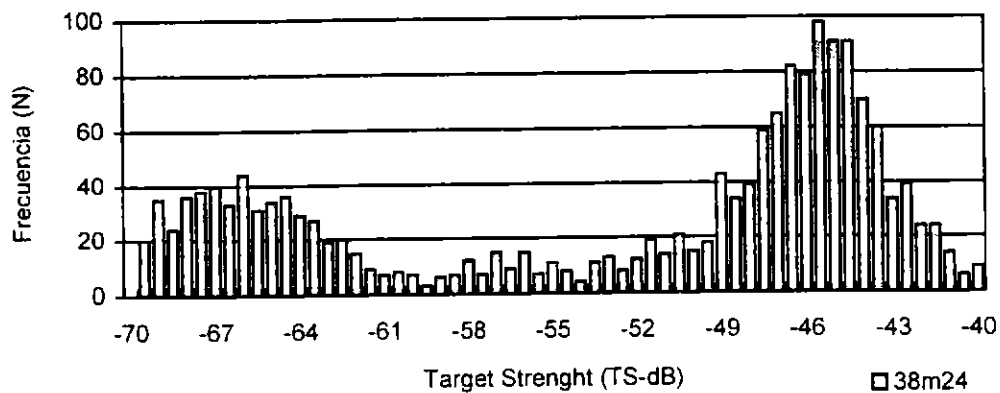
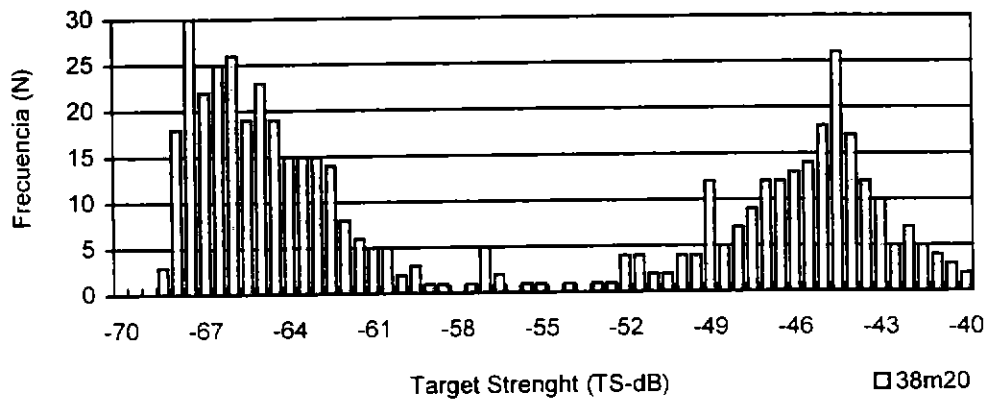
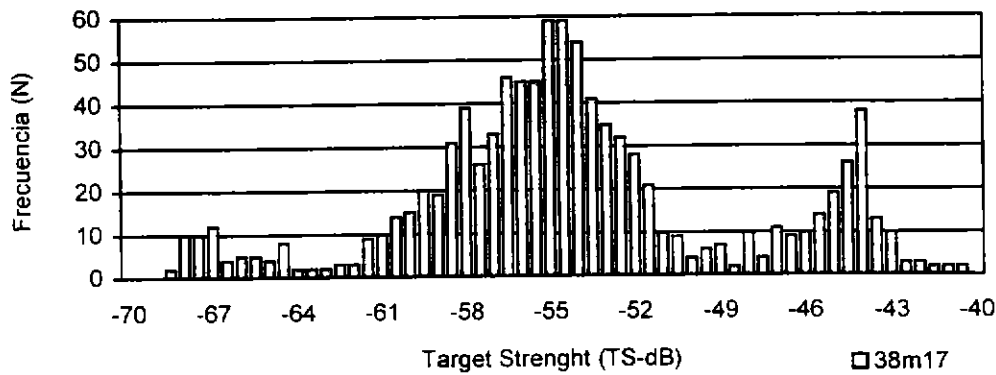
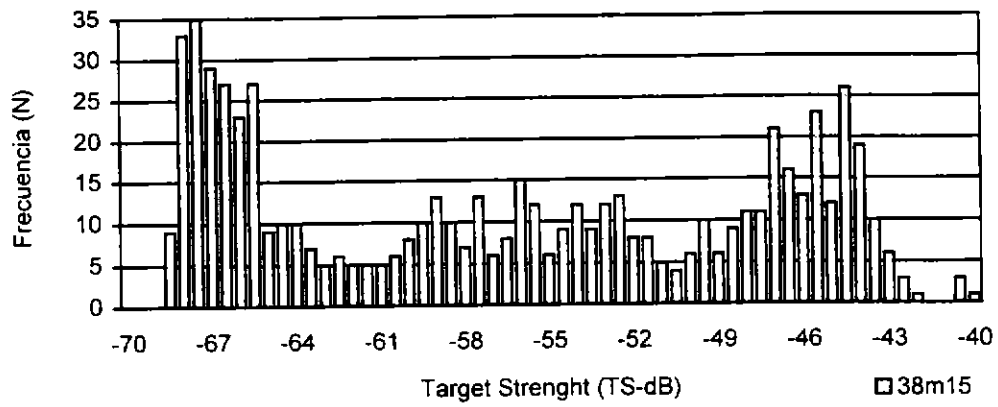
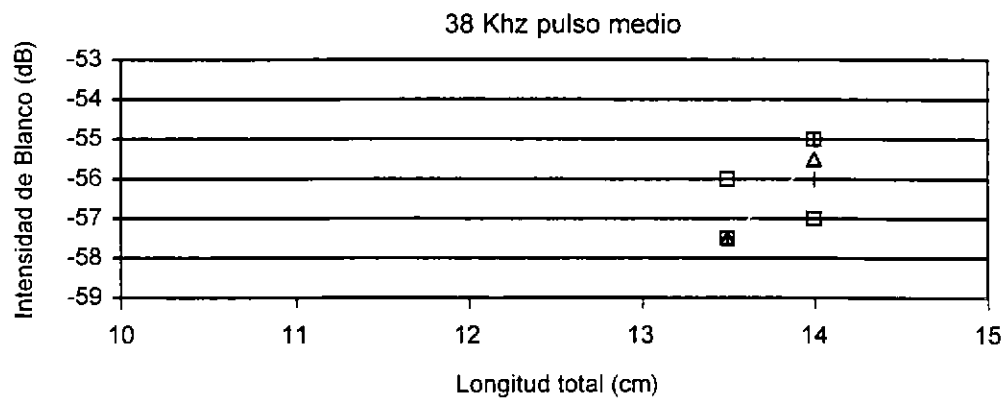
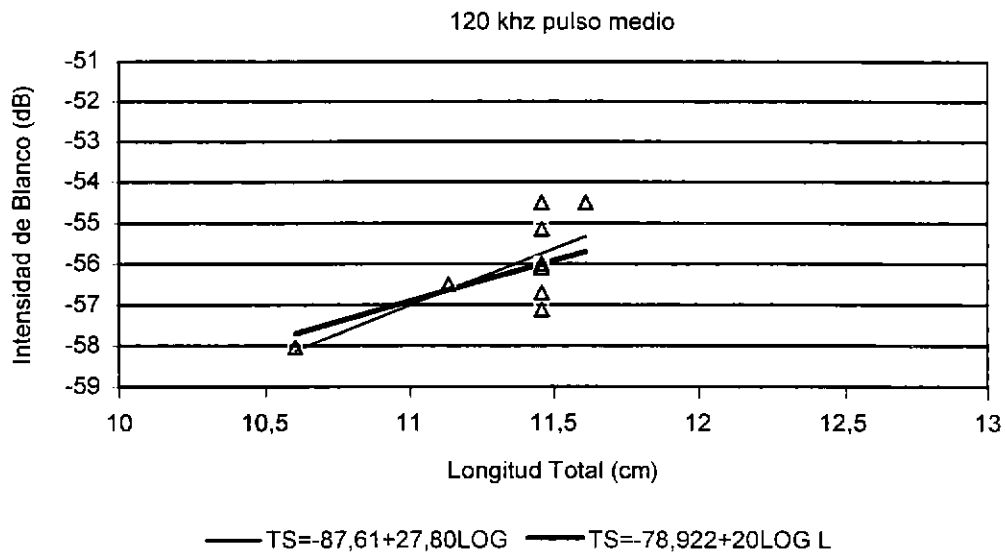
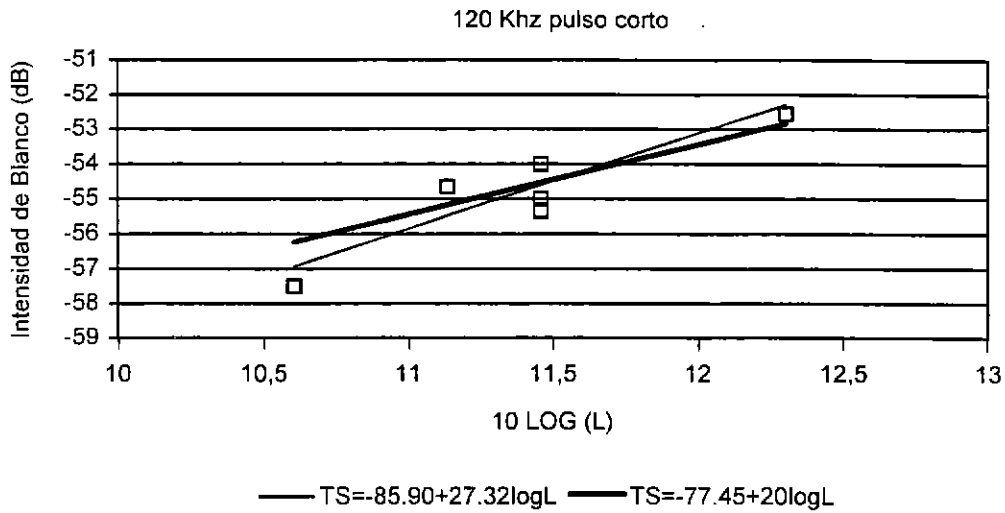


Figura 53. Histograma de frecuencia de fuerza de blanco (TS) por lance para 38 KHz en pulso medio.





**Figura 54.** Relaciones funcionales de la intensidad de blanco (TS) y la longitud total (L) de anchoveta para 120 y 38 khz en pulsos corto y medio.

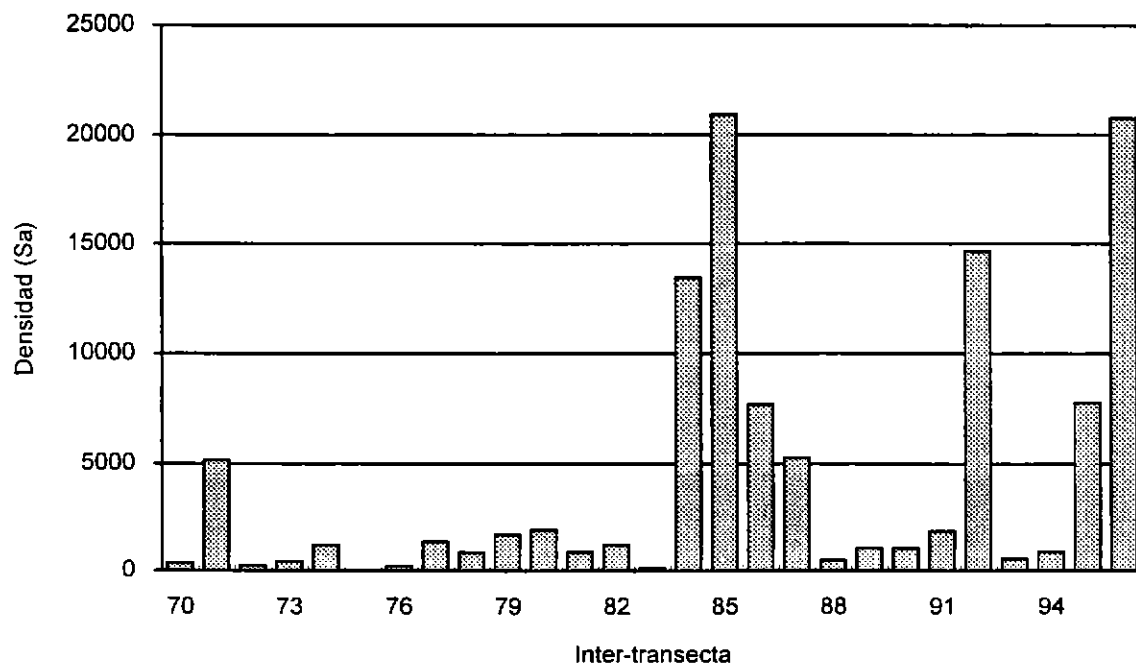
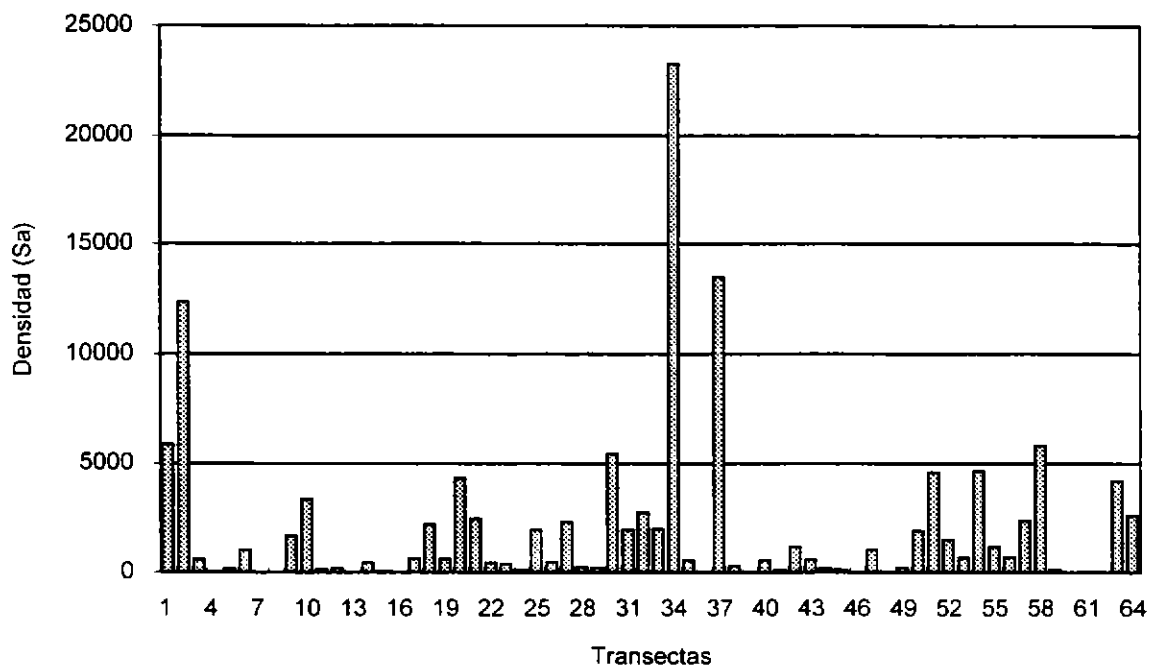
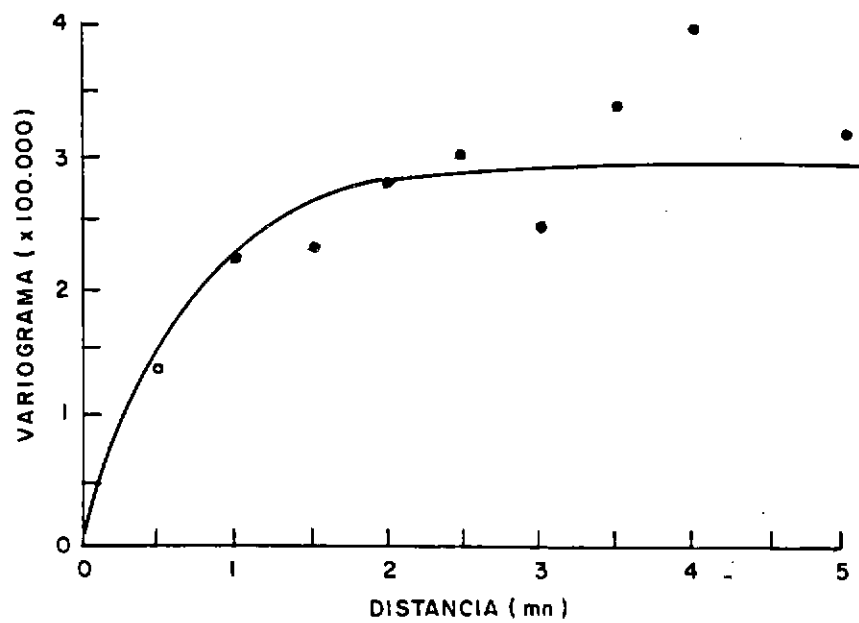


Figura 55. Histogramas de las lecturas acústicas (Sa) de anchoveta por transecta e intertransecta. Crucero RECLAN 9601.



**Figura 56.** Variograma de la distribución de anchoveta, incluyendo las intertransectas. Crucero RECLAN 9601.

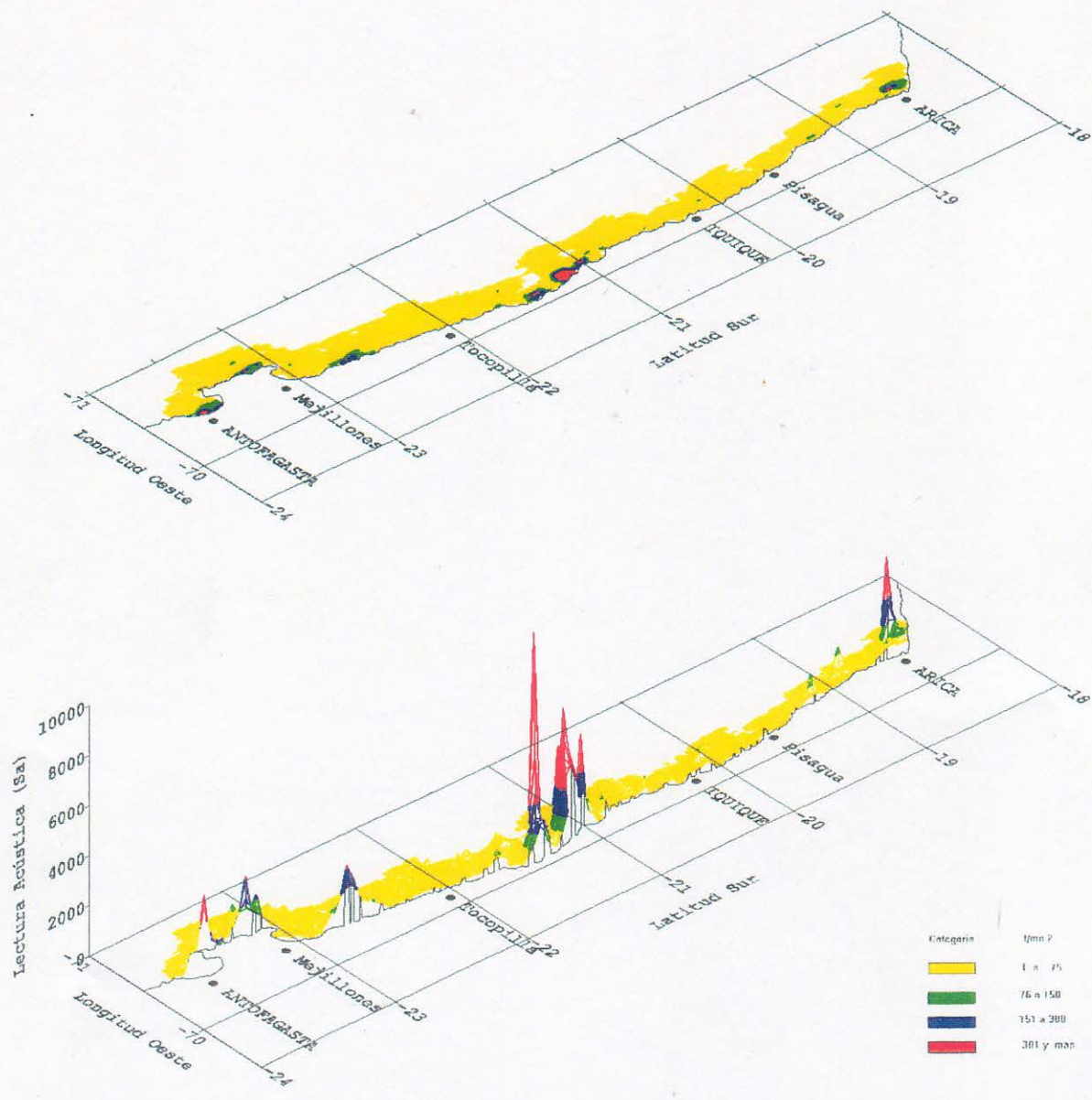
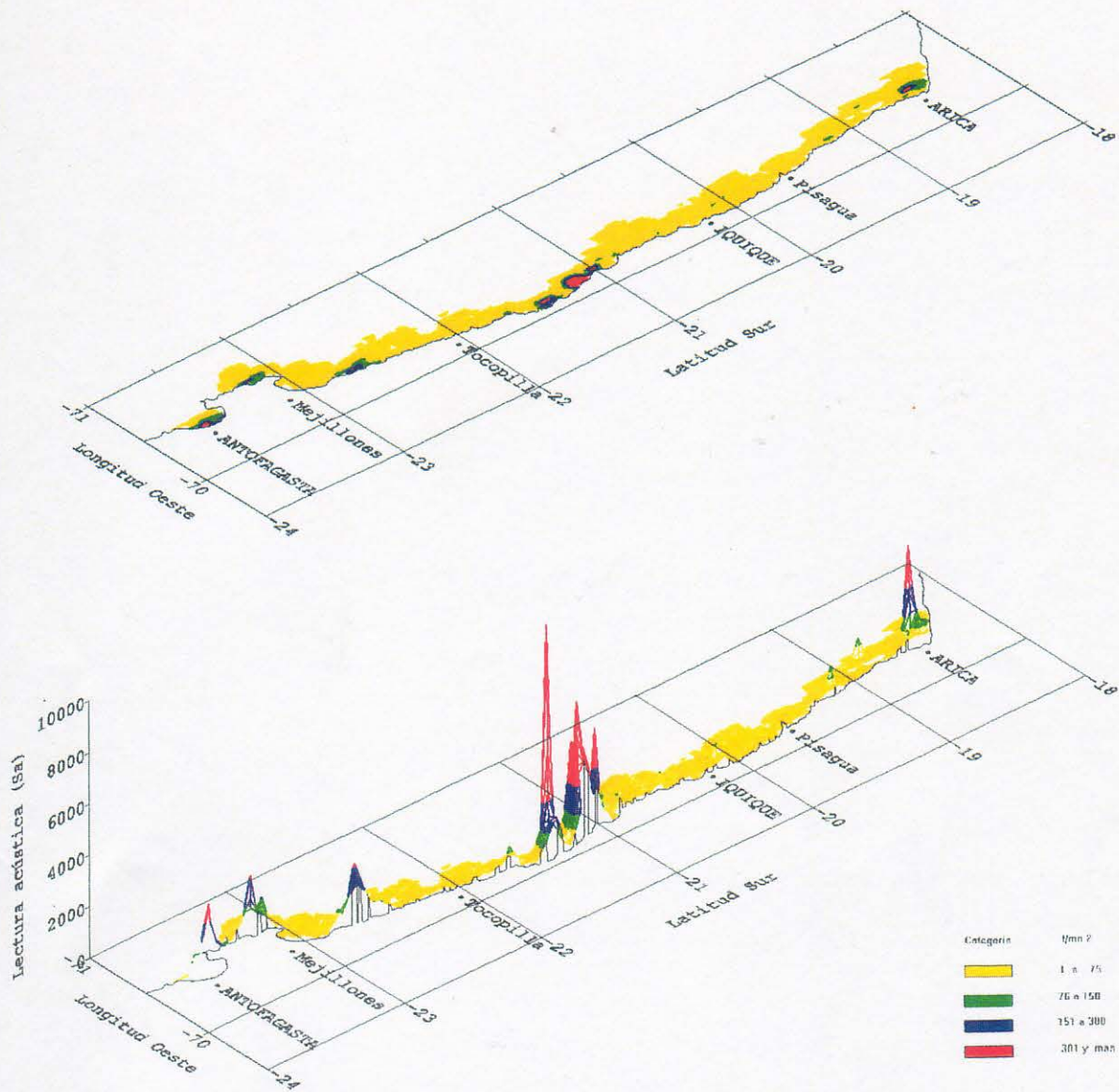
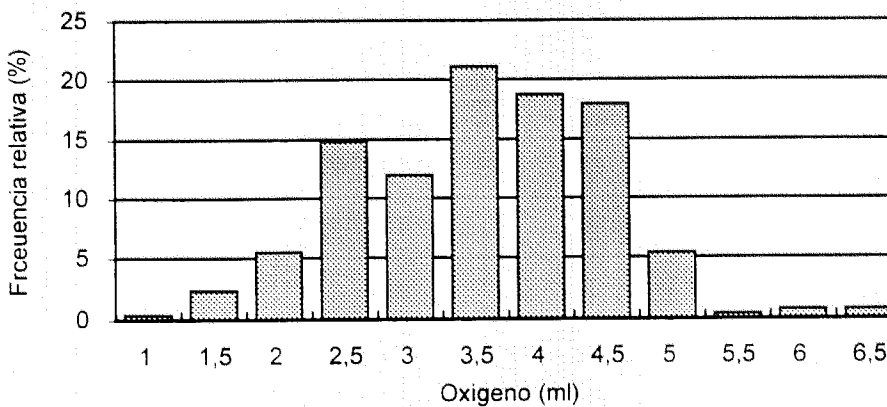
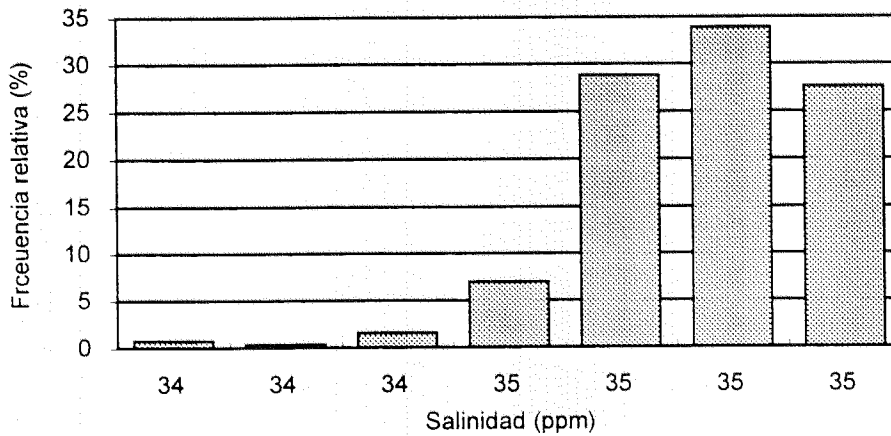
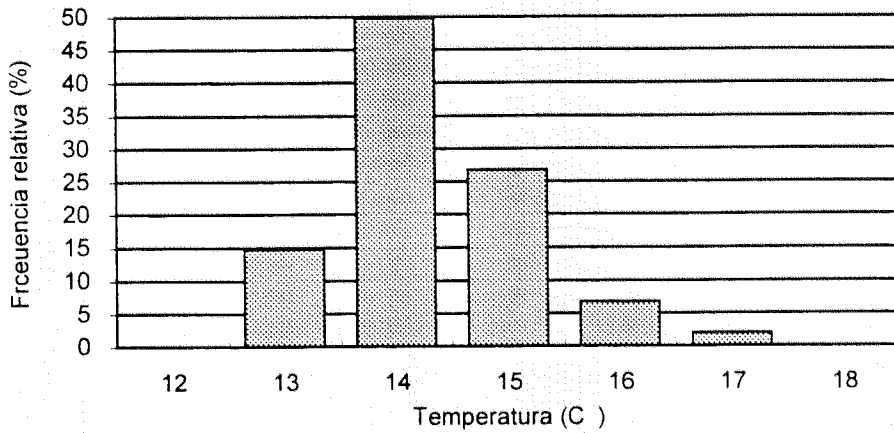
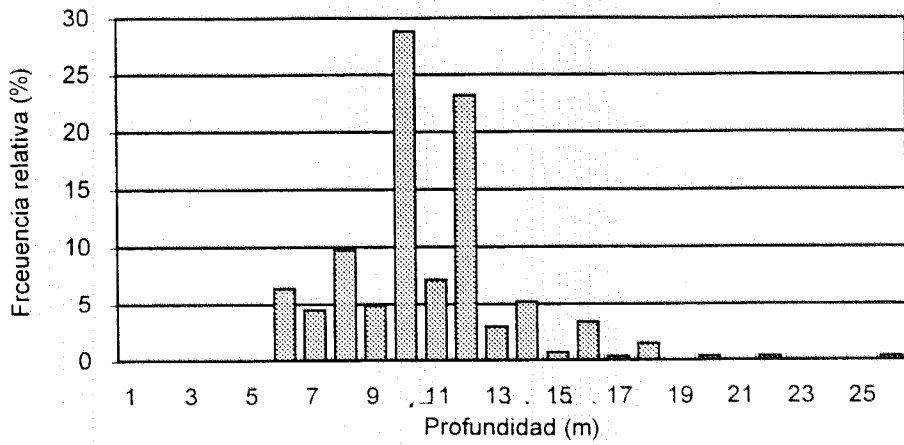


Figura 57. Distribución espacial de la abundancia total de recursos pelágicos en el área de estudio. Crucero RECLAN 9601.



**Figura 58.** Distribución espacial de la abundancia de anchoveta en el área de estudio. Crucero RECLAN 9601.



**Figura 59.** Distribución batimétrica respecto a la temperatura, salinidad y oxígeno de la anchoveta. Crucero RECLAN 9601



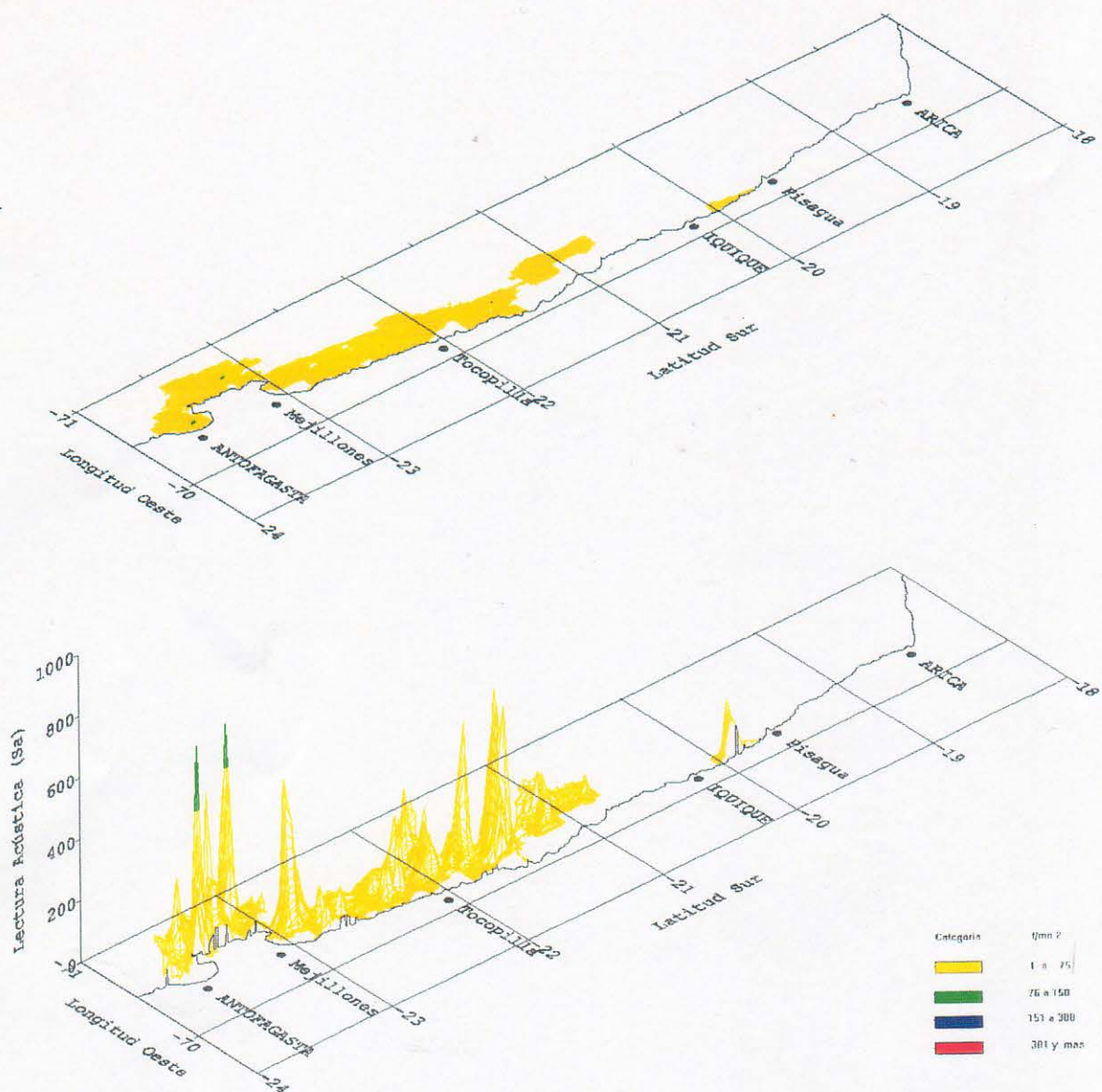
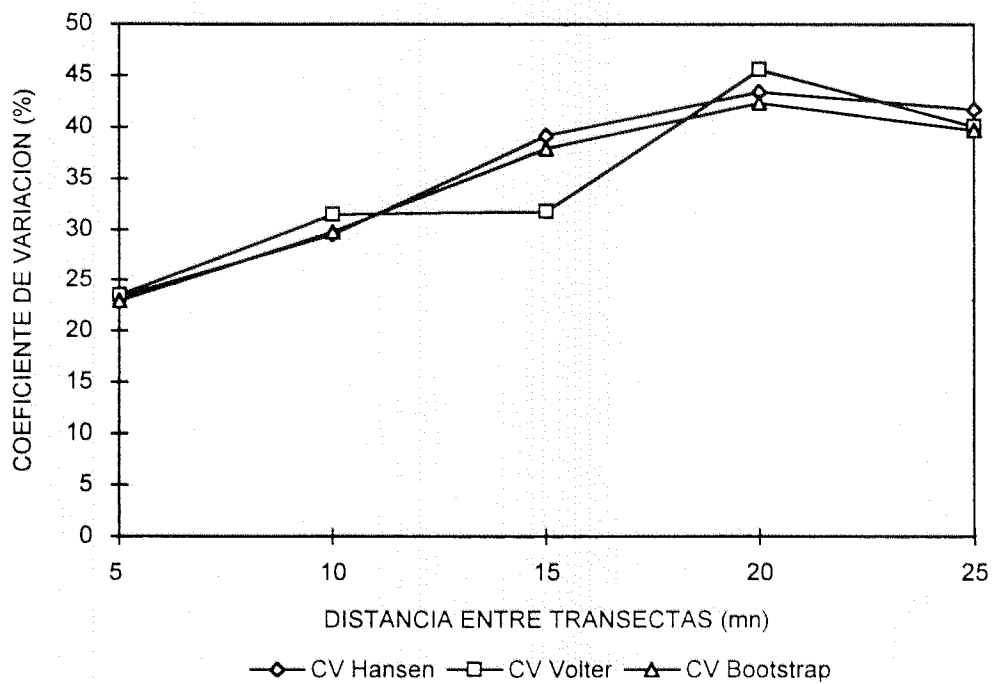


Figura 60. Distribución espacial de la abundancia de jurel en el área de estudio. Crucero RECLAN 9601.



**Figura 61.** Variación de Coeficientes de Variación (CV) y Razón de los estimados de biomasa de anchoveta, respecto a la separación entre transectas. Crucero RECLAN 9601 .



# 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. Estaciones realizadas durante el crucero RECLAN96.

TRANSECTA	ESTACION	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD
5	1	020196	08:13	18° 45,0'	70° 21,9'
	2	020196	08:59	18° 45,0'	70° 25,9'
	3	020196	10:04	18° 45,0'	70° 30,9'
1	4	030196	16:25	18° 23,3'	70° 31,5'
	5	030196	17:17	18° 23,4'	70° 25,9'
	6	030196	17:54	18° 23,4'	70° 22,4'
9	7	040196	05:07	19° 05,0'	70° 19,8'
	8	040196	05:54	19° 05,0'	70° 22,9'
	9	040196	06:58	19° 05,0'	70° 28,1'
13	10	050196	14:55	19° 25,0'	70° 15,3'
	11	050196	15:25	19° 25,0'	70° 19,8'
	12	050196	16:16	19° 25,1'	70° 24,8'
17	13	050196	20:43	19° 45,0'	70° 10,6'
	14	050196	21:32	19° 45,0'	70° 14,9'
	15	050196	22:25	19° 45,0'	70° 20,2'
21	16	060196	05:00	20° 05,0'	70° 18,2'
	17	060196	06:25	20° 05,0'	70° 12,4'
	18	060196	07:13	20° 05,0'	70° 08,7'
25	19	070196	07:00	20° 25,0'	70° 20,7'
	20	070196	08:13	20° 25,0'	70° 15,1'
	21	070196	09:17	20° 25,0'	70° 10,8'
29	22	090196	06:20	20° 45,0'	70° 13,3'
	23	090196	07:02	20° 45,0'	70° 17,0'
	24	090196	07:54	20° 45,0'	70° 22,8'
33	25	090196	16:08	21° 05,0'	70° 09,7'
	26	090196	16:47	21° 05,0'	70° 13,2'
	27	090196	17:34	21° 05,0'	70° 18,5'
37	28	120196	08:00	21° 25,0'	70° 05,4'
	29	120196	08:42	21° 25,0'	70° 09,6'
	30	120196	09:27	21° 25,0'	70° 14,6'
41	31	120196	12:45	21° 45,0'	70° 19,9'
	32	120196	13:54	21° 45,0'	70° 14,4'
	33	120196	14:34	21° 45,0'	70° 10,5'
45	34	140196	07:45	22° 04,7'	70° 13,4'
	35	140196	08:28	22° 05,0'	70° 17,2'
	36	140196	10:00	22° 05,0'	70° 23,2'
49	37	160196	06:58	22° 25,0'	70° 17,2'
	38	160196	07:40	22° 25,0'	70° 20,9'
	39	160196	08:25	22° 25,0'	70° 26,4'
53	40	160196	12:33	22° 45,0'	70° 19,6'
	41	160196	13:30	22° 45,0'	70° 24,6'
	42	180196	14:23	22° 45,0'	70° 29,9'
57	43	180196	10:37	23° 05,0'	70° 36,2'
	44	180196	11:22	23° 05,0'	70° 40,3'
	45	180196	12:14	23° 05,0'	70° 45,4'
61	46	200196	08:30	23° 25,0'	70° 37,5'
	47	200196	09:13	23° 25,0'	70° 41,3'
	48	200196	10:00	23° 25,0'	70° 47,0'

Tabla 3. Clorofila a integrada para los años 1995 y 1996

LATITUD	LONGITUD	1996	1995	DELTA (*)
18,38	70,37	47,47	62,71	15,24
18,38	70,42	168,09	64,76	-103,33
18,38	70,52	40,82	69,62	28,80
18,75	70,35	50,34	83,46	33,12
18,75	70,50	24,43	32,74	8,31
19,03	70,32	85,53	300,09	214,56
19,03	70,37	56,78	243,44	186,66
19,03	70,47	25,69	33,35	7,66
19,42	70,25	38,61	120,03	81,42
19,42	70,32	28,14	123,58	95,44
19,42	70,40	20,42	124,31	103,89
20,75	70,22	54,22	412,11	357,89
20,75	70,28	105,32	95,15	-10,17
20,75	70,37	58,85	17,75	-41,10
21,08	70,15	148,29	371,97	223,68
21,08	70,22	286,70	389,77	103,07
21,08	70,40	20,20	26,51	6,31
21,42	70,08	121,24	72,92	-48,32
21,42	70,15	11,02	81,16	70,14
21,42	70,23	11,99	48,51	36,52
21,75	70,17	152,03	311,34	159,31
21,75	70,23	43,68	36,79	-6,89
21,75	70,32	7,56	37,57	30,01

\* diferencia entre el año 1995 menos el 1996

Tabla 4 Información biológica de los lances de pesca

Lance	Fecha	Hora Calado	Hora Virado	Posición Calado	Posición Virado	Profundidad Arrastre (*)	Velocidad (nudos)	Captura Anchoveta	Captura Total (Kgs)
1	03.01.96	11:34	12:20	18°46'-70°30'	18°43'-70°30'	0	3.8	144.0	144.0
2	03.01.96	14:39	15:18	18°29'-70°25'	18°28'-70°25'	0	3.4	3.5	5.9
3	03.01.96	19:40	20:18	18°34'-70°23'	18°33'-70°23'	0	3.7	72.0	131.5
4	04.01.96	08:22	08:55	19°08'-70°29'	19°06'-70°29'	15	3.5	0.0	0.0
5	04.01.96	17:05	17:51	19°09'-70°22'	19°06'-70°23'	0	3.5	6.1	14.9
6	05.01.96	07:50	08:41	19°33'-70°14'	19°30'-70°14'	0	3.2	0.0	8.7
7	05.01.96	10:05	10:35	19°31'-70°14'	19°29'-70°15'	0	3.7	0.0	6.4
8	06.01.96	08:05	09:00	20°04'-70°10'	20°02'-70°10'	12	3.0	0.0	20.0
9	06.01.96	10:14	10:46	20°03'-70°09'	20°01'-70°09'	10	3.1	0.0	40.0
10	06.01.96	13:57	14:45	19°49'-70°11'	19°47'-70°12'	10	3.2	0.0	20.0
11	06.01.96	21:24	21:48	19°59'-70°13'	19°58'-70°13'	0	3.0	14.1	61.2
12	07.01.96	11:00	11:45	20°29'-70°13'	20°27'-70°13'	10	3.1	0.0	17.0
13	07.01.96	21:18	22:18	20°31'-70°19'	20°28'-70°17'	5	3.0	4.7	5.2
14	07.01.96	23:01	23:30	20°25'-70°15'	20°24'-70°15'	8	2.8	1.0	10.1
15	08.01.96	21:37	22:36	20°28'-70°14'	20°25'-70°14'	6	3.0	4.7	83.3
16	10.01.96	21:00	21:54	20°51'-70°12'	20°49'-70°14'	0	3.5	925.7	942.0
17	10.01.96	22:40	23:40	20°46'-70°14'	20°42'-70°14'	0	3.6	27.5	196.0
18	11.01.96	17:56	18:43	21°11'-70°13'	21°08'-70°14'	10	3.2	0.0	6.7
19	11.01.96	22:10	22:57	21°01'-70°13'	20°58'-70°14'	0	3.6	130.0	130.0
20	12.01.96	01:05	01:58	21°06'-70°12'	21°03'-70°13'	0	3.8	0.8	16.5
21	12.01.96	04:11	05:15	21°09'-70°11'	21°05'-70°13'	0	3.4	3.8	11.8
22	12.01.96	16:20	16:30	21°46'-70°20'	21°44'-70°19'	0	3.4	0.0	0.0
23	12.01.96	18:55	20:05	21°47'-70°14'	21°43'-70°13'	10	3.8	3.3	23.0
24	13.01.96	06:40	07:10	21°27'-70°07'	21°25'-70°07'	0	4.3	35.3	36.0
25	13.01.96	08:47	09:25	21°24'-70°06'	21°26'-70°07'	0	3.8	150.0	150.0
26	13.01.96	13:03	13:42	21°30'-70°15'	21°24'-70°12'	20	3.3	0.0	0.0
27	13.01.96	17:05	18:05	21°39'-70°12'	21°35'-70°10'	0	3.6	152.4	155.0
28	13.01.96	20:29	21:02	21°49'-70°11'	21°46'-70°11'	0	3.7	92.0	2,892.0
29	13.01.96	22:41	23:12	21°36'-70°08'	21°34'-70°07'	0	3.2	640.0	640.0
30	14.01.96	23:53	00:30	21°31'-70°07'	21°28'-70°07'	0	3.4	139.0	139.0
31	14.01.96	11:31	12:10	22°06'-70°24'	22°04'-70°24'	0	3.8	0.0	34.0
32	14.01.96	13:15	13:45	22°07'-70°24'	22°06'-70°23'	0	3.6	0.0	25.0
33	14.01.96	15:10	15:30	22°04'-70°17'	22°02'-70°16'	0	3.5	0.0	0.0
34	14.01.96	17:00	17:30	21°57'-70°13'	21°55'-70°13'	0	3.6	3.4	17.0
35	15.01.96	06:35	07:20	22°15'-70°22'	22°13'-70°22'	0	3.4	184.5	197.0

\* = Corresponde a la profundidad (en metros) de la relinga superior de la red de arrastre de media agua

Cont. /

Cont.' Tabla 4 Información biológica de los lances de pesca

Lance	Fecha	Hora Calado	Hora Virado	Posición Calado	Posición Virado	Profundidad Arrastre (*)	Velocidad (nudos)	Captura Anchoveta	Captura Total (Kgs)
36	15.01.96	08:42	09:23	22°12'-70°18'	22°10'-70°18'	0	3.4	66.0	66.0
37	15.01.96	13:27	14:07	21°57'-70°22'	21°55'-70°21'	0	3.3	0.0	0.0
38	15.01.96	21:30	22:10	21°51'-70°11'	21°49'-70°11'	0	3.4	815.0	945.0
39	16.01.96	01:32	02:30	22°11'-70°16'	22°07'-70°15'	0	3.4	2.1	7.1
40	16.01.96	04:31	05:31	22°18'-70°17'	22°14'-70°17'	0	3.4	0.2	6.2
41	16.01.96	15:55	16:55	22°48'-70°28'	22°46'-70°26'	0	3.4	0.0	74.0
42	16.01.96	17:37	18:07	22°46'-70°25'	22°45'-70°24'	0	3.5	0.0	0.0
43	16.01.96	19:00	20:20	22°46'-70°21'	22°41'-70°19'	0	3.5	0.0	27.5
44	17.01.96	07:12	07:54	22°32'-70°17'	22°30'-70°17'	0	3.3	25.0	25.0
45	17.01.96	09:19	09:56	22°26'-70°23'	22°26'-70°23'	0	3.6	9.6	16.0
46	17.01.96	11:54	13:00	22°36'-70°18'	22°33'-70°20'	0	3.5	0.0	15.0
47	17.01.96	13:50	14:30	22°31'-70°17'	22°29'-70°18'	0	3.4	0.0	3.2
48	17.01.96	21:12	21:50	22°50'-70°20'	22°48'-70°21'	0	3.4	14.2	360.0
49	17.01.96	22:55	23:35	22°42'-70°21'	22°40'-70°21'	0	3.2	720.0	720.0
50	18.01.96	00:25	01:05	22°36'-70°20'	22°34'-70°20'	0	3.4	257.0	315.0
51	18.01.96	01:55	02:40	22°30'-70°18'	22°27'-70°19'	0	3.4	196.0	360.0
52	18.01.96	03:30	04:00	22°28'-70°21'	22°26'-70°21'	0	3.4	0.0	0.0
53	18.01.96	05:00	05:40	22°25'-70°24'	22°24'-70°24'	0	3.4	18.1	90.0
54	18.01.96	15:20	16:00	23°10'-70°43'	23°08'-70°41'	0	3.4	0.0	0.3
55	18.01.96	16:35	17:15	23°06'-70°40'	23°05'-70°38'	0	3.4	0.0	14.6
56	18.01.96	18:15	19:00	23°05'-70°36'	23°02'-70°36'	0	3.5	0.0	13.8
57	19.01.96	06:50	07:35	22°51'-70°22'	22°49'-70°22'	0	3.4	225.0	320.0
58	19.01.96	08:46	09:26	22°52'-70°24'	22°50'-70°26'	0	3.4	23.8	25.0
59	19.01.96	11:06	11:46	22°58'-70°28'	22°56'-70°28'	0	3.4	0.0	0.0
60	19.01.96	13:20	14:00	22°57'-70°21'	22°55'-70°21'	0	3.4	50.0	50.0
61	19.01.96	22:09	22:38	23°18'-70°40'	23°16'-70°41'	0	3.4	329.3	550.0
62	19.01.96	23:35	00:05	23°12'-70°38'	23°10'-70°38'	0	3.4	0.0	100.0
63	20.01.96	01:20	02:00	23°09'-70°36'	23°07'-70°36'	0	3.3	20.2	129.0
64	20.01.96	05:15	05:45	23°06'-70°38'	23°05'-70°38'	0	3.4	750.0	750.0
65	20.01.96	15:26	15:40	23°31'-70°28'	23°31'-70°27'	0	3.4	0.0	0.8
66	20.01.96	18:25	19:05	23°41'-70°29'	23°38'-70°28'	0	3.6	0.0	0.0
67	20.01.96	22:33	23:03	23°37'-70°27'	23°38'-70°27'	0	3.4	321.6	375.0
68	21.01.96	08:53	09:53	23°32'-70°42'	23°28'-70°44'	0	3.4	0.0	0.0
69									

\* = Corresponde a la profundidad (en metros) de la relinga superior de la red de arrastre de media agua

Tabla 5 Peso promedios empíricos de anchoveta en las zonas de Arica, Iquique, Antofagasta y Total zona de estudio. Crucero RECLAN 9501 y RECLAN 9601.

Longitud (cm)	Arica Peso Prom. (g)	Iquique Peso Prom. (g)	Antofagasta Peso Prom. (g)	Total 1996 Peso Prom. (g)	Total 1995 Peso Prom. (g)
8					
8,5	4,00		4,00	4,00	3,80
9	4,62		4,25	4,55	6,70
9,5	5,35		5,50	5,36	5,40
10	6,98	7,50	7,67	7,02	6,30
10,5	7,98		7,94	7,98	7,20
11	9,01	8,42	8,90	8,93	8,60
11,5	10,26	10,17	10,74	10,44	10,40
12	11,30	12,43	12,94	12,62	11,60
12,5	12,44	14,61	14,63	14,58	13,10
13	14,50	16,03	16,01	16,01	14,80
13,5	18,41	17,73	18,30	18,07	16,70
14	20,71	19,84	20,66	20,37	19,30
14,5	23,21	22,04	23,25	22,95	20,70
15	25,92	23,74	25,61	25,35	22,90
15,5	28,54	24,32	27,32	27,28	25,50
16	30,74	27,52	29,67	29,53	26,30
16,5	33,50	29,29	33,02	32,45	29,50
17	33,50	32,00	35,47	34,86	28,70
17,5		33,60	37,81	37,17	30,00
18		33,25	39,33	38,53	
18,5		38,00	42,13	41,06	
19		40,00	46,00	45,33	

Tabla 6 Estimación de parámetros de la relación longitud-peso por zonas y total zona de estudio. Crucero RECLAN 9501 y RECLAN 9601.

Parámetro	Arica	Iquique	Antofagasta	Total 1996	Total 1995
a	0,00378	0,01543	0,00554	0,00574	0,00943
b	3,24207	2,68850	3,09337	3,07490	2,86019
Error Coef.(Peso)	0,02287	0,02743	0,02918	0,02503	0,04176
Error Coef.(Long.)	0,05919	0,08048	0,05969	0,05120	0,10138
Coef. Determinación	0,99469	0,98586	0,99260	0,99448	0,97908
N	18	18	22	22	19
grados de libertad	16	16	20	20	17

RSS	0,14928	0,11618	0,10708	0,23897	0,17912
RDF	16	16	20	20	17
$\Sigma x^2$	21,7777	24,3663	17,5480	28,1395	23,3229

Comparación de b	g. de l.	t calculado	t(g. de l.; 0,975)	
RECLAN 9501 - 9601	34	-7,213	2,032	D.S.
Arica - Iquique	32	20,61	2,037	D.S.
Iquique - Antofagasta	36	-16,42	2,028	D.S.
Arica - Antofagasta	36	5,49	2,020	D.S.

D.S. = diferencia significativa



Tabla 7 Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter 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
09.06.92	Mejillones	27,2	28,3	28,4	27,3	28,3	28,3
07.09.92	Mejillones	27,2	28,2	28,3	27,3	27,9	28,5
30.07.93	Valparaíso	26,5	27,3	27,4	26,5	27,0	27,4 (1)
10.08.94	Lag. Verde	27,1	28,1	28,1	27,4	27,8	28,1 (2)
19.08.94	Mejillones	27,4	28,2	28,4	27,3	28,2	28,6
06.08.95	Mejillones	27,1	28,1	28,3	27,2	28,1	28,4
04.12.95	Valparaíso	27,1	28,1	28,2	27,2	28,0	28,4

NOTA:

- (1) Cambio de tarjeta transceiver
- (2) Medición repetida por condición inestable de la esfera

Tabla 8 Valores modales de la intensidad de blanco  $TS_{mo}$  (dB), número de blancos filtrados, área dispersante promedio de los peces ( $\bar{\sigma}$ ),  $V(\bar{\sigma})$  y  $\sigma$  máximos y mínimos, por lance para la frecuencia de 120 khz, con pulso corto.

Lance Nº	N	$TS_{mo}$ (dB)	$\bar{\sigma}$ ( $m^2 \times 10^{-5}$ )	$V(\bar{\sigma})$ ( $\times 10^{-10}$ )	$\sigma_{máx}$ ( $m^2 \times 10^{-5}$ )	$\sigma_{mín}$ ( $m^2 \times 10^{-5}$ )
64	60	-57,50	3,3542	1,6433	1,43	6,30
30	630	-54,00	7,776	14,3995	2,01	15,80
29	154	-55,34	3,9031	3,2023	1,11	7,88
27	82	-52,56	5,6861	5,5900	2,07	1,05
24	370	-55,00	3,9542	2,9625	1,59	7,88
19	559	-54,66	5,3384	10,0885	1,31	14,0
17	977	-54,00	5,1973	6,4215	2,00	15,7

Tabla 9 Valores modales de la intensidad de blanco  $TS_{mo}$  (dB), número de blancos filtrados, área dispersante promedio de los peces ( $\sigma$ ),  $V(\sigma)$  y  $\sigma$  máximos y mínimos, por lance para la frecuencia de 120 khz, con pulso medio.

Lance N°	N	$TS_{mo}$ (dB)	$\bar{\sigma}$ ( $m^2 \times 10^{-5}$ )	$V(\bar{\sigma})$ ( $\times 10^{-10}$ )	$\sigma_{m\acute{a}x}$ ( $m^2 \times 10^{-5}$ )	$\sigma_{m\acute{i}n}$ ( $m^2 \times 10^{-5}$ )
17	825	-56,09	3,1483	2,4605	0,98	7,78
38	27	-55,14	4,5693	3,8333	1,76	7,77
67	71	-54,50	3,8089	3,6947	1,06	7,76
64	19	-58,03	2,0732	0,5984	1,13	3,96
30	172	-54,50	3,7127	3,9782	1,05	7,88
29	155	-56,00	3,8849	3,2330	1,08	7,88
26	45	-57,12	2,6684	1,5385	1,03	6,03
24	351	-56,70	2,9983	2,2767	1,02	6,30
19	253	-56,50	3,5134	3,5918	1,00	7,84

Tabla 10 Análisis de varianza de la regresión TS-L de anchoveta con 120 khz y pulso corto (TS = 27,3196 LOG L-85,9047).

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Nivel de probabilidad
Modelo	11,4087	1	11,4087	22,92	0,004
Residual	2,4884	5	0,4977		
Ajuste	1,0617	2	0,5308	1,1162	0,43
Error puro	1,4267	3	0,4756		

$$r^2 = 0,821; n = 7$$

Tabla 11 Análisis de varianza de la regresión TS-L de anchoveta con 120 khz y pulso medio (TS=27,8007 LOG L - 87,6113).

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Nivel de probabilidad
Modelo	5,7208	1	5,7208	7,1448	0,032
Residual	5,6049	7	0,8007		
Ajuste	0,8965	2	0,4483	0,4760	0,647
Error puro	4,7084	5	0,9417		
Total	11,3256	8			

$$r^2 = 0,505 \quad n = 9$$

Tabla 12 Comparación entre las regresiones ajustadas para 120 khz en pulso corto y medio

Fuente	Regresión 1 (pulso corto)	Regresión 2 (pulso medio)	Regresión común
Intercepto	-85,9047	-87,6113	-88,2403
pendiente	27,3196	27,8007	28,7987
SCE(1)	11,408	5,72	18,95
SCR	2,488	5,60	13,35
SCT	13,89	11,32	32,31
n	6	8	15

$$F_{\text{calc}} = 3,253$$

$$F_{(2,13,0,05)}^* = 3,68$$

$H_0$  : Regresión 1 = Regresión 2 (acepta  $H_0$ )

Tabla 13 Análisis de varianza de la regresión TS-L de anchoveta con 120 khz conjunta (TS = 28,7987 LOG L - 88,2403).

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Nivel de probabilidad
Modelo	18,9594	1	18,9594	19,88	0,00054
Residual	13,3503	14	0,9536		
Ajuste	1,0725	3	0,3575	0,32	0,81
Error puro	12,2777	11	1,1162		
Total	32,3097	15			

$$r^2 = 0,587 \quad n = 16$$

Tabla 14 Relaciones funcionales de TS respecto a la longitud de diversos autores.

Especie	Relación funcional	Talla (cm)	Frec.	Autor
Herring	TS = -56,8 + 13,6 log (L)	8-39	38	Nakken, 1977
sprat	TS = -60,8 + 17,2 log (L)	5-19	38	Nakken, 1977
Anchoveta	TS = -57,84	7,5	38	Barange, 1994
del cabo	TS = -57,73	7,34	38	Barange, 1994
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
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

herring : Clupea harengus  
 sprat : Spratus spratus  
 anchoveta del cabo : Engraulis capensis

Tabla 15 Biomasa, Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$  coeficientes de variación (CV) y error (%) de anchoveta. Crucero RECLAN 9601.

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
3.560	78.469	2,57781	31,8	0,193	1,78935	26,5	0,161	2,55038	31,6	0,192

Tabla 16 Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$  , coeficiente de variación (CV) y biomasa de la fracción reclutas de anchoveta. Crucero RECLAN 960/1.

METODOS		CONGLOMERADOS		ESTRATOS AGRUPADOS		BOOTSTRAP	
Area (mn <sup>2</sup> )	Biomasa (t)	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>08</sup> )	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>08</sup> )	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>06</sup> )	CV
3.560	5.964	0,14	0,64	0,14	0,63	0,14	0,64

Tabla 17 Número de individuos y pesos por rango de talla de anchoveta, según el método acústico.

Rango talla (cm)	Nº individuos ( $\times 10^7$ )	Peso (t)
9,0- 9,5	6,68672	359,42
9,5-10,0	7,13298	450,77
10,0-10,5	7,71178	568,36
10,5-11,0	7,42017	633,12
11,0-11,5	6,93415	680,42
11,5-12,0	6,59835	740,10
12,0-12,5	6,37743	813,11
12,5-13,0	6,45344	930,51
13,0-13,5	7,11849	1.155,27
13,5-14,0	7,31492	1.330,37
14,0-14,5	8,41700	1.708,51
14,5-15,0	8,56902	1.933,95
15,0-15,5	8,63552	2.159,33
15,5-16,0	7,02039	1.938,54
16,0-16,5	6,71637	2.041,66
16,5-17,0	6,49785	2.168,14
17,0-17,5	6,35534	2.321,33
17,5-18,0	6,35534	2.534,51
18,0-18,5	6,35534	2.760,52
18,5-19,0	6,35534	2,999,75
TOTAL	141,02600	30.227,68
B = 71.215 t		

Tabla 18 Biomasa de la fracción recluta en peso y número y coeficientes de variación por el método geoestadístico.

	Biomasa	$V(B_0)$	CV
Número	519.628.647	$1,04615 \times 10^{-17}$	0,63
Peso (t)	5.877	$0,13 \times 10^{-8}$	0,62

Tabla 19. Varianza  $V(\hat{B}_0)$  , coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de anchoveta por el método Geoestadístico.

	Area (mn <sup>2</sup> )	Biomasa (t)	V(B <sub>0</sub> ) (x10 <sup>-8</sup> )	E(%)	CV
Anchoveta	2.740	77.266	0,68313	17,6	0,11
Fracción recluta (peso)	2.740	5.877	0,13		0,62

Tabla 20 Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$  , coeficiente de variación (CV) y biomasa de la fracción reclutas de anchoveta en número. Crucero RECLAN 9601.

METODOS		CONGLOMERADOS		ESTRATOS AGRUPADOS		BOOTSTRAP	
Area (mn <sup>2</sup> )	Biomasa ( N°)	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>17</sup> )	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>17</sup> )	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>17</sup> )	CV
3.560	527.320.955	1,12333	0,64	1,10376	0,63	1,12249	0,64

Tabla 21. 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	77,8	28,3
Fracción recluta	9,6	23,6

**ANEXOS**



**A N E X O 1**

**Descriptores de archivos de datos magnéticos**

1. REGISTROS ACUSTICOS

La información concerniente a la evaluación hidroacústica 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:

Línea	Columna	Tipo de Información
1	1-	nombre del crucero
2	2-	barco
3	3-	zona
4 y +	1 a 3	número de la IBM
	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 (Sa)

**(1) Códigos de especie**

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	= 0

**(2) Códigos del tipo de agregación**

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

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

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 OCEANOGRÁFICOS

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 : cl1.dat

cl1 : transecta

Estructura archivo

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

	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  
subdirectorio : dat  
Archivo : EPC1.dat  
EPC1 : transecta

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

---

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

Directorio: OCEANOG  
subdirectorio : dat  
Archivo: t1.dat  
t1: transecta

Estructura archivo

---

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

---

Directorio: OXIGENO  
Subdirectorio dat  
archivo oxil.dat  
oxil: 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 (ml/l)	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 .prn, ordenados por lance según el nombre LXX.prn, 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 (cm)	1 - 12
FREC. NUM	13 - 21
PESO (g)	22 - 30
PESO PROM A LA TALLA (g)	31 - 39

ANEXO 2

INFORME DE VIAJE A NORUEGA PARA PARTICIPAR EN CRUCERO  
HIDROACUSTICO

por: Jorge Castillo P.



**INFORME DE VIAJE  
COMISION DE SERVICIO A NORUEGA PARA PARTICIPAR EN CRUCERO  
ACUSTICO**

Preparado por : Jorge Castillo P

**1. INTRODUCCION**

El proyecto FIP 95-02 "Evaluación del Reclutamiento de Anchoqueta en las regiones I y II", contemplaba la consultoría del Dr. Ole Misund del Institute of Marine Research of Bergen, Noruega, para la supervisión del procesamiento y análisis de datos tendientes a la estimación de la intensidad de blanco (TS) de anchoqueta mediante métodos indirectos. Con este fin en dos oportunidades se realizaron trabajos experimentales a bordo de buques pesqueros de la zona norte, equipados con el sistema acústico EK-500. Sin embargo los resultados fueron insatisfactorios para alcanzar el objetivo planteado, según se explica en el Pre-informe final del proyecto.

Considerando lo anterior y teniendo presente que el Dr. Misund invitó al jefe del presente proyecto a participar en un crucero de evaluación acústica de caballa en el mar del Norte, en el que se utilizaría el sonar y econtegrador, se solicitó al Consejo de Investigación Pesquera la autorización para reemplazar los fondos destinados a la consultoría del Dr. Misund por el viaje del Jefe de Proyecto a Noruega para participar en el citado crucero (carta IFOP/DIR/96/346), solicitud que fue aprobada el 1 de octubre de 1996 mediante carta FIP N°703.

## 2. ITINERARIO

07.10.96 Salida desde Santiago  
09.10.96 Llegada a Bergen. Noruega  
10-11.10.96 Visita a distintas dependencias y laboratorios del Institute of Marine Research. Reunión con el Director General del IMR Dr. Roald Vaage, participan Egil Ona, Ingvald Svellingen y Ole Misund.  
12-18.10.96 Embarcados en M/V Libas. Prospección en sector norte de zona de estudio.  
18.10.96 Recalada a Bergen para desembarque de la captura.  
18-19.10.96 Estadía en Bergen.  
20-23.10.96 Embarcado en M/V Libas. Prospección en sector sur del área de estudio.  
23.10.96 Recalada en Alesund, para desembarque de la captura.  
24.10.96 Viaje a Bergen, vía aérea.  
25-29.10.96 Estadía en el IMR (Bergen).  
30.10.96 Salida desde Bergen  
31.10.96 Llegada a Santiago.

## 3. PERSONAL PARTICIPANTE Y DESCRIPCION DEL BARCO Y EQUIPOS

### 3.1 Personal participante

Ole Arve Misund Jefe de Crucero- Acústico  
Arvid K. Beltestad Investigador Senior-Acústico  
Hans Petter Knudsen Ingeniero Senior- Electrónico  
Dankert Svagen Investigador- Matemático, muestreo biológico

### 3.2 Descripción del barco y equipos utilizados

El barco utilizado en esta investigación es un pesquero multipropósito, preparado para faenas de cerco y arrastre a mediagua, al que se le instalan los equipos acústicos científicos. Este pesquero es arrendado por el IMR para la realización del crucero. La cancelación del arriendo, se efectúa mediante un incremento de la cuota de pesca correspondiente, además las capturas realizadas durante el crucero, son propiedad del armador.

Nombre del barco : LIBAS  
 Armador : Lie Management AS  
 Astillero y Año de construcción : Eidsvik Skipsbyggeri AS, 1994.  
 Tipo de barco : Pesquero multipropósito cerco-  
 arrastrero  
 Eslora : 60,9 m  
 Manga : 11,6 m  
 Puntal : 6,0 m  
 TRB : 1.090 t  
 TRN : 327 t  
 Potencia (BHP) : 3.590 HP  
 Motor principal : Wärtsilä Wichmann 8V28B  
 Andar : 17 nudos  
 Hélices laterales : 2 (proa 350 HP, popa 550 HP).

**Artes de pesca** : Cerco de jareta y red de arrastre a mediagua.

**Equipos de comunicación** :

Radio HF Sailor R 2122  
 Radio VHF Sailor RT 2048  
 Radio system HF SSB TRP 7000  
 Telefono celular (2)

**Equipos de navegación:**

Radar FURUNO  
Plotter FURUNO

**Equipos acústicos para la pesca:**

Sonar SIMRAD SR 240  
Sonar FURUNO GSH 70-180 A  
Ecosonda SIMRAD EQ-50 Dual Frequency (50/200 Khz)  
Ecosonda SIMRAD ES 380 (38 kHz)  
Scanmar CGM-05

**Equipos Acústicos científicos**

Sistema SIMRAD EK-500 (38 khz)  
Sistema BEI-500  
Work Station HP Vizualize C160 L (Conectado a sonar SR 240)  
Work Station SPARC que funciona con BEI 500.

**4. ACTIVIDADES REALIZADAS**

**4.1 Actividades realizadas a bordo**

Durante el crucero, fuí incorporado al equipo de trabajo, que estaba constituido por 4 personas, participando en los turnos de operación de los equipos acústicos; en el procesamiento de los datos y en los lances de pesca.

De este modo, fue posible conocer el funcionamiento del software BEI-500 (Bergen Echointegrator) en el procesamiento de la información acústica para la separación de especies, en el análisis a nivel de cardúmenes y en la evaluación de la biomasa.

También fue posible observar las maniobras necesarias para realizar las mediciones de las características geométricas de los cardúmenes, tendientes a determinar la intensidad de blanco de caballa en forma indirecta, mediante la combinación de dichas características con la ecointegración, realizada con el sistema EK-500 y la cuantificación de la captura. Al respecto es necesario mencionar que el software implementado en la work station HP Vizualize C 160L, realiza en forma automática las mediciones de largo del registro acústico, ancho del registro acústico, latitud, longitud, número de pulso, área del cardúmen, hora, fecha, Rumbo, Rango, ángulo del transductor, profundidad del cardúmen y velocidad, para lo cual es necesario mantener el barco detenido el tiempo necesario a una distancia de 150-200 m del cardúmen, sondeándolo con el sonar en una escala suficientemente rápida para que no se pierda de la pantalla. Posteriormente a las mediciones con sonar, el cardúmen es insonificado con el ecoinTEGRADOR y finalmente es capturado, cuantificándose la captura en tambores. Durante el presente crucero, estas mediciones sólo se pudieron realizar en 4 oportunidades, lográndose la captura sólo en 2, situación que se debe a la rápida reacción de la caballa frente al barco y a la red durante el lance.

#### **4.2 Actividades realizadas en tierra**

Durante la estadía en Bergen una de las actividades (25.10.96) fue exponer a investigadores del IMR y Directorate de Pesquerías (aproximadamente 20 personas) los resultados de las evaluaciones hidroacústicas de recursos pelágicos en la zona Norte de Chile.

El día 25.10.96 se sostuvieron reuniones con el Director de investigaciones del IMR Dr. Aasmund Bjordal, con el Dr. Arill Engäs, especialista en tecnología pesquera, particularmente en

redes de arrastre de fondo y mediagua y con el Dr. Sygmund Myklevoll, encargado del programa de marcaje de la caballa.

Los días 28 y 29.10.96 se trabajó con el Dr. Egil Ona en la discusión de los resultados de la intensidad de blanco de anchoveta y sardina común, realizados en Chile, analizándose los posibles sesgos y soluciones de los trabajos efectuados en Chile, recibiendo algunas sugerencias para reducir el efecto de blancos múltiples en los experimentos in situ con anchoveta. Se asistió a un seminario del candidato a Phd de la Universidad de Bergen Sr. Xianyong Zhao, con el tema "Target Strength of herring measured by split beam transducer". Además el día 28.10.96 se asistió a la estación de acuicultura Austelvoll del IMR, donde fue posible observar el desarrollo de experimentos realizados con herring para establecer la influencia del tamaño de las gónadas sobre el volumen de aire contenido en la vejiga gaseosa y sus efectos sobre la intensidad de blanco individual.

Una de las sugerencias recibidas y que serán puesta en práctica durante el próximo crucero de evaluación del reclutamiento de anchoveta próximo a iniciarse, se encuentra la idea de reducir el volumen acústico de muestreo del haz del ecosonda mediante la profundización de los transductores a profundidades cercanas a la distribución de los peces y hasta que lo permita el campo cercano del mismo. Para efectuar esto, es necesario instalar los transductores en un marco de hierro que los estabilice del movimiento normal del barco. Las experiencias se deben efectuar con el barco detenido.

## 5. COMENTARIOS

Es importante establecer que dada la inexistencia de equipos y software en Chile, la tecnología del sistema de recolección y procesamiento de datos desde el sonar, debe ser ajustado a las disponibilidades nacionales, por lo que la aplicación del método en Chile, considera un sistema de grabador en video cassette, con el procesamiento en tierra en un televisor.

Sin embargo, se observaron problemas similares a los encontrados en nuestro caso, en este sentido se puede mencionar que al igual que en las experiencias realizadas en Chile, el Ek 500 y el sonar SIMRAD SR 240 presentan interferencias, producida basicamente por la potencia del EK 500. En atención a las experiencias realizadas durante el presente proyecto, este problema está en vías de solución en nuestro caso, mediante un circuito que controla los disparos de ambos equipos, debiendo ser implementado a bordo del barco pesquero en los próximos trabajos.

El factor crítico de este método lo constituye la disponibilidad de cardúmenes, elemento que en el caso del norte de Chile se transforma en un elemento que puede ser determinante para el éxito del trabajo, puesto que es difícil mantener el barco insonificando el cardúmen con el sonar un extenso tiempo debido a la alta competencia entre los barcos. En todo caso se perciben buenas posibilidades de implementación, adecuando a nuestra realidad la tecnología observada en Noruega.

El software de postprocesamiento acústico (BEI-500), reduce en forma importante el tiempo de procesamiento e incrementa las posibilidades para extraer un mayor provecho de esta información, siendo bastante poderoso en trabajos en peces pelágicos. Sin embargo, se detectaron algunas limitaciones en el caso de

prospecciones de recursos demersales, motivadas en deficiencias en el algoritmo de discriminación del fondo del mar, particularmente cuando éste presenta condiciones irregulares.

Con la excepción de los equipos computacionales y software de postprocesamiento, los procedimientos de trabajo, estrategias de muestreo y modo de operación de los equipos acústicos observados en la presente prospección, son similares a los utilizados en Chile.

Por otra parte, las visitas a los laboratorios de electrónica y a la estación de terreno de Austelvoll y las entrevistas con diversos investigadores del IMR, permiten establecer diferencias con el modo de operación de Chile, basadas basicamente en la existencia de programas de investigación de mediano y largo plazo, con los que se consigue desarrollar investigaciones para el manejo de los recursos y para el desarrollo tecnológico.