



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS F I P**

FIP - IT / 94 - 13

INFORME : EVALUACION HIDROACUSTICA DE LOS  
FINAL : STOCKS DE SARDINA ESPAÑOLA,  
ANCHOVETA Y JUREL EN LA ZONA  
NORTE (I A IV REGIONES)

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO  
EJECUTORA

**INFORME FINAL**

**PROYECTO**

**"EVALUACION HIDROACUSTICA DE LOS STOCKS DE  
SARDINA ESPAÑOLA, ANCHOVETA Y JUREL  
EN LA ZONA NORTE, I A IV REGIONES"**

**REQUIRENTE: FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA, FIP.**

**EJECUTOR : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP.**

**JEFE DE PROYECTO**

**Jorge Castillo P.**

**AUTORES :**

**EVALUACION Y DISTRIBUCION DE RECURSOS**

(objetivos 2.1; 2.2; 2.3 y 2.6)

Jorge Castillo P.

María Angela Barbieri B.

Adrián Paillaman P.

Ulises Parker P.

**OCEANOGRAFIA FISICA**

(objetivos 2.5 y 2.6)

José Luis Blanco G.

Hernán Reyes R.

**ICTIOPLANCTON**

(objetivo 2.4)

Juan Mauricio Braun A.

**FLUORESCENCIA Y CLOROFILA a**

(objetivo 2.7)

Jorge Osses R.

Marzo, 1995

## PERSONAL PARTICIPANTE

### Acústica

Jorge Castillo P.	Jefe de Proyecto
José Córdova M.	Ingeniero Pesquero
Bernardo Leiva	Ingeniero Pesquero
Hugo Robotham V.	Estadístico
Roberto Bahamonde F.	Ingeniero Pesquero
Marcos Espejo V.	Ingeniero Electrónico
Gastón Rosson	Técnico Pesquero
Ulises Parker P.	Biólogo Pesquero
Adrián Paillamán P.	Ingeniero Pesquero
María Angela Barbieri B.	Ingeniero Pesquero
Juan Barañados	Técnico
Mauricio Castro	Muestreador
Nancy Espinoza A.	Asistente

### Oceanografía Física

José Luis Blanco G.	Oceanógrafo
Hernán Reyes R.	Oceanógrafo
Guillermo Ortega S.	Técnico
Sergio Contreras E.	Técnico

### Ictioplancton

Juan Mauricio Braun A.	Licenciado en Biología
Omar Rojas J.	Médico Veterinario
Vivian Valenzuela C	Biólogo Marino
Verónica Ortíz R.	Técnico Marino
Hernán Miles U.	Técnico

### Fluorescencia y Clorofila a

Jorge Osses R. Profesor de Química

## I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, correspondiente al Informe final del proyecto FIP "Evaluación hidroacústica de los stocks de sardina española, anchoveta y jurel en la zona norte, I a IV regiones" presenta los resultados de la estimación de la biomasa, distribución geográfica y batimétrica de sardina española, anchoveta y jurel y las condiciones oceanográficas físicas asociadas a los recursos. Además, se entregan los resultados de la determinación de la fluorescencia in vivo, la cuantificación de la clorofila a, feopigmentos y la distribución geográfica y abundancia de huevos y larvas de las especies objetivo. La zona de estudio estuvo comprendida entre Arica y Coquimbo (Regiones I a IV) desde la costa a las 100 mn.

La prospección de los recursos y la recolección de los datos oceanográficos se realizó mediante un crucero a bordo del B/I Carlos Porter entre el 23 de Agosto y el 1 de Octubre de 1994, correspondiente al invierno, período en que se registra la máxima intensidad del desove de la mayoría de los recursos pelágicos.

El muestreo oceanográfico se realizó en estaciones ubicadas en las transectas a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa, completándose un total de 234 estaciones, se recolectó información de temperatura, salinidad y oxígeno desde la superficie hasta los 600 m como máximo.

Las mediciones de clorofila a (cloa), feopigmentos (feop) y fluorescencia (fl) in vivo, se efectuaron aplicando las metodologías estándares descritas en Parsons et al. (1986). Las muestras para análisis de fl, cloa y feop, se obtuvieron a las profundidades estándares de 0, 5, 10, 25, 50, 75 y 100 m en las transectas impares. Se obtuvieron además, muestras superficiales en las transectas pares para análisis de cloa y feop, con el fin de mejorar la resolución horizontal. Se realizaron un total de 781 y

836 análisis de cloa y feop, respectivamente. Además se tomaron 55 muestras en duplicado para validar la metodología de análisis de cloa. La información de cloa y feop fue integrada para toda la columna de agua por el método trapezoidal y se relacionó con la información superficial, por estación, analizando de este modo la representatividad de la información superficial para describir el estado biológico de toda la columna de agua. La validez cualitativa de la fl respecto a la cloa se efectuó mediante un análisis de regresión lineal simple.

Se realizó un análisis que integró la información de oceanografía física con las variables biológicas mencionadas anteriormente.

La evaluación se realizó mediante métodos hidroacústicos en transectas paralelas entre sí y perpendiculares a la costa con una separación de 20 mn entre Arica y bahía Copiapó ( $27^{\circ}20'S$ ) y 25 mn entre bahía Copiapó y Coquimbo, completándose un total de 34 transectas. Se analizan las distribuciones de los recursos mediante correlogramas, variogramas y los índices de densidad y cobertura.

Se utilizó el sistema acústico científico SIMRAD EK 500, en la frecuencia de 38 Khz, eointegrándose entre la superficie y los 500 m, con una longitud de pulso de 1,0 mseg, potencia 1/1 (2 KW) y tasa de sondeo 1/seg. Los estimados de biomasa se realizaron mediante procedimientos estándar, mientras que la precisión se estableció con los métodos de Conglomerados, Estratos Agrupados y Bootstrap.

La asignación de los registros acústicos por especie se efectuó mediante el método acústico del coeficiente volumétrico de dispersión (Sv) de los cardúmenes, validado con pescas de identificación con artes de cerco, realizadas con el PAM Puren de

Pesquera Coloso y con las capturas georeferenciadas de la flota que operó contemporáneamente a la prospección.

Las condiciones oceanográficas registradas durante el crucero, indican que la temperatura superficial presentó valores entre 13,38 y 17,54 °C, aumentando de sur a norte y desde la costa hacia el sector oceánico, disminuyendo levemente por fuera de las 70 mn. Entre las 20 y 70 mn se evidencia la entrada de aguas mas cálidas hacia el sur y una presencia o avance hacia el norte de aguas más frías en el sector oceánico por fuera de las 70 mn.

La anomalía de temperatura superficial respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds (1982) presenta valores cercanos a 0°C, lo que indica una normalidad en casi toda el área.

La salinidad superficial aumenta de sur a norte con valores que fluctúan de 34,16 a 35,13.

La capa superficial de todo el sector se encuentra bien oxigenada con valores homogéneos entre 5 y 6 ml/l, donde los mínimos valores de oxígeno, se ubican en la franja costera.

En el área se identificaron cinco masas de agua. Estas son: masa de agua subtropical costera (AST-1), subtropical oceánica (AST-2), subantártica (ASAA), ecuatorial subsuperficial (AESS) e intermedia antártica (AIAA).

De Taltal al norte y en los primeros 30 a 40 metros se ubicó el Agua Subtropical Costera (AST-1) y el Agua Subtropical Oceánica (AST-2).

El AST-2 se presentó en el área oceánica desde Iquique al norte y frente a Mejillones, con salinidades y temperaturas superiores a 35,0 y 16°C respectivamente.

El Agua Subantártica (ASAA) se presentó desde Taltal al sur entre la superficie y los 100 metros con salinidades de 34,4 a 34,6, temperaturas de 11 a 14°C y concentración de oxígeno disuelto mayores a 5 ml/l. Al norte de Taltal el ASAA se ubicó bajo el AST con valores de 34,4 a 34,8 en salinidad, 11° a 15°C en temperatura y 4 ml/l en oxígeno disuelto. En general esta masa de agua disminuyó su participación hacia el norte y hacia la costa.

El AESS se ubicó bajo el ASAA aumentando su participación hacia el norte y hacia la costa con valores característicos en su núcleo de 34,6 a 34,9 en salinidad, 10 a 13°C en temperatura y menores a 0,5 ml/l en oxígeno. El espesor de esta masa de agua es de 350 metros en el sector norte y variable entre 250 y 350 hacia el sur. Su núcleo se encontró centrado aproximadamente en los 200 metros.

Bajo los 500 metros se presentó el límite superior del AIAA con valores inferiores a 34,6 y 8°C en salinidad y temperatura respectivamente, y mayores a 1 ml/l en oxígeno en el extremo norte y a 2 ml/l en el sur.

Los resultados indican que la mayores concentraciones de clorofila a (1 a 21 mg/m<sup>3</sup>) estuvieron distribuidas en el sector costero entre Arica y sur de Iquique y en la zona oceánica, en las cercanías de Antofagasta hasta Coquimbo. La cloa superficial es un buen indicador de la estructura biológica de la columna de agua, en zona con concentraciones altas y de gradientes suaves en la columna de agua. La excepción a este patrón estuvo asociada a zonas con concentraciones bajas y homogéneas de cloa ( < 0,5 mg/m<sup>3</sup>) o con máximos subsuperficiales.

Los resultados de los registros de fl indican que esta variable puede ser considerada un buen indicador cualitativo de biomasa fitoplanctónica, aún cuando se recomienda mantener las mediciones directas de cloa para establecer un criterio semi-cuantitativo, en próximos trabajos de este tipo.

Las mayores concentraciones de cloa estuvieron asociadas a zonas con anomalías de temperaturas iguales o levemente menores que 0 o a sistemas de circulación de tipo ciclónico y meandros. La zona de convergencia observada a la cuadra de Taltal, estuvo asociada a la discontinuidad observada en el patrón de distribución de la biomasa fitoplanctónica.

Los principales resultados del estudio del ictioplancton revelan que durante el invierno de 1994, las mayores densidades promedio de huevos y larvas correspondieron a anchoveta, indicando una marcada predominancia del desove de esta especie, respecto de sardina y jurel.

El ictioplancton de sardina con respecto a anchoveta presentó bajos niveles de abundancia. En general los huevos de sardina presentaron una modalidad nerítica en la postura, concentrándose más del 90% de ellos en las primeras 20 mn de la costa y en el área comprendida entre Mejillones y Punta Taltal, mientras que en las zonas norte y sur del área de estudio, ésta experimentó una marcada disminución. El índice de extensión del desove de sardina española, señala que en esta oportunidad se produjo una disminución en la cobertura geográfica de huevos y larvas, respecto a similar período de 1993.

La distribución geográfica de los huevos de anchoveta, señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y Punta Alcalde (28°35'S) y longitudinalmente se extendió hasta las

100 mn frente a Arica, sur de Caleta Vitor ( $18^{\circ}40'S$ ) y Punta Guaneras ( $20^{\circ}00'S$ ). Las áreas de mayor abundancia larvaria para anchoveta se detectaron frente a Punta Madrid ( $19^{\circ}00'S$ ), Caleta Lobos ( $21^{\circ}00'S$ ), Punta Chipana ( $21^{\circ}20'S$ ) y Mejillones, exhibiendo los niveles de abundancia una tendencia a la disminución en sentido norte - sur.

La anchoveta, presentó un significativo incremento en la distribución espacial del desove, acusando importantes aumentos con respecto a 1993, constituyéndose en el cuarto y segundo registro más importante de la serie histórica analizada para cada una de las fases de desarrollo (huevos y larvas). La intensidad del desove de esta especie, también presentó un importante incremento para ambas fases de desarrollo con respecto al invierno precedente.

El jurel, presentó una significativa reducción en sus niveles de desove en relación a 1993. No obstante lo anterior, esta especie registra en esta oportunidad un incremento en el estadio de huevo, constituyendo el quinto registro más alto de la serie 1983 -1994, mientras que la fase de larva alcanzan el cuarto nivel más alto registrado para el período analizado.

La biomasa zooplanctónica, para la zona Arica - Antofagasta, y en términos comparativos respecto de los cruceros de invierno precedentes, son los más altos de la serie histórica analizada (1985 - 1994). Los antecedentes respecto de la biomasa zooplanctónica en el área comprendida entre Antofagasta y Coquimbo son escasos, obteniendo sólo algunos resultados a contar del año 1991. Es así, como al contrastar los resultados obtenidos durante los cruceros realizados en el período de invierno entre los años 1991 y 1994, para esta zona se puede observar que los mayores promedios de la biomasa zooplanctónica se registraron en el año 1994, presentando un promedio de  $366 \text{ ml}/1.000 \text{ m}^3$ , y tasas de cambio

positivas respecto de los años 1991 y 1993 de 401% y 252%, respectivamente.

Los estimados de biomasa de los recursos, estimados mediante métodos acústicos, se entregan separados en tres subzonas denominadas: Arica-punta Amarilla (24°00'S); punta Amarilla-Caldera y; Caldera-Coquimbo.

En términos generales, se observó que los estimados de biomasa para las tres especies fueron mayores en la zona Arica-Punta Amarilla, tendiendo a disminuir en las zonas Punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo.

La biomasa estimada para el total de especies en la zona Arica-Caldera y Caldera-Coquimbo alcanzó a 2.575.342 t y 239.548 t respectivamente, los mayores valores se obtuvieron en la zona Arica-punta Amarilla con 2.044.200 t.

La especie mas abundante fue la anchoveta estimándose una biomasa de 1.646.627 t entre Arica y Caldera, registrándose el 83,5% (1.375.600 t) entre Arica y Punta Amarilla y 42.938 t entre Caldera-Coquimbo. Los estimados de biomasa de anchoveta alcanzados en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta, son los de mayor magnitud registrados desde 1985, año en que se detectó una recuperación de este recurso en la zona norte.

Para sardina española se evaluó una biomasa de 638.903 t entre Arica y Caldera, siendo la zona Arica-Punta Amarilla la mas abundante con el 68,1% de la biomasa (434.824 t), mientras que entre Caldera y Coquimbo alcanzó a 46.047 t. La biomasa estimada en la zona Arica-Antofagasta, es de orden similar al alcanzado en igual período de 1993 (462.100 t), siendo superior en un 40,8 y 12,7% a los alcanzados en los inviernos de 1990 y 1991,

respectivamente, representando una reducción del 42,7% respecto a igual período de 1992.

El jurel alcanzó entre Arica y Caldera 335.819 t, concentrándose el 63,4% (212.972 t) entre Arica y Punta Amarilla y 118.710 en la zona Caldera-Coquimbo. Los estimados de biomasa alcanzados en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta, se encuentran enmarcados en una tendencia negativa observada a partir de 1992, representando una reducción del 17,6; 277,2 y 58,3 % respecto a 1991, 1992 y 1993, respectivamente.

La distribución de sardina española se caracterizó por su alto nivel gregario en cardúmenes de tamaño pequeño y de alta densidad. Las mayores densidades tendieron a localizarse entre punta Barrancos (20°40'S) y Taltal con un Índice de Densidad de 177,9 t/mn<sup>2</sup>, detectándose en las zonas de pesca niveles superiores a las 195,2 t/mn<sup>2</sup>, llegando hasta las 341,6 t/mn<sup>2</sup>. Los análisis de los correlogramas y variogramas de la distribución de esta especie confirman el carácter altamente gregario del recurso.

El jurel mostró una distribución mas homogénea que la sardina española en toda la zona de estudio con valores de densidad entre 28,7 y 37,2 t/mn<sup>2</sup>.

La anchoveta también registró una distribución contagiosa, presentando índices de densidad entre 105,7 y 177,9 t/mn<sup>2</sup>, con el valor mayor ubicado entre punta Amarilla-Caldera. Sin embargo en las zonas de pesca se detectaron densidades entre 274,3 y 528,9 t/mn<sup>2</sup>.

<b>II. INDICE GENERAL</b>	<b>pág.</b>
<b>III. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO</b>	<b>1</b>
1. Objetivo General	1
2. Objetivos Específicos	1
<b>V. ANTECEDENTES</b>	<b>2</b>
<b>VI. METODOLOGIA</b>	<b>7</b>
1. ZONA DE ESTUDIO Y PLAN DE MUESTREO	7
2. CONDICIONES OCEANOGRAFICAS (objetivos 2.5 y 2.6)	8
2.1. Toma de datos	8
2.2. Procesamiento	8
3. DETERMINACION DE LA FLUORESCENCIA IN VIVO, Clorofila <u>a</u> Y FEOPIGMENTOS. (Objetivo 2.7)	10
3.1. Calibración del equipo de medición de fluorescencia	10
3.2. Medición de fluorescencia in vivo	11
3.3. Medición de clorofila <u>a</u>	11
3.4. Cálculo de clorofila <u>a</u> y feopigmentos integrados	12
3.5. Validación del método de análisis de clorofila <u>a</u>	12
3.6. Relación entre la clorofila <u>a</u> superficial y clorofila <u>a</u> integrada.	12
3.7. Relación entre la clorofila <u>a</u> superficial y fluorescencia.	13
4. DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES (Objetivo 2.4)	13
4.1. Calibración de flujómetros TSK	13
4.2. Descripción de las redes WP-2 y Bongo	14
4.3. Diseño de muestreo	15
4.4. Procesamiento de las muestras y análisis de la información	16
4.4.1. Huevos y larvas	20

4.5.	Biomasa zooplanctónica	20
4.6.	Análisis cualitativo y cuantitativo del zooplancton	
<b>5.</b>	<b>EVALUACION Y DISTRIBUCION DE RECURSOS</b> (Objetivos 2.1, 2.2, 2.3 y 2.6)	<b>22</b>
5.1.	Muestreo acústico	22
5.2.	Calibración electrónica del sistema de ecointegración	22
5.3.	Calibración de la constante de ecointegración	25
5.4.	Identificación de especies	25
5.5.	Procesamiento de la información acústica	27
5.6.	Determinación de la relación diurno-nocturno en la prospección acústica.	28
5.7.	Distribución de los recursos	28
5.7.1.	Cartas de distribución de los recursos.	28
5.7.2.	Análisis cartográfico de la información.	29
5.7.3.	Caracterización de las estructuras espaciales provenientes de la información acústica.	30
a.	Determinación y descripción de estructuras espaciales en la información acústica.	30
b.	Análisis de la estructura espacial de las distribuciones.	31
5.8.	Estimación de la biomasa y sus varianzas	31
5.8.1.	Biomasa	31
5.8.2.	Varianza	33
5.9.	Indices de cobertura y densidad	38
5.10.	Asociación entre las variables oceanográficas físicas y los recursos.	39
<b>VII.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>39</b>
<b>1.</b>	<b>CONDICIONES OCEANOGRAFICAS</b> (Objetivos 2.5 y 2.6)	<b>39</b>
1.1.	Viento	39
1.2.	Temperatura	40
1.3.	Salinidad	41
1.4.	Oxígeno	42
1.5.	Densidad	43
1.6.	Circulación	43

1.7. Masas de agua	44
<b>2. DETERMINACION DE LA FLUORESCENCIA IN VIVO, Clorofila <u>a</u> Y FEOPIGMENTOS.</b> (Objetivo 2.7)	45
2.1. Validación del método de análisis de clorofila <u>a</u> y feopigmentos.	45
2.2. Distribución superficial de fluorescencia in vivo, clorofila <u>a</u> y feopigmentos.	45
2.2.1. Fluorescencia in vivo.	45
2.2.2. Clorofila <u>a</u> superficial.	46
2.2.3. Feopigmentos superficiales.	47
2.3. Clorofila <u>a</u> y feopigmentos integrados	47
2.4. Relaciones funcionales entre la clorofila <u>a</u> superficial y la integrada.	48
2.5. Relación funcional entre la clorofila <u>a</u> y la fluorescencia	49
2.6. Distribución batimétrica de la fluorescencia in vivo, clorofila <u>a</u> y feopigmentos.	50
<b>3. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES.</b> (Objetivo 2.4)	53
3.1. Calibración de medidores de flujo.	53
3.2. Huevos y larvas	53
3.2.1. Sardina	54
3.2.2. Anchoqueta	57
3.2.3. Jurel	59
3.3. Biomasa zooplactónica	62
3.4. Composición, distribución y abundancia del zooplancton	64
3.5. Abundancia de huevos de sardina, anchoqueta y jurel en relación a la temperatura y salinidad (Objetivo 2.6)	67
3.6. Intensidad del desove de sardina y anchoqueta con relación a la temperatura superficial	68
3.7. Análisis comparativo entre las redes WP-2 y Bongo	70
3.8. Distribución y abundancia del ictioplancton en relación a la biomasa de los recursos detectados mediante técnicas hidroacústicas.	71

<b>4. EVALUACION Y DISTRIBUCION DE LOS RECURSOS</b>	<b>72</b>
<b>(Objetivos 2.1, 2.2, 2.3 y 2.6)</b>	
4.1. Calibración electroacústica del sistema EK-500	72
4.2. Pescas de identificación	73
4.3. Capturas de la flota contemporáneas al crucero	75
4.4. Relación día-noche de las lecturas acústicas	77
4.5. Distribución de los recursos	79
4.5.1. Distribución geográfica de los recursos	79
4.5.1.1. Total de especies	79
4.5.1.2. Sardina española	79
4.5.1.3. Anchoqueta	80
4.5.1.4. Jurel	81
4.5.2. Distribución batimétrica de los recursos	81
4.5.2.1. Sardina española	81
4.5.2.2. Anchoqueta	82
4.5.2.3. Jurel	83
4.5.3. Análisis cartográfico de la información	84
4.5.3.1. Caracterización, descripción y análisis de las estructuras espaciales provenientes de la información acústica.	84
4.5.3.2. Centros de gravedad de las distribuciones.	86
4.6. Estimados de biomasa de los recursos	87
4.7. Precisión de los estimados de biomasa	88
4.7.1. Total de especies	88
4.7.2. Sardina española	90
4.7.3. Anchoqueta	90
4.7.4. Jurel	91
4.8. Indices de cobertura y densidad	92
<b>VII. ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>94</b>
<b>1. CONDICIONES OCEANOGRAFICAS</b>	<b>94</b>
<b>(Objetivo 2.5)</b>	
1.1. Temperatura, salinidad y oxígeno	94

1.2. Surgencia	96
1.3. Masas de agua	96
1.4. Circulación	97
<b>2. DETERMINACION DE LA FLUORESCENCIA, Clorofilaa a Y FEOPIGMENTOS (Objetivo 2.7)</b>	<b>98</b>
2.1. Distribución de la fluorescencia y la clorofilaa a respecto de las variables físicas.	98
<b>3. DISTRIBUCION DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES (Objetivo 2.4)</b>	<b>100</b>
3.1. Sardina	102
3.2. Anchoqueta	104
3.3. Jurel	105
3.4. Biomasa zooplanctónica	105
<b>4. ESTIMADOS DE BIOMASA Y SU PRECISION (Objetivo 2.3)</b>	<b>106</b>
4.1. Estimados de biomasa	106
4.1.1. Sardina española	106
4.1.2. Jurel	107
4.1.3. Anchoqueta	109
4.2. Precisión de los estimados de biomasa	110
<b>5. INDICES DE COBERTURA Y DENSIDAD DE LOS RECURSOS (Objetivos 2.1 y 2.2)</b>	<b>114</b>
5.1. Índice de cobertura	114
5.1.1. Sardina española	114
5.1.2. Anchoqueta	115
5.1.3. Jurel	116
5.2. Índice de densidad	117
5.2.1. Sardina	117
5.2.2. Anchoqueta	118
5.2.3. Jurel	118

<b>6. CONDICIONES OCEANOGRAFICAS FISICAS Y DISTRIBUCION DE LOS RECURSOS (Objetivo 2.6)</b>	<b>119</b>
6.1. Sardina	119
6.2. Anchoveta	121
6.3. Jurel	122
<b>7. ASOCIACION ENTRE LA CLOROFILA <u>a</u> Y LOS RECURSOS (Objetivo 2.6)</b>	<b>123</b>
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	<b>130</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>137</b>
<b>TABLAS</b>	
<b>FIGURAS</b>	
<b>ANEXO I</b>	

### III. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

#### TABLAS

- Tabla 1. Categorías por densidad
- Tabla 2. Análisis de correlación lineal entre la clorofila a superficial ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y la clorofila a integrada ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
- Tabla 3. Análisis de correlación lineal simple entre la fluorescencia in vivo y la clorofila a, por transecta
- Tabla 4. Rangos de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) por transecta entre la superficie y 50 m.
- Tabla 5. Registro de pruebas de calibración de flujómetros. Crucero PELANOR 9408-09
- Tabla 6. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos. Crucero PELANOR 9408-09
- Tabla 7. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas. Crucero PELANOR 9408-09
- Tabla 8. Número de estadios tempranos de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa
- Tabla 9. Abundancia relativa del zooplancton/ $1.000\text{m}^3$  de agua filtrada
- Tabla 10. Constancia y dominancia numérica de los grupos zooplanctónicos

- Tabla 11. Número de larvas de anchoveta estandarizadas, colectadas con redes Wp-2 y Bongo en estaciones seleccionadas
- Tabla 12. Longitud promedio de las larvas de anchoveta capturadas con redes Wp-2 y Bongo
- Tabla 13. Análisis de Friedman para la comparación del número de individuos y tallas capturadas con redes Wp-2 y Bongo
- Tabla 14. Análisis de varianza entre el número de individuos y tallas colectadas con redes Wp-2 y Bongo
- Tabla 15. 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 16. Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter para la frecuencia de 120 Khz, por longitud de pulso (ms).
- Tabla 17. Localización geográfica de los lances de pesca. CRUCERO PELANOR (9408-09).
- Tabla 18. Capturas de la flota contemporáneas al crucero
- Tabla 19. Estimados de biomasa total, por especie y subzona. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Tabla 20. Varianza  $V(B_0)$ , coeficientes de variación (CV) y error (%) del estimado de biomasa total de especies
- Tabla 21. Varianza  $V(B_0)$ , coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de sardina

- Tabla 22. Varianza  $V(B_0)$ , coeficiente de variación (CV) y de error (%) de los estimados de biomasa de anchovetas
- Tabla 23. Varianza  $V(B_0)$ , coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de jurel
- Tabla 24. Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) ( $t/mn^2$ ) por especie y zona.
- Tabla 25. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos. Cruceros de Invierno. Zona Arica - Antofagasta
- Tabla 26. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas. Cruceros de Invierno. Zona Arica - Antofagasta
- Tabla 27. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos. Cruceros de Invierno. Zona Antofagasta - Coquimbo
- Tabla 28. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas. Cruceros de Invierno. Zona Antofagasta - Coquimbo
- Tabla 29. Rangos de volumen y biomasa del zooplancton en invierno de los años 1991-1994. Zona Antofagasta - Coquimbo.
- Tabla 30. Varianzas de la razón  $(V(R))$  entre  $(S^2)$  y dentro  $(S_2^2)$  de las transectas para sardina española ( $IBM's = 0,5 mn$ ).
- Tabla 31. Varianzas de la razón  $(V(R))$  entre  $(S^2)$  y dentro  $(S_2^2)$  de las transectas para sardina española ( $IBM's = 1 mn$ ).

Tabla 32. Varianzas de la razón (V(R)) entre ( $S^2$ ) y dentro ( $S^2_2$ ) de las transectas para anchoveta (IBM's = 0,5 mn).

Tabla 33. Varianzas de la razón (V(R)) entre ( $S^2$ ) y dentro ( $S^2_2$ ) de las transectas para anchoveta (IBM's = 1 mn).

Tabla 34. Varianzas de la razón (V(R)) entre ( $S^2$ ) y dentro ( $S^2_2$ ) de las transectas para el jurel (IBM's = 0,5 mn).

Tabla 35. Varianzas de la razón (V(R)) entre ( $S^2$ ) y dentro ( $S^2_2$ ) de las transectas para jurel (IBM's = 1 mn).

#### FIGURAS

Figura 1. Zona de estudio y red de transectas realizadas. Crucero PELANOR 9408-09.

Figura 2. Ubicación de transectas y estaciones bio-oceanográficas, zona Arica-Caldera. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

Figura 3. Dirección e intensidad (m/s) del viento registrado en las estaciones oceanográficas. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

Figura 4. Distribución superficial de a) temperatura ( $^{\circ}$ C) y b) anomalía de la temperatura ( $^{\circ}$ C) respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

Figura 5. Distribución de a) profundidad (m) de la isoterma de  $15^{\circ}$  ( $^{\circ}$ C) y b) salinidad superficial. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

- Figura 6. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 1. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 7. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 3. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 8. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 5. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 9. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 7. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 10. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 9. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 11. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 11. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

- Figura 12. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 13. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 13. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 15. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 14. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 17. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 15. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 19. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 16. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 21. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 17. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 23. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

- Figura 18. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 25. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 19. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 27. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 20. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 29. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 21. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 31. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 22. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 33. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 23. Distribución superficial de a) concentración de oxígeno disuelto (ml/l) y b) densidad. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 24. Distribución de la anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db, durante Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

- Figura 25. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 1, 5, 9 y 13. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 26. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 17, 21, 25 y 29. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 27. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transecta 33 y de 9 estaciones a lo largo de la sección a 40 y 100 millas de la costa. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 28. Diagrama de dispersión de duplicados de clorofila a, con el valor de correlación y la ecuación lineal que la representa.
- Figura 29. Distribución superficial de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Crucero PELANOR 370(3)94 CP.
- Figura 30. Distribución de la clorofila a y feopigmentos integrados entre la superficie y 100 m, en  $\text{mg}/\text{m}^2$ .
- Figura 31. Relación entre la clorofila a superficial e integrada, para las transectas (T): T1 (a), T3 (b), T5 (c), T7 (d), T9 (e), T11 (f).
- Figura 32. Relación entre la clorofila a superficial e integrada, para las transectas (T): T13 (g), T15 (h), T17 (i), T19 (j), T21 (k), T23 (l).

- Figura 33. Relación entre la clorofila a superficial e integrada, para las transectas (T): T25 (m), T27 (n), T29 (ñ), T31 (o) y T33 (p).
- Figura 34. Relación entre la clorofila a y fluorescencia, para las transectas (T): T1 (a), T3 (b), T5 (c), T7 (d), T9 (e), T11 (f).
- Figura 35. Relación entre la clorofila a y fluorescencia, para las transectas (T): T13 (g), T15 (h), T17 (i), T19 (j), T21 (k), T23 (l).
- Figura 36. Relación entre la clorofila a y fluorescencia, para las transectas (T): T25 (m), T27 (n), T29 (ñ), T31 (o) y T33 (p).
- Figura 37. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 1. (Lat.  $18^\circ 24.5'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 38. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 3. (Lat.  $19^\circ 00'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 39. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 5. (Lat.  $19^\circ 40'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

- Figura 40. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 7. (Lat.  $20^\circ 20'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 41. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 9. (Lat.  $21^\circ 00'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 42. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 11. (Lat.  $21^\circ 40'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 43. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 13. (Lat.  $22^\circ 20'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 44. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 15. (Lat.  $23^\circ 00'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 45. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 17. (Lat.  $23^\circ 40'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

- Figura 46. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 19. (Lat.  $24^\circ 20'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 47. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 21. (Lat.  $25^\circ 00'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 48. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 23. (Lat.  $25^\circ 40'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 49. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 25. (Lat.  $26^\circ 20'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 50. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 27. (Lat.  $27^\circ 00'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 51. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 29. (Lat.  $27^\circ 45'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

- Figura 52. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 31. (Lat.  $28^\circ 35'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 53. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 33. (Lat.  $29^\circ 25'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.
- Figura 54. Curvas de calibración de flujómetros utilizados en crucero PELANOR 9408-09. TSK 4909, TSK 4456 y TSK 4763.
- Figura 55. Distribución y abundancia de huevos de sardina, Sardinops sagax.
- Figura 56. Abundancia promedio de huevos y larvas de sardina con respecto a la latitud.
- Figura 57. Frecuencia acumulada de huevos de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa.
- Figura 58. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina con respecto a la latitud.
- Figura 59. Distribución y abundancia de larvas de sardina, Sardinops sagax.
- Figura 60. Frecuencia acumulada de larvas de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa.
- Figura 61. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta, Engraulis ringens.

- Figura 62. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la latitud.
- Figura 63. Abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la latitud.
- Figura 64. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta, Engraulis ringens.
- Figura 65. Distribución y abundancia de huevos de jurel, Trachurus murphyi.
- Figura 66. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de jurel con respecto a la latitud.
- Figura 67. Abundancia promedio de huevos y larvas de jurel con respecto a la latitud.
- Figura 68. Distribución y abundancia de larvas de jurel, Trachurus murphyi.
- Figura 69. Distribución de frecuencias por categorías de densidades de la biomasa zooplanctónica.
- Figura 70. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica total en ml/1.000m<sup>3</sup>.
- Figura 71. Niveles de abundancia de la biomasa zooplanctónica por estaciones a igual distancia de la costa.
- Figura 72. Biomasa promedio del zooplancton con respecto a la latitud.

- Figura 73. Curvas de tendencia de la abundancia promedio del zooplancton con respecto a la latitud en invierno de los años 1994(a), 1993(b) y 1992(c).
- Figura 74. Niveles de abundancia del zooplancton en 1.000m<sup>3</sup> por transecta
- Figura 75. Composición y distribución del zooplancton para las transectas 1, 7 y 10
- Figura 76. Composición y distribución del zooplancton para las transectas 12, 15 y 17
- Figura 77. Composición y distribución del zooplancton para las transectas 22, 27 y 34
- Figura 78. Relación entre la abundancia de huevos de sardina y los promedios ponderados (0-100m) de salinidad y temperatura.
- Figura 79. Relación entre la abundancia de huevos de anchoveta y los promedios ponderados (0-100m) de salinidad y temperatura.
- Figura 80. Relación entre la abundancia de huevos de jurel y los promedios ponderados (0-100m) de salinidad y temperatura.
- Figura 81. Relación entre la temperatura superficial y la intensidad de desove de anchoveta y sardina
- Figura 82. Patrón de directividad medido en la frecuencia de 38 KHz del B/I Carlos Porter. Crucero PELANOR 9408-09.

- Figura 83. Patrón de directividad medido en la frecuencia de 38 KHz del B/I Carlos Porter. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 84. Distribución de frecuencia de longitudes de anchoveta en los lances de identificación. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 85. Relación longitud-peso de las muestras de anchoveta provenientes de los lances de identificación. Crucero Pelanor 9408-09.
- Figura 86. Distribución de frecuencia de longitudes de sardina española en los lances de identificación. Crucero Pelanor 9408-09.
- Figura 87. Capturas semanales de anchoveta realizadas por la flota cerquera durante el período del crucero. PELANOR 9408-09.
- Figura 88. Capturas históricas de sardina española, jurel y anchoveta, realizadas durante agosto por la flota cerquera de la zona norte para el período 1986-1993.
- Figura 89. Capturas históricas de sardina española, jurel y anchoveta, realizadas durante septiembre por la flota cerquera de la zona norte para el período 1986-1993.
- Figura 90. Capturas semanales de sardina española realizadas por la flota cerquera durante el período del crucero. PELANOR 9408-09.

- Figura 91. Capturas semanales de jurel realizadas por la flota cerquera durante el período del crucero. PELANOR 9408-09.
- Figura 92. Experiencia de distribución diurna nocturna de la abundancia de recursos. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 93. Distribución geográfica del total de especies, Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 94. Distribución geográfica de sardina española, Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 95. Distribución geográfica de anchoveta, Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 96. Distribución geográfica de jurel, Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 97. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de profundidad. Crucero PELANOR 9409-09.
- Figura 98. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de temperatura. Crucero PELANOR 9409-09.
- Figura 99. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de salinidad. Crucero PELANOR 9409-09.
- Figura 100. Coeficientes de correlación de sardina española, por transectas. Crucero PELANOR 9408-09.

- Figura 101. Variogramas de la distribución de sardina española en las zonas: a) Arica-Punta Amarilla; b) Punta Amarilla-Caldera y c) Caldera-Coquimbo. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 102. Coeficientes de correlación de anchoveta, por transectas. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 103. Variogramas de la distribución de anchoveta en las zonas: a) Arica-Punta Amarilla; b) Punta Amarilla-Caldera y c) Caldera-Coquimbo. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 104. Coeficientes de correlación de jurel, por transectas. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 105. Variogramas de la distribución de jurel en las zonas: a) Arica-Punta Amarilla; b) Punta Amarilla-Caldera y c) Caldera-Coquimbo. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 106. Centros de gravedad de la distribución de los recursos. Crucero PELANOR 9408-09.
- Figura 107. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), y b) salinidad, a lo largo de una transecta a 40 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.
- Figura 108. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), y b) salinidad, a lo largo de una transecta a 100 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

- Figura 109. Estimación de la densidad promedio de las estaciones positivas para huevos y larvas de sardina española en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.
- Figura 110. Estimación de la densidad promedio de las estaciones totales para huevos y larvas de sardina española en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.
- Figura 111. Dominancia numérica de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel para la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.
- Figura 112. Estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel para la zona Antofagasta -Coquimbo en el invierno de los años 1983 -1994.
- Figura 113. Estimación de la densidad promedio de las estaciones totales para huevos y larvas de anchoveta en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.
- Figura 114. Estimación de la densidad promedio de las estaciones positivas para huevos y larvas de anchoveta en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.
- Figura 115. Estimación de la densidad promedio de las estaciones totales para huevos y larvas de jurel en la zona Arica -Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.

- Figura 116. Estimación de la densidad promedio de las estaciones positivas para huevos y larvas de jurel en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.
- Figura 117. Abundancia promedio y valores extremos de la biomasa zooplanctónica en invierno de los años 1985 - 1994.
- Figura 118. Biomosas estacionales de sardina española, anchoveta y jurel estimadas para la zona Arica - Antofagasta, durante el período 1981-1994.
- Figura 119. Biomosas estacionales de sardina española, anchoveta y jurel estimadas para la zona Antofagasta -Coquimbo, durante el período 1981-1994.
- Figura 120. Biomosas de sardina, anchoveta y jurel, estimadas para las estaciones de invierno del período 1981-1994.
- Figura 121. Precisión de los estimados estacionales de biomasa para la zona Arica - Antofagasta de a) sardina española; b) anchoveta y c) jurel.
- Figura 122. Índice de cobertura estacional de anchoveta, Sardina española y jurel, para el período 1981-1994.
- Figura 123. Índice de densidad estacional de anchoveta, sardina española y jurel, para el período 1981-1994.
- Figura 124. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de distribución de la sardina española para el período 1981-1994.

- Figura 125. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de distribución de la anchoveta para el período 1981-1994.
- Figura 126. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de distribución del jurel para el período 1981-1994.
- Figura 127. Abundancia relativa de huevos (número de huevos /  $10m^2$ ) de anchoveta, sardina española y jurel en relación a la clorofila a superficial.
- Figura 128. Abundancia relativa de larvas (número de larvas /  $10m^2$ ) de anchoveta, sardina española y jurel en relación a la clorofila a superficial.
- Figura 129. Distribución de los recursos anchoveta, sardina española, jurel y total de especies respecto a la clorofila a .
- Figura 130. Distribución del zooplancton ( $ml/1.000 m^3$  ) respecto a la clorofila a .

#### **IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

##### **1. OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar por el método hidroacústico los recursos pelágicos sardina española, anchoveta y jurel existentes en el litoral marítimo de las regiones I a IV circunscritas a las primeras 100 millas de la costa, con el propósito de disponer de información oportuna y actualizada acerca de su distribución y abundancia relativa y de las condiciones oceanográficas asociadas a dichos recursos.

##### **2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.1. Determinar la distribución espacial de la biomasa de sardina española, anchoveta y jurel en el área de estudio.
- 2.2. Determinar la distribución espacial conjunta de los recursos pelágicos sardina española, anchoveta y jurel en el área de estudio.
- 2.3. Determinar la biomasa (en peso) de sardina española, anchoveta y jurel en el área de estudio.
- 2.4. Determinar la distribución espacial y la abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel.
- 2.5. Registrar y analizar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución de los recursos sardina española, anchoveta y jurel.
- 2.6. Comparar las condiciones oceanográficas de la zona norte con aquellas consideradas normales para la zona y período, y determinar las relaciones entre dichas condiciones y los resultados de la evaluación hidroacústica.

2.7. Registrar la fluorescencia "in vivo" y cuantificación de la concentración de la clorofila a en muestras discretas.

## V. ANTECEDENTES

La pesquería pelágica de la zona norte de Chile históricamente ha sido una de las más importantes del país, siendo actualmente la segunda en importancia después de la desarrollada en la zona centro-sur (San Antonio - Talcahuano).

Esta pesquería se inició a principios de la década del 50 y hasta 1972 la principal especie fue la anchoveta. A partir de 1970 esta especie comenzó a disminuir su importancia relativa en las capturas, llegando a colapsar por efecto de la combinación de diversos factores, entre los cuales se cuentan una pesca excesiva, caídas del reclutamiento y cambios en su comportamiento (estos últimos relacionados con la incidencia de los eventos de El Niño de 1972-73 y 1976). En el período 1977-85 la sardina española fue la principal especie, con aportes de menor magnitud de jurel, registrando en 1985 capturas totales sin precedentes para esos años con niveles superiores a las 3,3 millones de t, de los cuales 2,5 millones de t correspondieron a sardina española. A contar de ese año y como consecuencia de condiciones oceanográficas favorables, la anchoveta incrementó su importancia relativa en las capturas constituyéndose hasta 1992 junto con la sardina española en las principales especies que sustentaron la actividad pesquera de la zona norte (Martínez et al., 1992). Información de carácter preliminar (IFOP), indican que hasta diciembre de 1994 las capturas de anchoveta en la zona norte han superado las 2 millones de toneladas, observándose una importante reducción en la sardina española.

Las evaluaciones de la biomasa de los recursos pelágicos en la zona norte han sido realizadas en forma indirecta mediante el Análisis de Poblaciones Virtuales (APV) y los métodos directos: Acústico y Producción de Huevos (MPH) aplicado por primera vez para evaluar la biomasa de anchoveta en 1992.

El método acústico para evaluar los recursos pelágicos ha sido aplicado en la zona norte desde 1981, mediante cruceros estacionales que han permitido establecer la variabilidad interanual de la biomasa y distribución de los recursos.

Las investigaciones realizadas en la zona norte han dejado en evidencia la alta dependencia de los recursos pelágicos con las condiciones oceanográficas, que en esta zona presentan una importante variabilidad, haciendo necesario el desarrollo de trabajos multidisciplinarios que consideren conjuntamente con las evaluaciones acústicas de la biomasa, estudios de variables bio-oceanográficas.

En este sentido, es posible distinguir dos tipos de variables a estudiar, las de tipo físicas y las biológicas. Las variables físicas del oceano permitirán establecer el entorno ambiental directo que determina la presencia o ausencia de peces y que de alguna manera puede influir en los niveles de abundancia y concentración de los recursos. Las variables oceanográficas físicas que aparentemente presentan una influencia directa sobre los recursos, son la temperatura, salinidad y oxígeno. La disponibilidad de series históricas de dichas variables permiten establecer el grado de normalidad del medioambiente y su influencia sobre la abundancia, distribución e incluso sobre la configuración específica, un ejemplo de loa anterior lo constituye la influencia de los fenómenos El Niño, que periodicamente afectan la zona norte de

Chile y que según su intensidad y duración ha afectado a los recursos en sus niveles adultos, juveniles y estados tempranos.

Una de las variables biológicas de vital importancia para entender la variabilidad de la abundancia de los recursos pelágicos se relaciona con la intensidad y distribución del desove.

En este sentido, los resultados de las prospecciones de huevos y larvas realizados en la zona norte, han permitido establecer las variaciones en la composición específica a nivel del ictioplancton el que se ha caracterizado por su condición casi monoespecífica, con el dominio de la anchoveta en la década del 60, la sardina en los años 80 y la recolonización de la anchoveta desde mediados de los 80, situación que en los últimos años se ha acentuado. El jurel, por su parte se ha presentado generalmente como fauna acompañante registrando importantes variaciones en los niveles de abundancia y tipos de distribución.

Dichas características se han reflejado en la composición específica de los recursos a nivel de adultos, lo que evidentemente ha redundado en el tipo de pesquería realizada en la zona norte.

Otra variable biológica importante de considerar, lo constituye la clorofila a (cloa), por cuanto es utilizada en investigaciones relacionadas con la oferta ambiental de alimentación para los ítems alimentarios (e.g. copepoditos, copépodos o eufaúsidos) de peces de importancia comercial, como en el caso de la sardina japonesa, en la corriente de Kuroshio (Nakata et al., 1994) o para determinar variaciones ambientales de largo plazo (e.g. decadales) que afectan la productividad biológica, con efectos directos sobre recursos de importancia comercial (Polovina et al., 1994).

Estas mediciones permiten cuantificar además, el efecto de los frentes costeros sobre la estructura biológica en el plano horizontal o la posición de los máximos de biomasa vegetal, respecto de la estructura físico-química de la columna de agua (e.g. picnoclina, nutriclina, irradiación) (Marra et al., 1990).

Las mediciones de biomasa requeridas para lograr los objetivos anteriormente expuestos, pueden ser realizadas con técnicas de medición de alta resolución o discretas. Para las mediciones de alta resolución se mide la fluorescencia "in vivo" (fl) utilizando sistemas de registro continuo vertical u horizontal y para las discretas se analiza muestras de agua con técnicas estándares de análisis químico.

Para la zona norte de Chile existen antecedentes escasos sobre esta variable, pero la evidencia informada indica que las biomásas más altas de cloa se han medido en la época otoño invierno y restringidas entre 1 a 20 mn, entre Arica y Antofagasta (Osse y Troncoso, 1990, Morales et al., 1994). Estos autores además establecen la presencia durante el invierno de núcleos de biomásas considerables de cloa (2 a 3 mg/m<sup>3</sup>) en la zona oceánica las que estarían asociadas a transporte desde la zona costera.

Los registros de fluorescencia "in vivo" de alta resolución tienen la desventaja de ser dependientes de la fisiología y condiciones ambientales a las que están expuestas las células fitoplanctónicas, desde este punto de vista la relación entre la cloa y la fl puede ser caracterizada como no-lineal, tanto para cuerpos de agua dulce (Fee, 1976) como marinos (Cullen, 1982).

Por estas razones se ha diseñado un protocolo de trabajo que permite convertir las unidades de fluorescencia "in vivo" (i.e. volts o unidades relativas) a clorofila a (mg/m<sup>3</sup>), a través de la

cuantificación de muestras discretas (Marra et al., 1982, Vandavelde et al., 1987), con técnicas espectrofotométricas (Parsons et al., 1984) o fluorométricas (Parsons et al., op. cit., Yentsch & Menzel, 1963).

Posteriormente se establece una razón entre la fluorescencia y la clorofila *a*, para cada profundidad de muestreo. Esta razón es utilizada para convertir los datos de fluorescencia a valores de clorofila *a*, en términos semi-cuantitativos (Marra et al., 1990). En aquellos estudios en las que son necesarias mediciones discretas y de calidad analítica adecuada, se debe cuantificar la cloa con técnicas fluorimétricas o espectrofotométricas.

Consciente de la importancia y relevancia de las variables físicas y biológicas mencionadas anteriormente y sus efectos sobre la abundancia y distribución de los peces pequeños pelágicos en la zona norte, el Consejo del Fondo de Investigación Pesquera identificó e incluyó en el programa de investigación de 1994, el estudio simultáneo de las variables oceanográficas señaladas y la evaluación hidroacústica de los recursos, dentro del proyecto Evaluación hidroacústica de los stocks de sardina española, anchoveta y jurel en la zona norte, Regiones I a IV. Dicho proyecto fue licitado al Instituto de Fomento Pesquero mediante concurso público.

El presente documento corresponde al informe final del proyecto y se entregan la metodología empleada, los resultados, análisis y conclusiones de los objetivos identificados por el FIP.

En forma adicional se incluye un estimado de la biomasa zooplancónica total y la composición, abundancia y distribución del zooplancton en transectas seleccionadas, aspecto no contemplado en las bases administrativas y especiales del proyecto.

## VI. METODOLOGIA

### 1. ZONA DE ESTUDIO Y PLAN DE MUESTREO

El crucero abarcó la zona comprendida entre Arica ( $18^{\circ}20'S$ ) y Coquimbo ( $30^{\circ}00'S$ ) desde la costa a las 100 mn. La prospección hidroacústica se efectuó mediante 34 transectas perpendiculares a la costa, equidistantes por 20 mn en la zona Arica-Bahía Copiapó ( $27^{\circ}20'S$ ) y debido a las condiciones metereológicas en la zona Bahía Copiapó-Coquimbo, el muestreo acústico se modificó, separando las transectas cada 25 mn, según lo establecido en la Oferta Técnica del proyecto (Fig. 1).

Con el objeto de validar el reconocimiento acústico de especies, en la zona Arica-Antofagasta se efectuaron lances de pesca con cerco de jareta con el PAM PUREN de la Empresa Pesquera Coloso, arrendado por el ejecutor para estos fines.

El muestreo de las variables oceanográficas físicas y del ictio-plancton se realizó en estaciones ubicadas sobre el track de navegación del muestreo acústico a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa, efectuándose un total de 234 estaciones en el crucero (Fig. 2).

Con fines comparativos y a objeto de obtener el primer set de datos que posibilite en el mediano plazo la sustitución de los sistemas de muestreo del ictioplancton (Wp-2) a otro (Bongo), durante la realización del crucero y en estaciones seleccionadas se realizaron lances verticales duplicados con redes Wp-2 y Bongo.

Las muestras para el registro de fluorescencia (fl) y cuantificación de clorofila a (cloa) y feopigmentos (feop), fueron obtenidos para las profundidades de 0, 5, 10 25, 50, 75 y 100 m, en las

transectas impares, comenzando desde Arica. En las transectas pares se obtuvo muestras superficiales para análisis de cloa y feop solamente, además se obtuvieron 55 muestras en duplicado para la validación de la metodología de análisis de cloa y feop.

## **2. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS**

(Objetivos 2.5 y 2.6)

### **2.1 Toma de datos**

El crucero se realizó en el B/I Carlos Porter, efectuándose un total de 234 estaciones oceanográficas (Fig. 2), en las cuales se obtuvo datos de temperatura (°C) y salinidad con profundidad hasta un máximo de 600 m. En las primeras 7 estaciones (transecta 1) se utilizó un CTD OCEAN SENSOR modelo OS200, el que presentó problemas en su funcionamiento, por lo que el muestreo se continuó con botellas oceanográficas en las transectas 2 a 6, a partir de la transecta 7 (estación 43) los datos de las estaciones fueron registrados con un CTD marca Neil Brown Smart CTD.

En las transectas impares, con el objeto de verificar los valores de temperatura y salinidad del CTD y obtener muestras para análisis de la concentración de oxígeno disuelto, se realizaron lances con botellas oceanográficas equipadas con termómetros de inversión, en las profundidades estandares de 0, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, y 600 metros como máximo.

### **2.2 Procesamiento**

El procesamiento de las muestras se realizó a bordo, utilizando procedimientos oceanográficos estándares, esto es, salinidad mediante un salinómetro de inducción marca AUTOLAB 601, concen-

tracción de oxígeno disuelto por el método de Winkler modificado por Carpenter (1965) y temperatura con termómetros de inversión.

Los datos de temperatura y salinidad medidos mediante CTD fueron comparados con los datos discretos obtenidos mediante botellas, registrándose una desviación máxima de  $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$  en temperatura y  $\pm 0.0031$  en salinidad, por lo que no fue necesario aplicar un factor de corrección.

En forma adicional, se revisaron los valores de densidad y de estabilidad hidrostática con profundidad para cada estación, con objeto de determinar el peso del filtro que permite eliminar las pequeñas variaciones del sensor de salinidad, debidas al movimiento del buque causado por el oleaje.

Con los datos así obtenidos, se calculó a profundidades estándar para CTD y botellas: Densidad (como  $\sigma\text{-t}$ ) mediante la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (Millero and Poisson, 1981 y UNESCO 1981a y 1981b). Estabilidad hidrostática ( $\times 10^{-8} \text{ m}^{-1}$ ) por la ecuación dada por Pond y Pickard (1983). Anomalía del volumen específico ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ), mediante la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 y la escala práctica de salinidad de 1978 (Millero *et. al.*, 1980; Millero and Poisson, 1981; UNESCO, 1981a, 1981b y 1983) y la Anomalía Geopotencial ( $10 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ ) de superficie (0 metro) referida al nivel de 500 dbar, mediante la ecuación clásica de LaFond (1951).

Los valores de salinidad se entregan en forma adimensional, siguiendo recomendaciones de UNESCO (1981c), y por conveniencia se anotan omitiendo el factor  $10^{-3}$ .

Con los datos procesados se confeccionaron cartas superficiales de distribución de las variables temperatura, salinidad, oxígeno,

densidad ( $\sigma_t$ ), anomalía superficial de temperatura respecto a los promedios mensuales de Reynolds (1982), anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db y batimetría de la isoterma de 15°C. Asimismo, se confeccionaron gráficos de distribución vertical y diagramas t-s, en las transectas donde se detectaron cardúmenes importantes o representan el área adecuadamente.

### 3. DETERMINACION DE LA FLUORESCENCIA IN VIVO, Clorofila a Y FEOPIGMENTOS

(Objetivo 2.7)

#### 3.1. Calibración del equipo de medición de fluorescencia

Los registros de fluorescencia in vivo y la cuantificación de cloa, se obtuvieron con un fluorómetro calibrado antes del crucero.

El equipo de medición de fluorescencia (Fluorómetro Turner Designs, modelo 10-AU) fue calibrado con un estándar de clorofila a (Sigma Chemicals) de acuerdo con Parsons et al. (op. cit.).

Los algoritmos de cálculo de concentración de clorofila a se determinaron según:

$$Cloa = Dfx \left( \frac{a}{a-1} \right) x (Fl - Fld) x \frac{V}{V}$$

El cálculo de la concentración de feopigmentos se realizó según :

$$feop = Dfx \left( \frac{a}{a-1} \right) x (axFld - Fl) x \frac{V}{V}$$

donde:

F1 = fluorescencia del extracto sin acidificación

F1d= fluorescencia del extracto con acidificación

Df = factor de calibración entre la fl y la concentración de cloa

Df = 0,005488

a = F1/F1d (1,8745)

v = volumen de acetona utilizado para extraer el filtro (ml)

V = volumen filtrado de agua de mar (l)

### 3.2. Medición de fluorescencia in vivo

Cada una de las muestras para los registros de fluorescencia in vivo (fl), fueron traspasadas a tubos de ensayo con tapa rosca de 15 ml de capacidad. Se incubaron durante 10 minutos en oscuridad y a temperatura constante. La fl se registró sin cambiar la muestra de tubo, expresándose en unidades relativas (UR).

### 3.3. Medición de clorofila a (fluorescencia extraída)

Las muestras para el análisis de cloa y feop fueron obtenidas filtrando 250 ml de agua de mar, a través de un filtro de membrana de 0,45 um de tamaño nominal de poro (Millipore, tipo HAWP o HAWG; 47 mm de diámetro). El filtro se almacenó a -20 °C en ambiente anhidro, utilizando como desecante CaCl<sub>2</sub>.

El filtro fue extraído con una solución acuosa de acetona al 90 % v/v, durante 12 horas a -20 °C. La fluorescencia del extracto se midió con y sin acidificación, agregando 10 ml de solución acuosa de HCl al 10 % (Osses, 1994).

Todas las lecturas de fluorescencia in vivo y extraída se realizaron en ambiente de baja luminosidad.

### 3.4. Cálculo de clorofila a y feopigmentos integrados

Para integrar los valores de clorofila a y feopigmentos en la columna de agua se utilizó el método trapezoidal (Hasle, 1969):

$$cloa\int = \frac{n}{2} \sum_{i=1}^n (cloa_i + cloa_{i+1}) (z_{i+1} - z_i)$$

donde:

cloa integ = sumatoria de los valores considerados (mg/m<sup>2</sup>)

cloa = concentración de cloa a la profundidad z (mg/m<sup>3</sup>)

z = profundidad de la muestra (m)

### 3.5. Validación del método de análisis de clorofila a

Debido a que el grupo de muestras a analizar era superior a 600, se obtuvo un set de duplicados de 55 muestras. Mediante este se validó el método analítico utilizado para todo el trabajo realizado. Este esquema ha sido ampliamente utilizado en sistemas de vigilancia de mesoescala (Joint & Pomroy, 1993, Osses, 1994).

### 3.6. Relación entre la clorofila a superficial y clorofila a integrada

Se correlacionó la cloa superficial con la cloa integrada, con el método de los mínimos cuadrados, para todas las estaciones y por transecta.

Este tipo de relaciones funcionales permitirá establecer la homogenidad en la distribución de esta variable en la columna de agua y establecer la representatividad de la cloa superficial para determinar el estado biológico de la columna de agua

### **3.7. Relación entre la clorofila a superficial y la fluorescencia**

Para este análisis se graficaron todos los datos obtenidos de cloa y la fl para cada transecta y se realizó análisis de regresión por el método de los mínimos cuadrados, por estación y transecta.

## **4. DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES**

(Objetivo 2.4)

### **4.1. Calibración de flujómetros TSK**

Para determinar el factor de arrastre estándar para cada lance, se requiere la colocación de un flujómetro calibrado en la boca de la red y el registro minucioso de las revoluciones durante cada lance.

El factor de calibración (f) es una expresión del número de metros que este recorre por cada revolución de su hélice (m/rev). Este factor es diferente para flujómetros distintos, y para cada velocidad de arrastre de cada flujómetro. El mismo aparato puede cambiar su factor de calibración gradualmente, o puede cambiarlo repentinamente, si por ejemplo, es golpeado. Por estas razones su comportamiento se verifica antes del crucero.

La calibración de los medidores de flujo se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodología estándar del Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile.

Para calibrar el flujómetro se le remolcó a lo largo de una distancia conocida de agua a distintas velocidades, registrando en forma separada el número de revoluciones para cada prueba. Las velocidades de calibración incluyeron valores lo suficientemente lentos como para definir el punto de fricción de cada aparato y lo

suficientemente altos como para alcanzar el rango de velocidades a las que el flujómetro será utilizado durante los cruceros.

#### 4.2. Descripción de la red modelo Wp-2 y Bongo

##### A) Red Wp-2

Esta es una red cilindro - cónica con una abertura de 57 centímetros (cm) de diámetro ( $0,25 \text{ m}^2$  de área de boca) y una longitud total de 261 cm. La red está compuesta por dos secciones, la anterior de forma cilíndrica, tiene 57 cm de diámetro y 95 cm de longitud y está confeccionada con malla sintética monofilamento de 297 micras de abertura y posee dos bandas de lona de 10 cm en sus extremos anterior y posterior, destinadas a fijar la red al aro (sector anterior) y para utilizar opcionalmente un mecanismo de estrangulación para pescas estratificadas (sector posterior). La sección posterior, es de forma cónica con 57 cm de diámetro anterior, 11 cm de diámetro posterior y 166 cm de largo, está confeccionada con malla de características similares a la sección cilíndrica. La red termina en una sección separable (copo), consistente en una bolsa colectora fabricada con malla de iguales características a la descrita para la sección filtrante y a la que se fija mediante una sección tubular de plástico y abrazaderas metálicas. El área efectiva de filtración de esta red es de  $2,996 \text{ m}^2$  y la relación área filtrante/área de la boca (R) es de 6,48, la cual puede considerarse altamente favorable para evitar la oclusión de las mallas en circunstancias de pescas prolongadas o de gran densidad de plancton (Smith et al., 1968).

##### B) Red Bongo

La Bongo es un tipo de red utilizada en pescas oblicuas de cuantificación y presenta la ventaja de carecer de bridas en su

boca, además consta de dos aros al que se adosan dos redes, una en cada aro, esto permite hacer comparaciones de una misma situación de pesca.

La red Bongo es de diseño cónico y cuenta con una abertura de 60 centímetros de diámetro ( $0,28 \text{ m}^2$  de área de boca) y una longitud total de 250 centímetros, confeccionada con malla sintética monofilamento de 297 micras de abertura.

La red está compuesta por:

- a) Aros de acero galvanizado templado de 60 centímetros de diámetro.
- b) Redes cónicas de 60 centímetros de diámetro en la parte superior y de 11 centímetros en la parte inferior de la misma, su longitud es de 250 centímetros.
- c) Dos depósitos colectores de material de PVC, cada uno consistente en un tubo colector de 10,5 centímetros de diámetro y 40 centímetros de largo, con una ventanilla filtradora lateral de malla del mismo tipo de la red.
- d) Un depresor hidrodinámico de 18 kg. unido por medio de una cuerda acerada al eje de unión de los aros.

#### **4.3. Diseño de muestreo**

El muestreo cuantitativo del zooplancton orientado a determinar la abundancia de los huevos y larvas de peces, objetivo del estudio, se practicó mediante la utilización de la red modelo Wp-2 (UNESCO, 1968), complementada con medidores de flujo TSK previamente calibrados, lo que permitió cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance.

Las pescas de zooplancton se realizaron mediante arrastres verticales, desde profundidades máximas de 100 m hasta la superficie, o desde 5 m sobre el fondo, en el caso de registros batimétricos menores a la profundidad máxima de muestreo.

Durante la ejecución de cada lance de pesca se registraron en planillas especialmente diseñadas los siguientes datos básicos: número de estación, fecha, hora, posición, tipo de pesca, tipo de red, lectura del flujómetro, duración del lance (tiempo de arriado y virado), cantidad de cable arriado, lectura del clinómetro, además de un completo registro de las condiciones ambientales y meteorológicas de cada estación.

Las muestras obtenidas en cada una de las estaciones fueron fijadas inmediatamente después de extraídas del copo colector de la red, con una solución de formalina al 5% en agua de mar neutralizada con disodio tetraborato (bórax), para evitar de esta manera, un posible deterioro de los ejemplares capturados.

#### 4.4. Procesamiento de las muestras y análisis de la información

##### 4.4.1. Huevos y Larvas

El procesamiento de las muestras contempló tres etapas:

- Extracción de cada una de las muestras, la totalidad de los estadios tempranos de peces (huevos y larvas),
- Identificación taxonómica de los huevos y larvas de las especies objetivo, y la
- Cuantificación de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel.

En el procesamiento de las muestras, contempladas sus tres etapas, se emplearon microscopios estereoscópicos marca Nikon con aumento de 8 a 40 veces, examinando la totalidad de la muestra.

En la determinación taxonómica de los huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel, se usaron claves y descripciones de desarrollo existentes en publicaciones especializadas, utilizando de preferencia las de: Fischer (1958), Einarsson y Rojas de Mendiola (1963), Santander y Castillo (1971), Balbontín y Garretón (1977), Pérez (1978), Garretón y Balbontín (1982), Orellana y Balbontín (1983), Fahay (1983), Moser (ed.) (1984).

El resto del ictioplancton se enumeró y agrupó bajo la denominación de "otras especies".

Con el propósito de obtener un buen nivel de comparación en el análisis del ictioplancton, el número de huevos y larvas obtenido en las diferentes pescas se estandarizó a una base común en términos de número de huevos y larvas, presente en una unidad de área estándar de 10 m<sup>2</sup>, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C=10\frac{d}{w}c$$

donde:

C = número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m<sup>2</sup>)

d = profundidad máxima del lance (m)

w = volumen de agua filtrado (m<sup>3</sup>)

c = número de huevos o larvas en la muestra

El valor "d" se obtiene de los datos del lance por medio de la ecuación:

$$d = L_0 \cos \theta$$

donde :

$L_0$  = cantidad de cable arriado (m)

$\cos \theta$  = coseno del ángulo registrado antes del  
virado de la red

El volumen de agua filtrado "w" se calculó por la ecuación:

$$w = Q t$$

donde :

Q = volumen de agua filtrado por unidad de tiempo  
(m<sup>3</sup> /seg)

t = tiempo empleado en el arrastre (seg)

El valor de "Q" se calcula de la ecuación:

$$Q = V A$$

donde :

V = velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg

A = área de la boca de la red (m<sup>2</sup>)

La velocidad se obtiene a partir de un ajuste de la curva de calibración del medidor de flujo:

$$V = a N + b \quad (5)$$

donde :

N = número de revoluciones por segundo

a y b = constantes

Basado en los valores cuantitativos del análisis y con la finalidad de disponer de antecedentes comparativos entre las fases de desarrollo de las especies ictioplactónicas se determinaron algunos parámetros, tales como el parámetro poblacional, densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas y los parámetros comunitarios, constancia y dominancia numérica.

La constancia, usada como índice de la intensidad del desove, se calculó estableciendo la relación porcentual existente entre el número de muestras en que se encontró huevos o larvas de cada especie y el total de muestras colectadas.

La dominancia numérica, expresión de la extensión del desove, se determinó de la relación porcentual entre el número de ejemplares (huevos o larvas) de cada especie, respecto al total de los especímenes recolectados.

Para la confección de mapas de distribución y abundancia y asignación de categorías de densidad para huevos y larvas se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada.

Para efectos de establecer una comparación interanual se emplearon datos estandarizados del ictioplancton de las especies objetivo, obtenidos en inviernos precedentes para las zonas Arica - Antofagasta y Antofagasta - Coquimbo, desde la costa hasta una distancia máxima de 100 m.n. hacia el oeste.

#### 4.5. Biomasa zooplanctónica

La biomasa zooplanctónica se estimó en base a los biovolúmenes, empleándose el método de desplazamiento de volumen húmedo descrito por Yashnov (1959) modificado por Robertson (1970). El volumen se determinó dos veces para cada muestra y el resultado corresponde al promedio de ambas determinaciones. Solamente se excluyeron de las mediciones los organismos de un volumen superior a 5 ml.

La abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica se calculó mediante la ecuación:

$$Y = 1.000 \left( \frac{X}{W} \right)$$

donde:

Y = ml de zooplancton en 1000 m<sup>3</sup>

X = ml de zooplancton

W = volumen de agua filtrada por la red (m<sup>3</sup>)

La determinación de los biovolúmenes se realizó con posterioridad a la extracción del ictioplancton a fin de evitar posibles daños de los huevos o larvas que pudiera dificultar su identificación y clasificación.

#### 4.6. Análisis cualitativo y cuantitativo del zooplancton

Para el análisis del zooplancton se emplearon microscopios estereoscópicos Nikon de 8 a 40 aumentos. Las muestras se subdividieron utilizándose un separador Folsom (Smith y Richardson, 1979), la fracción o alicuota sobre la cual se efectuó el recuento del resto de los organismos y la identificación de los grupos se extrapoló posteriormente a la muestra total.

Los grupos zooplanctónicos se clasificaron de acuerdo al ordenamiento sistemático formulado por Barnes (19 ) y Bougis (1974) empleándose para la determinación las descripciones proporcionadas por Newell et al, (1966) y Boltovskoy (1981).

Con el propósito de obtener un buen nivel de comparación en el análisis del zooplancton, el número de especímenes encontrados en las muestras se estandarizó a una unidad volumétrica común (Nº de individuos presentes en 1.000 m<sup>3</sup> de agua filtrada).

En base a los valores cuantitativos del análisis de grupos y/o phyla presentes en las muestras, y con el propósito de conocer la composición faunística del zooplancton se determinaron algunos parámetros comunitarios tales como constancia y dominancia numérica.

La constancia se calculó en base a la relación porcentual existente entre el número de muestras en que se encontró cada grupo y el total de muestras; clasificándose los grupos de acuerdo a la escala propuesta por Bodenheimer (1955):

0,0% a 25,0%	.....	grupos accidentales.
25,1% a 50,0%	.....	grupos accesorios.
50,1% a 100,0%	.....	grupos constantes.

La dominancia numérica se calculó como la relación porcentual entre el número de ejemplares de cada grupo, respecto del total de individuos colectados; valorándose según el esquema de Bodenheimer (1955).

0,0% a 2,5%	.....	grupos accidentales.
2,6% a 5,0%	.....	grupos accesorios.
5,1% a 100,0%	.....	grupos dominantes.

## 5. EVALUACION Y DISTRIBUCION DE LOS RECURSOS

(Objetivos 2.1, 2.2, 2.3)

### 5.1 Muestreo acústico

El muestreo acústico se realizó mediante 34 transectas diurnas paralelas entre sí y perpendiculares a la costa. En la zona Arica-Caldera se completaron 28 transectas equidistantes por 20 mn y entre Caldera y Coquimbo se completaron 6 transectas separadas por 25 mn (Fig. 1), la información se recolectó durante la navegación, discretizándose en IBM's de 0,5 mn. El análisis posterior consideró el agrupamiento de IBM's a 1 y 2 mn. Este diseño muestral corresponde a un muestreo sistemático de conglomerados de tamaño variable, donde cada conglomerado corresponde a una transecta, diseño que ha sido recomendado para evaluaciones hidroacústicas por diversos autores, como Shotton y Down (1975), Shotton y Bazigos (1984), Francis (1984), Simmonds et al (1991) y el grupo de estudio en acústica del ICES.

### 5.2 Calibración electroacústica del sistema de ecointegración

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de ecointegración SIMRAD EK 500 consiste en medir las diferencias en las señales de la intensidad de blanco (TS) y ecointegración (Sa) provenientes de un blanco de referencia conocido, ubicado a una distancia mínima de 15 m de la cara radiante del transductor en el centro del haz acústico, de este modo se determinan las posibles diferencias entre los valores reales y el teórico y se procede al ajuste de los parámetros en el software (Foote et al, 1987).

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 las bahías Laguna Verde, repitiéndose en Mejillones, sectores que presentan condiciones de profundidad, corrientes y protección del viento adecuadas para este tipo de trabajos. El buque se fondeo 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:

$$G_1 = G_0 + \frac{TS_m - TS_b}{2}$$

donde:

$G_1$  = nueva ganancia del transductor

$G_0$  = ganancia antigua

$TS_m$  = intensidad de blanco medida (dB)

$TS_b$  = intensidad de blanco teórico (dB)

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

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

siendo:

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

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).

$S_{a(t)}$  = salida teórica del ecointegrador.

$S_{a(m)}$  = salida medida del ecointegrador.

Además, se midieron los patrones de directividad de los transductores variando la ubicación del blanco estándar dentro del haz acústico.

Mediante esta medición se determinó la diferencia entre los valores de diseño de las ganancias en el lóbulo principal del haz acústico en los distintos niveles de intensidad sónica, respecto a la situación real de instalación, la que puede variar según las condiciones oceanográficas presentes durante la calibración. El procedimiento de medición consiste en variar la posición de la esfera en el haz acústico, estableciéndose la ganancia a los

distintos niveles de intensidad sónica del haz mediante el software instalado en el sistema EK 500, recuperándose y procesándose la información mediante un programa diseñado por el Institute of Marine Research (Bergen) instalado en un computador personal interconectado al EK-500.

### 5.3 Calibración de la constante de ecointegración

La constante de ecointegración (C) se calcula según:

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

donde:

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

En este caso se ha utilizado un TS<sub>kg</sub> de -32,5 dB, correspondiente a los resultados alcanzados en calibraciones experimentales con jaula realizados por Guzmán et al (1982) y Castillo et al (1987).

### 5.4 Identificación de especies

La identificación de especies se realizó mediante el análisis de la forma geométrica, comportamiento y coeficiente volumétrico de dispersión (Sv) de los cardúmenes detectados, de acuerdo a la formulación dada por SIMRAD y la metodología desarrollada por la Unidad Acústica del IFOP (Guzmán et al., 1983).

Este método se basa en las diferencias en la intensidad de los voltajes cuadrados, entregados por el ecointegrador, provenientes de cardúmenes de peces pelágicos de diferentes especies.

Es así como se analiza la densidad absoluta de cada cardúmen, mediante el coeficiente volumétrico de dispersión (Sv), en relación a la salida del ecointegrador, ambos en decibeles, según:

$$Sv = C_s \times V^2 / (L_s \times D_s)$$

donde :

Sv = coeficiente volumétrico de dispersión promedio de la agregación.

C<sub>s</sub> = constante de calibración electrónica del ecointegrador que en el caso de EK-500 se incluye en la salida del equipo (V<sup>2</sup>), mediante la calibración con blanco estándar de cobre.

V = voltaje de salida del ecointegrador

L<sub>s</sub> = longitud de la agregación, medida en el ecograma (m)

D<sub>s</sub> = altura media de la señal remitida por la agregación (m)

En el caso de muestras digitales, la altura media de la señal corresponde al promedio de las alturas observadas en cada ping, respecto al número total de muestras consideradas en la muestra.

De este modo, se observa que los Sv de los cardúmenes de sardina se encuentran en el rango entre -25 a -36 dB y los de jurel entre -37 a -47 dB. La anchoveta se encuentra entre -32 a -42 dB, considerándose adicionalmente para su identificación las características de la forma geométrica de los cardúmenes, su distribución batimétrica y localización longitudinal.

En la zona Arica-Antofagasta se realizaron pescas de identificación para validar las identificaciones efectuadas mediante el método antes señalado. Con tal objeto, se utilizó la embarcación cerquera PUREN, de la Empresa Pesquera COLOSO, que realizó lances de pesca en los sectores detectados por los equipos acústicos del B/I Carlos Porter y en las zonas en que las características de las

agregaciones permitieron efectuar pescas exitosas. La información de las capturas de identificación se presentan en cartas geográficas por especie.

De las capturas obtenidas en cada lance se realizaron muestreos tendientes a establecer la estructura de tallas de la especie dominante, determinándose los aportes porcentuales de cada especie. Estos resultados se aplicaron a las lecturas acústicas en las I.B.M's cercanas a los lugares en que se realizaron las pescas (Simmonds et al., 1991), analizándose conjuntamente con la identificación de las especies realizadas mediante el método acústico.

Además, se utilizó la información de capturas georeferenciada provenientes de la flota que operó contemporáneamente a la prospección, asignándose como base de referencia para la ubicación geográfica de los lances cuadrículas de 10 por 10 mn, según el procedimiento e información recolectada por IFOP. El período considerado fue entre el 22 de agosto y el 11 de septiembre. Los resultados obtenidos de este modo fueron comparados con la identificación de especies realizada a bordo mediante el método acústico y con lances de pesca.

#### **5.5 Procesamiento de la información acústica**

El procesamiento de los datos se realizó en gran parte a bordo mediante un conjunto de programas computacionales ad hoc. Se crearon bases de datos con las lecturas acústicas por cada I.B.M. separados por especie, tipo de agregación, sus profundidades máximas y mínimas, la posición geográfica de cada I.B.M., fecha, número y rumbo de la transecta.

Con tales datos se obtuvieron las cartas de distribución (geográfica y batimétrica) de los recursos, expresadas en

categorías de densidad y se calcularon los estimados de biomasa y sus varianzas.

El área prospectada fue medida mediante un planímetro digital.

#### **5.6. Determinación de la relación diurno-nocturno en la prospección acústica**

Con el fin de validar la información del comportamiento nictimeral de los recursos pelágicos recopilado por IFOP en los años 1981 y 1982, en el presente crucero se realizó una prospección diurna en zona de alta abundancia, replicada en horas de oscuridad.

#### **5.7 Distribución de los recursos**

##### **5.7.1. Cartas de distribución de los recursos**

Las cartas de distribución del total de los recursos y por especie, se realizaron mediante el software SURF, realizándose una interpolación entre los datos mediante la expresión:  $1/d^2$ , donde "d" corresponde a la distancia entre los datos a interpolar. Las cartas geográficas obtenidas de este modo, se presentan en forma de áreas de igual densidad ( $t/mn^2$ ), determinadas en cuatro categorías según la expresión  $75 \cdot 2^{(n-1)}$ , donde "n" representa el nivel de la categoría, siendo  $0 < n \leq 4$  (Tabla 1). Adicionalmente, se presentan gráficos de mantos, que indican los niveles de densidad de las agregaciones de peces detectados. En ambos tipos de gráficos se utilizan escalas de color que señalan los distintos niveles de densidad.

En el sentido batimétrico, la distribución de los recursos se presenta en secciones verticales correspondientes a la longitud total de las transectas indicando la información de isolíneas de temperatura.

### 5.7.2. Análisis cartográfico de la información

Además, se analiza la cartografía de los datos mediante el Sistema Geográfico de Información (SIG), que permite el manejo de la información relacionada y espacialmente referenciada. Para estos fines se utilizó el SOFTWARE IDRISI (Eastman, 1992), el análisis estadístico de las cartas de distribución se realiza considerando el grado de dispersión relativa de las especies mediante el Coeficiente de Dispersión Relativa (CDR) y el Índice de Abundancia Ponderado (IAP) por especie según:

$$CDR = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$IAP = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m Sa$$

siendo:

s = dispersión de los datos

$\bar{x}$  = media

N = número de I.B.M.s

Sa = lecturas acústicas del ecointegrador en la j-ésima I.B.M.

Además se calcula el centro de gravedad según el procedimiento propuesto por Yañez et al (1994). Este indicador corresponde a la media central pesada de la distribución de cada recurso.

### 5.7.3 Caracterización de las estructuras espaciales provenientes de la información acústica.

#### a. Determinación y descripción de estructuras espaciales en la información acústica

En forma complementaria a las cartas de distribución espacial de los recursos, se analiza las características de las agregaciones mediante correlogramas para cada transecta lo que permite describir analíticamente los patrones de agregación. Esta herramienta es ampliamente utilizada en el estudio de series de tiempo de información acústica y permite determinar el tamaño de macroestructuras en la información recolectada (Barbieri 1981, Barbieri y Córdova 1986).

De este modo, para cada cada transecta se contruyó su correspondiente correlograma, el cual es medido como el coeficiente de autocorrelación ( $R_0$ ) entre los intervalos básicos de muestreo (IBM).

El coeficiente de autocorrelación  $R_0$  está dado por:

$$R_0 = \frac{n_i}{n_i - k} \frac{\sum_{j=1}^{n-k} (Y_{ji} - \bar{Y}_i) (Y_{ji+k} - \bar{Y}_i)}{\sum_{j=1}^{ni} (Y_{ji} - \bar{Y}_i)^2}$$

donde:

- k = orden de autocorrelación.
- $Y_{ji}$  = densidad j-ésima de la transecta i-ésima
- $Y_i$  = densidad media de la transecta i-ésima
- $n_i$  = número de IBM en la transecta i-ésima
- n = número total de observaciones

## b. Análisis de la estructura espacial de las distribuciones

Para conocer la estructura espacial de la distribución de los recursos, se determinarán los variogramas  $Y(h)$ . Este procedimiento ha sido utilizado por Foote y Rivoirard (1992) y Petitgas (1993), donde el variograma está dado por la siguiente expresión:

$$Y(h) = \frac{1}{2} E[Z(x+h) - z(h)]^2$$

donde,

$z$  = densidad de peces en unidades de  $S_a$ .

$x$  = denota el vector de posición de la medición (I.B.M.)

$h$  = vector de magnitud  $h$  o distancia entre la posición de  $z(x)$  a  $z(x+h)$ .

### 5.8. ESTIMACION DE LA BIOMASA Y SUS VARIANZAS

(Objetivo 2.3)

#### 5.8.1 Biomasa

Un estimador apropiado para evaluar la biomasa ( $\hat{B}$ ) en la zona de estudio está dado por :

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

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), determinada en base a un  $TS_{kg} = -32,5$  dB/kg.

El coeficiente de ecointegración se calcula según:

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

siendo la razón  $(\hat{R})$  correspondientes a las lecturas acústicas del ecointegrador (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.

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

donde :

$S_a$  = lecturas promedio del ecointegrador por 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 ecointegración ó de los estratos programados (m).

1.852 =factor de transformación de mts a mn.

#### 5.8.2. Varianza

Para diseños sistemáticos como el propuesto en esta evaluación, donde se considera un único punto de arranque para la muestra sistemática, 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, la varianza de la biomasa se calcula mediante los Métodos Conglomerados de Tamaños Desiguales (Hansen et al, 1954); Estratos Agrupados (Volter, 1985) y Bootstrap (Robotham y Castillo, 1990).

De acuerdo a lo anterior los estimadores de la varianza de la biomasa estimada ( $\hat{B}$ ) , se expresa según:

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

a) Conglomerado de tamaño desiguales

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

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 ( $\hat{B}$ ) está dado por la expresión:

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

b) Estratos agrupados.

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

donde,

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

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

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

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

c) Método bootstrap.

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

donde,

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

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

#### d) Estimación por estratos

Con el fin de hacer comparativos los estimados de biomasa alcanzados en el presente crucero con la serie histórica disponible y en atención a la separación de 25 mn entre las transectas realizadas entre Bahía Copiapó y Coquimbo, los resultados se presentan divididos en las siguientes tres subzonas:

Subzona 1 Arica a Punta Amarilla (24°00'S)

Subzona 2 Punta Amarilla a Bahía Copiapó (27°20'S), denominada Punta Amarilla-Caldera.

Subzona 3 Bahía Copiapó a 29°50'S, denominada Caldera-Coquimbo.

Los estimados totales de biomasa y varianza fueron calculados considerando dos estratos diferentes, según la separación entre transectas aplicada:

$$\hat{B}_o = \sum_{i=1}^2 \hat{B}_{o_i}$$

donde:

$B_o$  = Biomasa estimada total (t)

$B_{o_i}$  = Biomasa estimada en el estrato i (t)

$$\hat{V}(\hat{B}_o) = \sum_{i=1}^n \hat{V}(\hat{B}_{o_i})$$

donde:

$V(B_o)$  = Varianza estimada de la biomasa total

$V(B_{o_i})$  = Varianza estimada de la biomasa en el estrato i

Determinándose el error total de la estimación de la biomasa (E %) según:

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

E (%) = error total de la estimación de biomasa

Los resultados alcanzados en la zona Caldera-Coquimbo son presentados y analizados en forma separada.

### 5.9. INDICES DE COBERTURA Y DENSIDAD (Objetivo 2.1 y 2.2)

El índice de cobertura indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie, señalando el grado de agregación presentado por la especie en el momento de la prospección. Su cálculo se realiza según:

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

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

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

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<sub>e</sub> = factor de ecointegración, obtenido en base a un TS<sub>kg</sub> de -32,5 dB/kg (t/mn<sup>2</sup>/Sa).

IC = índice de cobertura (%)

ID = índice de densidad en t/mn<sup>2</sup>.

## **5.10 ASOCIACION ENTRE LAS VARIABLES OCEANOGRAFICAS FISICAS Y LOS RECURSOS.**

### **(Objetivo 2.6)**

El análisis descriptivo entre las variables oceanográficas físicas (temperatura y salinidad) y los recursos, se realizó mediante la presentación de la distribución batimétrica de cada especie en secciones verticales correspondientes a cada transecta con las variables oceanográficas señaladas. Se presentan histogramas con la frecuencia de los cardúmenes (%) respecto a las variables profundidad, temperatura y salinidad.

La información oceanográfica utilizada en este análisis, resulta de la interpolación de las variables medidas en las estaciones oceanográficas a cada IBM, asignando las variables oceanográficas a la profundidad promedio de los cardúmenes detectados.

El comportamiento histórico de las variables oceanográficas y los recursos, se realiza mediante gráficos de máximos-mínimos, para establecer de este modo el grado de normalidad de la distribución de los recursos, respecto a los patrones históricos y estacionales.

## **VII. RESULTADOS**

### **1. CONDICIONES OCEANOGRAFICAS**

#### **(Objetivo 2.5)**

##### **1.1 Viento**

Los vientos medidos en las estaciones durante el transcurso del crucero son bastantes variables en cuanto a intensidad y dirección (Figura 3). Predominan los vientos del 2° y 3<sup>er</sup> cuadrante, con una media de 3 nudos e intensidades máximas de hasta 15 m/s (30 nudos).

Entre el 23 de agosto y el 10 de septiembre (zona Arica - Antofagasta), la máxima intensidad fue de 5 m/s, con una media de 2 m/s. A partir del 12 de septiembre (zona Antofagasta - Coquimbo), la intensidad del viento aumenta notoriamente, con una media de 4 m/s y una máxima de 15 m/s. Durante el período, tanto la intensidad como la dirección de los vientos son favorables para los procesos de surgencia en algunas áreas, en especial desde los 19 a 21° S, 23 a 27°S y 29 a 30°S.

## 1.2 Temperatura

La temperatura superficial (Fig. 4a), presentó valores entre 13.38 y 17.54°C, aumentando de sur a norte y desde la costa hacia el sector oceánico, disminuyendo levemente por fuera de las 70 millas. En el sector costero, al norte de Antofagasta, las isotermas se presentan paralelas a la costa. Entre las 20 y 70 mn se evidencia la entrada de aguas más cálidas hacia el sur y una presencia o avance hacia el norte de aguas más frías en el sector oceánico por fuera de las 70 millas.

La anomalía de temperatura superficial respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds (1982) (Fig. 4b) presenta valores cercanos a 0°C, lo que indica una normalidad en casi toda el área. Sólo se registraron anomalías superiores a 1°C entre las 20 y 70 millas frente a Arica y entre las 10 y 40 millas frente a Antofagasta. Los valores negativos de la anomalía en el sector entre Arica y Tocopilla es producto de los menores valores de temperatura generados por la surgencia costera.

La base de la termoclina, representada por la profundidad de la isoterma de 15°C (Fig. 5a) desde los 24°S hacia el norte, aumenta desde la costa hacia el área oceánica, distribuyéndose las isolíneas de forma casi paralela a la costa. Sobresalen dos núcleos de

mayor profundidad, uno en el área entre Arica y Pisagua y otro frente a Tocopilla.

En profundidad, las isotermas se distribuyen en forma casi horizontal (Figs. 6a a 23a), con un ascenso desde aproximadamente 40 metros hacia la superficie, en las primeras 10 a 20 millas de la costa. La capa de mezcla disminuye su espesor de sur a norte, de 40 a 20 metros entre las 100 y las 70 millas, de 30 a 10 metros a 40 millas y prácticamente desaparece dentro de las primeras 10 millas.

Bajo la capa de mezcla, la termoclina permanente se presenta desde Taltal hacia el norte con un gradiente de aproximadamente  $0,5^{\circ}\text{C}/10\text{m}$ , mientras que en el sector sur, ésta es más débil ( $0,25^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$ ).

A 500 metros de profundidad la temperatura disminuye de  $8^{\circ}\text{C}$  frente a Arica a  $7^{\circ}$  frente a Coquimbo.

Desde los  $28^{\circ}\text{S}$  al sur se observan pequeñas inversiones de temperatura en la columna de agua a aproximadamente 100 m de profundidad, siendo estas más importantes a 70 millas de la costa en las transectas 31 a 33 (Fig. 21 y 22).

### 1.3 Salinidad

La salinidad superficial aumenta de sur a norte con valores que fluctúan de 34,16 a 35,13 (Fig. 5b). El valor mínimo se encuentra frente a Coquimbo a 100 millas de la costa y el máximo en el área oceánica entre Arica y Pisagua. Entre Arica y Antofagasta y fuera de las 20 mn los valores son mayores a 34,9, el sector costero presenta valores menores de 34,9 producto de la surgencia. De Antofagasta a Taltal la salinidad disminuye de 34,9 a 34,7. Entre Taltal y Coquimbo la variación es pequeña, con valores cercanos a

los 34,6, presentándose un intenso gradiente en el sector oceánico frente a Coquimbo producto de la intrusión de aguas de baja salinidad por fuera de las 70 mn.

En la vertical (Figs. 6b a 23b) se observa al norte de Caldera una haloclina bien definida entre los 20 y 60 metros con un gradiente aproximado de 0,1/10 m. Al sur de Caldera la haloclina es más débil y discontinua, profundizándose hasta los 100 m en el sector oceánico.

En la columna se observan dos máximos salinos, uno superficial y otro subsuperficial. Entre estos dos máximos se localiza un mínimo, con valores de 34,2 en el sector sur y que aumenta a 34,8 en el norte.

El máximo salino subsuperficial tiene un valor de 34,8 en casi toda el área, y se encuentra centrado en los 200 metros.

A la profundidad de 500 metros la salinidad alcanza valores menores de 34,6 en el sector norte y menores de 34,2 en el área sur.

#### 1.4 Oxígeno

La capa superficial de todo el sector se encuentra bien oxigenada (Fig. 24a) con valores homogéneos entre 5 y 6 ml/l, donde los mínimos valores de oxígeno, se ubican en la franja costera.

En la vertical (Figs. 6d a 23d), el contenido de oxígeno disuelto disminuye bruscamente entre los 20 y 100 metros de profundidad, alcanzando valores menores de 1 ml/l. Esta capa de mínimos de oxígeno se encuentra hasta casi 500 metros en el sector norte y 400 m en el sector sur. A partir de allí los valores comienzan a aumentar nuevamente. En la algunos sectores costeros, las isolneas

de oxígeno ascienden a superficie mostrando los procesos de surgencia.

### 1.5 Densidad

La densidad superficial, en valores de  $\sigma_t$  (Fig. 24b), disminuye de norte a sur y del sector oceánico hacia la costa. Los valores fluctúan entre 25,38 y 26,10  $\text{Kg/m}^3$ . Los menores valores de  $\sigma_t$  se encuentran asociados a los sectores de menor salinidad.

En la vertical (Figs. 6c a 23c) las isopicnas son casi horizontales, presentando una distribución similar a la de temperatura. En el sector costero se aprecia un ascenso de aguas desde aproximadamente los 60 metros hacia la superficie en casi toda el área de estudio.

### 1.6 Circulación

La circulación superficial (Fig. 24) en base a la anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db, muestra un predominio de flujos perpendiculares a la costa. No obstante lo anterior, es posible identificar algunos flujos dirigidos hacia el norte en el área costera.

En general, los flujos presentes forman parte de remolinos o meandros claramente identificables en el sector oceánico. Dos remolinos anticiclónicos, uno entre Arica e Iquique en el sector costero y otro entre Iquique y Tocopilla a aproximadamente 60 mn y dos remolinos con sentido de giro ciclónico, uno entre Antofagasta y Taltal a 60 millas de la costa y el otro a frente a Huasco a unas 40 mn. Además se insinúan algunos giros ciclónicos y anticiclónicos por fuera de las 80 millas al sur de Chañaral.

### 1.7 Masas de Agua

En el área se identifican cinco masas de agua (Figs. 25 a 27). Estas son: masa de agua subtropical costera (AST-1), subtropical oceánica (AST-2), subantártica (ASAA), ecuatorial subsuperficial (AESS) e intermedia antártica (AIAA).

La forma de las curvas T-S revelaron importantes cambios en la composición relativa de estas masas de aguas en las direcciones este-oeste (Figs. 25 a 27) y norte-sur (Fig. 27)

De Taltal al norte y en los primeros 30 a 40 metros se ubican el Agua Subtropical Costera (AST-1) y el Agua Subtropical Oceánica (AST-2).

El AST-1 se caracteriza por valores que aumentan de sur a norte desde 34,8 a 35,0 en salinidad, 15°C a 17°C en temperatura y 5 a 6 ml/l en oxígeno. El AST-2 se presenta en el área oceánica desde Iquique al norte y frente a Mejillones, con salinidades y temperaturas superiores a 35,0 y 16°C respectivamente.

El Agua Subantártica (ASAA) se encuentra presente desde Taltal al sur entre la superficie y los 100 metros con salinidades de 34,4 a 34,6, temperaturas de 11 a 14°C y concentración de oxígeno disuelto mayores a 5 ml/l. Al norte de Taltal el ASAA se ubica bajo el AST con valores de 34,4 a 34,8 en salinidad, 11° a 15°C en temperatura y 4 ml/l en oxígeno disuelto. En general esta masa de agua disminuye su participación hacia el norte y hacia la costa.

El AESS se ubica bajo el ASAA aumentando su participación hacia el norte y hacia la costa con valores característicos en su núcleo de 34,6 a 34,9 en salinidad, 10 a 13°C en temperatura y menores a 0,5 ml/l en oxígeno. El espesor de esta masa de agua es de 350 metros

en el sector norte y variable entre 250 y 350 hacia el sur. Su núcleo se encuentra centrado aproximadamente en los 200 metros.

Bajo los 500 metros se presenta el límite superior del AIAA con valores inferiores a 34.6 y 8°C en salinidad y temperatura respectivamente, y mayores a 1 ml/l en oxígeno en el extremo norte y a 2 ml/l en el sur.

## **2. DETERMINACION DE LA FLUORESCENCIA IN VIVO, Clorofila a Y FEOPIGMENTOS.**

(Objetivo 2.7)

### **2.1. Validación del método de análisis de clorofila a y feopigmentos.**

Los resultados de 55 muestras duplicadas de cloa se ajustaron a una regresión lineal simple, mediante el método de los mínimos cuadrados, obteniéndose un coeficiente de correlación (r) de 0,99 pendiente igual a 1 e intercepto de 0,056 . Este análisis de regresión indicó que el método empleado es adecuado (Fig. 28), por lo cual el resto de las muestras se procesó en forma individual.

### **2.2. Distribución superficial de fluorescencia in vivo, clorofila a y feopigmentos.**

#### **2.2.1. Fluorescencia "in vivo".**

A nivel de mesoescala en la zona de estudio, se observaron tres patrones distintos de distribución espacial superficial de la fluorescencia in vivo (Fig. 29a). El primer patrón se observó entre la costa y las 20 mn en el sector norte del área de muestreo (Arica-Iquique), con un núcleo de 0,15 a 0,4 UR, centrado en las cercanías de Pisagua.

En Tocopilla y norte de Taltal la fl mantuvo los registros descritos para la zona Arica-Iquique, observándose una tendencia a localizarse más oceánicamente, llegando hasta las 100 mn.

El incremento del límite occidental de las isolíneas de fl, tendieron a relajar el gradiente costero, detectado entre Arica e Iquique, presentándose valores de 0,3 UR, entre la 5 y 10 mn de la costa.

En las cercanías de Taltal se presentó una zona de discontinuidad en el patrón de distribución de esta variable, con registros mayores o iguales de 0,1 UR. Desde Caldera al sur los registros de fl superaron las 0,2 UR (transectas 25 y 27). Presentándose dos núcleos de gradientes relativamente altos, uno centrado a 70 mn a la cuadra de Isla Choros ( $29^{\circ}50'S$ ), con valores máximos de 0,5 UR y el otro centrado entre las 5 y 10 mn de la costa, en las cercanías de Caleta Bascuñan ( $28^{\circ}50'S$ ) con máximos superiores a 1 UR.

### 2.2.2 Clorofila a superficial

La distribución de la cloa superficial (Fig. 29b), es semejante a la distribución de fl, con núcleos costeros de 2 a  $8 \text{ mg/m}^3$ , entre Arica e Iquique y mayores de  $12 \text{ mg/m}^3$  a la cuadra de Coquimbo. Estos núcleos tienden a formarse entre 5 a 10 mn de la costa, en toda el área muestreada.

Entre Antofagasta y Coquimbo se observó, en términos globales, el desplazamiento hacia la zona oceánica de una pluma de alta concentración de clorofilaa ( $> 1 \text{ mg/m}^3$ ), llegando hasta las 100 mn con un máximo de  $3 \text{ mg/m}^3$ , a 70 mn de Coquimbo.

De acuerdo a la caracterización de sistemas oligotróficos, que considera todas aquellas masas de agua con concentraciones de cloa

inferiores a  $0,5 \text{ mg/m}^3$  (Letelier et al., 1993), en la zona estudiada se identificaron dos áreas con estas características. La primera estuvo comprendida en el sector oceánico entre Arica y Tocopilla y la segunda entre Taltal y Caldera. En este último caso, la masa de agua oligotrófica alcanzó la zona costera en la transecta 23 (Lat  $25^\circ 40'S$ ).

Las zonas restantes corresponden a zonas de características eutróficas o productivas, con valores de cloa superiores al umbral de  $0,5 \text{ mg/m}^3$ .

### **2.2.3. Feopigmentos superficiales**

Los feopigmentos superficiales muestran, en términos generales un patrón de distribución semejante a la cloa superficial (Fig. 29c), con rangos de concentración entre 1 a  $3 \text{ mg/m}^3$  en la zona costera e inferiores a  $0,5 \text{ mg/m}^3$ , en la zona oceánica.

### **2.3. Clorofila a y feopigmentos integrados**

La cloa y feop integrados indicaron una distribución semejante a las concentraciones superficiales de cloa y feop (Fig. 30 a y b), con núcleos costeros de alta concentración. En el caso de la cloa integrada se observó que la isolínea de  $50 \text{ mg/m}^2$  se distribuyó en forma relativamente paralela a la costa a 20 mn entre Arica y Tocopilla, incrementando su límite occidental hasta las 40 mn entre Tocopilla y Taltal, presentando núcleos costeros de hasta  $150 \text{ mg/m}^2$ , en las cercanías de Pisagua y península de Mejillones. En general la cloa integrada tendió a disminuir hacia el oeste, llegando a  $25 \text{ mg/m}^2$  entre Arica y Punta Angamos.

El sector de discontinuidad registrado en las cercanías de Taltal, se presentó en la cloa integrada con valores mayores o iguales a 25 mg/m<sup>2</sup>.

Hacia el sur de Taltal la isolínea de 50 mg/m<sup>2</sup> de cloa integrada se presentó en el sentido SE, ubicándose en la costa en las cercanías de Taltal, llegando hasta las 100 mn a la cuadra de Carrizal (28°42'S). En este sector se registraron dos núcleos con máximos de 300 mg/m<sup>2</sup> y 250 mg/m<sup>2</sup>, ubicados a la cuadra de Carrizal (28°01'S) y en las cercanías de Chañaral (29°01'S), respectivamente.

Los feop integrados presentan el mismo comportamiento que la cloa integrada, solo que con rangos de concentración inferiores. Los máximos medidos son de 150 mg/m<sup>2</sup>, en la zona costera y mínimos inferiores a 25 mg/m<sup>2</sup> en la zona oceánica.

#### 2.4. Relaciones funcionales entre la clorofila a superficial y la integrada.

La información obtenida indica que no existe correlación entre la cloa superficial y la integrada, en las transectas 1, 3 y 23 (Fig. 31 y 32). En el resto de las transectas la relación es lineal y con coeficientes de correlación superiores o iguales a 0,6. Estos resultados indican que la información superficial es de utilidad para definir que la distribución de la cloa es homogénea en la columna de agua en prácticamente todas las transectas realizadas.

La cloa superficial esta relacionada linealmente con la clorofila a integrada en prácticamente todas las estaciones realizadas (Fig. 31 a 33, Tabla 2 y 3), esto indica que no existen máximos subsuperficiales de biomasa fitoplanctónica. Esta distribución de la cloa en la columna de agua es inducida por la profundización de la capa de mezcla y esta limitado batimétricamente por la

termoclina. En las zonas en las que no se encontró relación entre ambas variables, se debió a la homogeneidad y baja concentración en los datos obtenidos para la transecta 23 (Lat. 25°40'S) o a la mezcla de datos de zonas altamente productivas con datos de zonas oligotróficas.

Estos dos casos extremos de relación entre la cloa superficial e integrada, han sido descritos anteriormente para una zona altamente productiva como la Corriente de California y para una zona oligotrófica como la zona central del Océano Pacífico del Norte por Hayward y Venrick (1982). Estos autores concluyen que en ambiente oligotróficos con concentraciones bajas y homogéneas de cloa o con máximos subsuperficiales profundos, la cloa superficial no es un buen indicador del estado biológico del sistema pelágico. Al contrario de los ambientes costeros o altamente productivos.

#### 2.5. Relación funcional entre la clorofila a y la fluorescencia.

Los resultados obtenidos para determinar la linealidad entre la cloa y la fl (Fig. 34 a 36, Tabla 3) indican que en la mayoría de las transectas realizadas (transectas 5 a la 21 y 25 a la 31, Fig. 34 a 36, Tabla 3), la fl representa adecuadamente a la cloa. Independientemente de las amplias variaciones en los rangos de concentración de cloa y registros de fl en toda el área de muestreo (Tabla 4).

En aquellos casos en que éstas variables no se ajustaron al modelo lineal se debió a que un mismo valor de cloa puede tener más de un valor de fl o viceversa o por concentraciones de cloa y registros de fl muy homogéneos (transectas 1, 3 y 23, Fig. 34 y 35). Esta situación se verificó especialmente en las cercanías de Arica (transecta 1, Lat. 18° 24'S) y Pisagua (transecta 3, Lat. 19° 00'S), en estas transectas las concentraciones de cloa en el rango 2 a 10

mg/m<sup>3</sup>, tuvieron registros de fluorescencia iguales a concentraciones en el rango 0,5 a 1 mg/m<sup>3</sup> de cloa. En la transecta 23 (Lat. 25°40'S), la falta de linealidad está determinada por los bajos niveles de biomasa y la alta homogeneidad de cloa y los registros de fl.

En aquellas transectas en las que se observó una alta dispersión de datos, es posible que se explique por las diferencias entre los datos costeros de los oceánicos, que en este caso se consideraron en forma conjunta.

#### 2.6. Distribución batimétrica de la fluorescencia in vivo, clorofila a y feopigmentos.

En términos globales la distribución batimétrica de la fl y la cloa, reflejan las tendencias mencionadas anteriormente para la distribución superficial. La profundidad máxima de distribución de la fl (0,12 a 0,14 UR) y la isolínea de cloa igual a 0,5 mg/m<sup>3</sup>, estuvo restringida a los primeros 50 m de la columna de agua (Figs. 37 a 53), indicando la fuerte influencia de las estratificaciones de la columna de agua sobre la magnitud y distribución de los pigmentos en la columna.

En la zona oceánica entre Arica y Antofagasta (transectas 1 a la 15, Figs. 37 a 44), la distribución batimétrica de cloa estuvo asociada al hundimiento de la isoterma de 15 °C, con la formación de gradientes de distribución de las variables desde la superficie, sin que se formen máximos subsuperficiales.

La fluorescencia no siempre estuvo asociada a la distribución de la cloa, especialmente en las transectas realizadas al norte de Iquique (transectas 1 y 3; Figs. 37 y 38). Esto sugiere que las altas concentraciones de pigmentos presentes pueden estar en estado

fisiológico senescente, por lo que su respuesta a la radiación de excitación no es equivalente a la concentración de cloa.

En la transecta 23 (Fig. 48, Lat. 25° 40'S) no se observó prácticamente ningún valor de concentración superior a los 0,6 mg/m<sup>3</sup>, indicando la presencia de una masa de agua de características oligotróficas, probablemente como efecto de la convergencia observada en la carta de anomalía de geopotencial de superficie.

En prácticamente toda el área monitoreada (transectas 5, 7, 15, 23 y 27 a 33; Figs. 39, 40, 44 y 48 y 50 a 53), la fl tiende a formar núcleos subsuperficiales y los máximos de cloa se mantienen superficialmente. Esta situación era de esperar, toda vez que la fluorescencia es atenuada en superficie debido a la saturación de los pigmentos por el exceso de radiación luminosa, provocando que los fitoplancteres emitan menor fluorescencia, aún cuando la cantidad de pigmentos sea equivalente al máximo subsuperficial (Cullen, 1982). Esto indica que los registros de fluorescencia in vivo continua o discreta, no siempre son buenos indicadores de la biomasa fitoplanctónica, especialmente en la superficie y durante el día.

La información obtenida sugiere que para futuros trabajos de monitoreo, sea utilizada solamente la información de clorofila a en forma directa, sin pasar por lecturas de fluorescencia in vivo. Dejando está última variable para estudios de alta resolución de biomasa fitoplanctónica, tanto superficial como verticalmente, cuando las características de los proyectos a realizar lo requieran.

Los feopigmentos mostraron un patrón de distribución semejante a la cloa, pero en concentraciones inferiores. En las transectas 1, 3, 5, 7, 9, 17 y 19 (Figs. 37 a la 41, 45 y 46) la isolínea de concentración igual a 0,5 mg/m<sup>3</sup> de feop, tendió a distribuirse más

profundamente que la cloa, en algunos casos hasta 100 m que correspondió a la máxima profundidad muestreada en las transectas.

Esta distribución más profunda de los feopigmentos, puede ser explicada por las características técnicas del equipo utilizado para el análisis, ya que existe la posibilidad que cuando las muestras son obtenidas de la zona del mínimo de oxígeno disuelto, la interferencia en la lectura de feop y fluorescencia esté asociada a pigmentos conocidos como bacterioclorofilas (Repetá y Simpson, 1991). Estas moléculas interfieren la cuantificación de los pigmentos fotosintéticos o productos de degradación, cuando se utiliza la configuración de filtros y lámparas del fluorómetro Turner, sobreestimando la concentración de feop en prácticamente un orden de magnitud respecto de la concentración de cloa, lo que desde un punto de vista estequiométrico es erróneo (Coble et al., 1991).

Esta situación deberá ser dilucidada en estudios posteriores, pero en términos inmediatos, se debe considerar que cuando se integra la concentración de feopigmentos en la columna de agua, se debe considerar esta interferencia en las lecturas de fl y feop, en la capa del mínimo de oxígeno disuelto.

En las transectas 11, 13, 15 y desde la 21 hasta la 33 (Figs. 42 a la 44 y 47 a 53), los feopigmentos tuvieron una distribución batimétrica semejante a la cloa. Estos resultados estarían analíticamente correctos, aunque no se puede excluir la posibilidad que otros pigmentos accesorios (i.e. clorofila a, b, c o carotenoides) estén interfiriendo las mediciones (Parsons et al., op. cit.).

### 3. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES (Objetivo 2.4)

#### 3.1. Calibración de medidores de flujo

La calibración de los medidores de flujo utilizados en el crucero se realizó a bordo del B/I "Carlos Porter" en la península de Mejillones .

Los registros de los números de revoluciones, así como también el factor de calibración para cada uno de los flujómetro se entregan en la Tabla 5. Posteriormente un análisis de regresión lineal mediante el método de los mínimos cuadrados, entre las revoluciones por segundo (N) y los metros por segundo (V) registrados en cada prueba permitió obtener las curvas de calibración para cada flujómetro (Fig. 54) y cuyas ecuaciones fueron iguales a:

Red Wp-2	TSK 4909 (A08)	$V = 0,1515218 * N + 0,0429761$
Red Bongo	TSK 4456 (A04)	$V = 0,1504108 * N + 0,0598913$
Red Bongo	TSK 4763 (A09)	$V = 0,1482218 * N + 0,0523727$

En general, los resultados presentados en la tabla 4 son consistentes y no presentan diferencias importantes con calibraciones precedentes hechas por el fabricante y por el Laboratorio Hidráulico del Instituto Nacional de Hidráulica, manteniéndose sus valores dentro del rango normal aceptado para este tipo de mediciones.

#### 3.2. Huevos y larvas

El procesamiento y análisis de las 234 muestras colectadas durante el crucero permitió determinar la presencia de 1.043.019 huevos y 745.914 larvas, de los cuales 971.481 huevos (93,1%) y

666.880 larvas (89,4%) fueron identificados a nivel específico (Tabla 6 y 7).

### 3.2.1 Sardina, *Sardinops sagax*

Se reconocieron 48 estaciones positivas para huevos y 41 para larvas en las cuales se colectaron 25.115 huevos y 7.122 larvas, ambas cifras referidas a un área de superficie de 10 m<sup>2</sup>, lo que señala para dichos estadios una dominancia numérica de 2,4% y 1,0% respecto del total de huevos y larvas colectados, situación que caracteriza una actividad reproductiva moderada, presentando la fase de huevo la menor constancia numérica de las especies analizadas (20,5%). Con respecto al total de estaciones del crucero, las larvas exhiben una constancia igual a 17,5%, la cual es superior a jurel e inferior a anchoveta. En términos generales, el ictioplancton de sardina con respecto a anchoveta presenta bajos niveles de abundancia exhibiendo para cada una de dichas fases porcentajes negativos en su abundancia relativa iguales a 97,3% y 98,9 % respectivamente (Tabla 6 y 7).

Las estaciones con presencia de huevos de sardina se distribuyen latitudinalmente entre Caleta Vitor (18°40'S) y Punta Peña Blanca (27°45'S), sin embargo longitudinalmente es posible distinguir tres modalidades de cobertura espacial: entre Caleta Vitor y Punta Guaque (22°40'S), los huevos presentan una distribución esencialmente nerítica con una cobertura máxima de 5 mn al oeste de Punta Chipana (21°20'S). Entre Mejillones e Islote Blanco (25°20'S) los huevos de esta especie incrementan su cobertura longitudinal, adoptando el desove para esta zona, una modalidad más oceánica en la postura colonizando la franja de mar comprendida entre la costa y las 70 mn. Finalmente una tercera zona identificada se extiende desde Punta Lavata (25°40'S) hasta Punta Copiapó (27°20'S) y en ella se aprecia una reducción de la cobertura longitudinal de la

fase de huevo, la cual se extiende hasta las 40 mn frente a Puerto Chañaral hasta terminar circunscrita a las estaciones ubicadas a 1 y 5 mn de la costa frente a Punta Peña Blanca (Fig. 55).

Las áreas de mayor abundancia ( $> 1.500$  huevos/ $10m^2$ ), se ubican frente a Punta Chipana ( $21^{\circ}20'S$ ), Mejillones, Antofagasta y Punta Tres Picos ( $24^{\circ}20'S$ ), encontrándose configuradas por 4 registros positivos de un total de 48 (8,3%) los que en conjunto albergan al 65,6% de los huevos de sardina censados durante el crucero.

El resto de las estaciones positivas, no incluidos los focos de desove anteriormente descritos, presentan bajas concentraciones comprendidas dentro del rango de 17 a 763 huevos/ $10m^2$ .

La estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio, fue la situada a 10 mn frente a Mejillones ( $23^{\circ}00'S$ ) con 7.103 huevos/ $10m^2$  (28,3%) (Fig. 56).

Cabe señalar que esta fase de desarrollo presentó en general una modalidad nerítica en la postura, concentrándose el 92,54% de los huevos de esta especie en las primeras 20 mn de la costa (Tabla 6, Fig. 57).

Por otra parte, la mayor frecuencia de estaciones positivas (58,3%) se registró en el área comprendida entre Mejillones y Punta Taltal ( $25^{\circ}20'S$ ), mientras que, en las zonas norte y sur del área prospectada, ésta experimentó una marcada disminución 20,8% y 25% respectivamente, no obstante lo anterior, los niveles de abundancia que exhiben los huevos de sardina respecto de la latitud presentan una leve tendencia decreciente en sentido norte - sur (Fig. 58).

Con respecto a la distribución y abundancia de las fases larvarias (Fig. 59) estas se presentan con una constancia y densidad promedio

inferior a la calculada para los huevos, situación que caracteriza una actividad reproductiva moderada e inicial (Tabla 6 y 7).

La distribución espacial de las larvas ocupó el rango latitudinal comprendido entre Punta Madrid y Caleta Mora ( $27^{\circ}00'S$ ) y longitudinalmente están presentes, en forma ocasional hasta una distancia de 100 mn de la costa, asociándose preferentemente su cobertura geográfica a las primeras 20 mn de la costa en la zona que se extiende desde Punta Madrid hasta Punta Guaque, lugar donde se localizó el 21,9% de las estaciones positivas.

Desde Mejillones a Islote Blanco ( $25^{\circ}20'S$ ), las fases larvarias amplían su cobertura espacial y la frecuencia de registros positivos (56%) colonizando en forma mayoritaria la franja de mar comprendida entre la costa y las 70 mn, en forma ocasional esta distribución se extiende hasta las 100 mn al oeste de Antofagasta y Caleta Colorada ( $24^{\circ}40'S$ ).

Para la zona Punta Lavata - Caleta Mora las larvas vuelven a presentar el patrón descrito para el área norte de la zona de estudio concentrándose en ésta el 21,9% restante de los registros positivos.

Las áreas de mayor abundancia larvaria ( $> 350$  larvas/10m<sup>2</sup>) se localizaron principalmente frente a Punta Madrid ( $19^{\circ}00'S$ ), Mejillones, Punta Amarilla ( $24^{\circ}00'S$ ) y Carrizalillo ( $26^{\circ}00'S$ ) comprometiendo a 10 estaciones de un total de 41 registros positivos identificados, lo que representa el 24,4% del total de la especie, contribuyendo con más del 55% en términos de abundancia al total de larvas de sardina censadas durante el crucero (Fig. 56).

La estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio, fue al igual que la fase de huevo, la situada

a 10 mn frente a Mejillones ( $23^{\circ}00'S$ ) con 884 larvas/10m<sup>2</sup> (12,4%) (Fig. 56).

Cabe señalar que esta fase de desarrollo presentó en general una modalidad más oceánica en la postura con respecto a la fase de huevo, concentrándose el 97,48% de los huevos de esta especie dentro de las primeras 70 mn de la costa (Tabla 8, Fig. 60).

Por otra parte, la mayor frecuencia de estaciones positivas (56,1%) se registró en el área comprendida entre Mejillones y Punta Taltal ( $25^{\circ}20'S$ ), mientras que, en las zonas norte y sur del área prospectada, ésta experimentó una marcada disminución, no obstante lo anterior, los niveles de abundancia que exhiben los larvas de sardina respecto de la latitud presentan una tendencia decreciente en sentido norte - sur (Fig. 58).

### 3.2.2 Anchoqueta, Engraulis ringens

Para esta especie se identificaron 97 estaciones positivas para huevos y 193 para larvas, lo que representó una frecuencia de 41,5% y 82,5% y una dominancia numérica igual a 89,2% y 88,0% para cada uno de estos estadios de desarrollo, respectivamente (Tabla 6 y 7).

El análisis de las muestras colectadas en las 234 estaciones zooplanctónicas permitió determinar la presencia de 930.392 huevos y 656.413 larvas, señalando una situación característica de una amplia e importante actividad reproductiva a lo largo de toda la extensión latitudinal de la zona de estudio, la cual es coherente con el pico primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie.

La distribución geográfica de los huevos de anchoqueta, señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y

Punta Alcalde ( $28^{\circ}35'S$ ) y longitudinalmente se extendió hasta las 100 mn frente a Arica, sur de Caleta Vitor ( $18^{\circ}40'S$ ) y Punta Guaneras ( $20^{\circ}00'S$ ) (Fig. 61).

No obstante, la amplia cobertura espacial del desove y de acuerdo a lo indicado por los huevos, estos presentan una modalidad nerítica en su postura concentrándose el 92,6% de ellos en las primeras 40 mn (Fig. 57), presentando los niveles de abundancia una tendencia a incrementarse hacia el sur de la zona prospectada (Fig. 62).

Las áreas de mayor abundancia ( $> 20.000$  huevos/ $10m^2$ ), se ubican frente a Arica, Mejillones, Caleta Bandurria del Sur ( $23^{\circ}20'S$ ), Antofagasta, Punta Amarilla, Carrizalillo ( $26^{\circ}00'S$ ) y Punta Peña Blanca ( $27^{\circ}45'S$ ), encontrándose configuradas por 11 registros positivos de un total de 97 (11,3%) los que en conjunto albergan al 60,8% del total de huevos de anchoveta censados.

El resto de las estaciones positivas, no incluidos los focos de desove anteriormente descritos, presentan también densidades significativas comprendidas dentro del rango de 26 a 18.892 huevos/ $10m^2$  (Fig. 63).

La estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio fue la designada con el número 117, situada a 40 mn frente a Antofagasta con 99.918 huevos/ $10m^2$  (10,7%) (Fig. 61).

Por otra parte, la mayor frecuencia de estaciones positivas (56,7%) se registró en el área comprendida entre Arica y Punta Guaque ( $22^{\circ}40'S$ ); para las zonas Mejillones - Islote Blanco y Punta Lavata Punta Alcalde, la frecuencia de registros positivos disminuyó en forma gradual hacia el sur, exhibiendo porcentajes con respecto al total iguales a 28,9% y 14,4% respectivamente.

Con respecto al patrón de distribución espacial de las larvas, este ocupó todo el rango latitudinal de la zona de estudio y longitudinalmente se extendió hasta una distancia de 100 mn de la costa, asociándose preferentemente su cobertura geográfica a las primeras 40 mn de la costa, lugar donde se localizó el 94,8% de las larvas de anchoveta (Figs. 60 y 64).

Con respecto a la fase de huevo, y como habitualmente acontece, las larvas de anchoveta exhiben una mayor cobertura espacial y menor abundancia relativa, la cual se manifiesta por una diferencia porcentual de 98,9% en la frecuencia de estaciones positivas y de - 29,4% y - 64,5% en la densidad promedio por estaciones totales y positivas respectivamente, situación que se produce en el primer caso debido al proceso de dispersión y transporte que afecta a los productos del desove en el curso de su desarrollo, y al efecto combinado de la mortalidad y capacidad de evasión por parte de las larvas más desarrolladas (Tabla 6 y 7).

Las áreas de mayor abundancia promedio ( $> 6.000$  larvas/10m<sup>2</sup>) se detectaron frente a Punta Madrid (19°00'S), Caleta Lobos (21°00'S), Punta Chipana (21°20'S) y Mejillones, exhibiendo los niveles de abundancia una tendencia a la disminución en sentido norte - sur (Figs. 62 y 63).

La estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio, fue la situada a 5 mn frente a Punta Chipana (21°20'S) con 75.474 larvas/10m<sup>2</sup> (11,5%) (Fig. 64).

### 3.2.3 Jurel, Trachurus murphyi

En el curso de la prospección se encontraron 71 estaciones positivas para huevos y 38 para larvas con totales de 15.974 huevos y 3.345 larvas, situación que es característica de un proceso

reproductivo en etapa inicial. Con respecto a sardina y anchoveta, los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel se presentan bajos, exhibiendo para cada una de dichas fases una dominancia numérica de 1,5% y 0,4% (Tabla 6 y 7).

La distribución espacial de los huevos de esta especie compromete toda la extensión latitudinal de la zona explorada, alcanzando una cobertura longitudinal máxima de 100 mn, observándose un desove mayor y más uniforme hacia el área oceánica y sur de la zona de estudio (Fig. 65). A pesar de esta amplia cobertura espacial, el índice de frecuencia de estaciones positivas se incrementa en la franja comprendida entre las 70 y las 100 millas, zona donde se localizan 42 registros positivos (59,1%) de un total de 71 identificados durante el crucero, observándose que los niveles de abundancia promedio tendieron a incrementarse desde la costa hacia mar afuera y en sentido norte - sur (Fig. 66 - Tabla 8).

Los focos de desove de mayor relevancia cuantitativa ( $> 510$  huevos/10m<sup>2</sup>), se localizaron frente a Punta Arenas (21°40'S), Puerto Chañaral (26°20'S), Punta Copiapó (27°20'S) y Punta Teatinos (29°50'S) (Fig. 67). Aparte de los focos de desove anteriormente señalados el resto de los registros positivos se caracteriza por presentar densidades comprendidas dentro del rango de 1 - 100 y 101 - 1.000 huevos/10m<sup>2</sup>. La mayor abundancia de huevos de jurel se registró en la estación designada con el número 77 localizada a 100 mn al oeste de Punta Arenas (21°40'S) con 1.417 ejemplares (8,87%).

La distribución geográfica de la fase de huevo en la zona Arica - Caleta Colorada (24°40'S) difirió a lo observado en estaciones similares, haciendo difícil la calificación de una modalidad en la postura. Es así como la localización en sentido longitudinal de los huevos de jurel presentó tres franjas, la primera comprendida entre la costa y las 10 mn, la segunda entre las 20 y las 40 mn

caracterizada por la ausencia de huevos y; la tercera comprendida entre las 70 y las 100 mn donde se incrementó el índice de frecuencia de estaciones positivas. Desde Rada Paposo (25°00'S) hasta Coquimbo presentan una mayor cobertura longitudinal con una modalidad oceánica en la postura, colonizando mayoritariamente la franja de mar comprendida entre las 40 y las 100 mn, en forma ocasional esta distribución se extiende hacia la costa (Fig. 65).

Las larvas de jurel en general presentaron una distribución geográfica acorde con la descrita para huevos, colonizando principalmente la franja longitudinal comprendida entre las 40 y las 100 mn, en forma ocasional esta distribución se extendió a las 10 y 20 mn frente a Caleta Lobos, Carrizalillo, Punta Peña Blanca, Punta Molle y Caleta Inglesa. En sentido latitudinal redujeron su distribución hacia el extremo norte del área de estudio, presentándose entre Punta Junin (10°40'S) y Punta Teatinos (Fig. 68).

En el contexto de este patrón de distribución, la fase de larva presenta una densidad promedio inferior a la de huevo, debido a que durante los meses de agosto - septiembre, el desove tiene un origen reciente, sin descartar la posibilidad de que durante su desarrollo estas sean afectadas por procesos de transporte fuera de la zona de estudio.

Como se aprecia en la Fig. 68 el índice de frecuencia de estaciones positivas se incrementa hacia la región oceánica concentrándose en la línea de estaciones de 70 y 100 mn el 63,1% de los registros.

Las áreas de mayor abundancia ( $> 150$  larvas/10m<sup>2</sup>) se ubican al oeste de Caleta Mora (27°00'S), Punta Copiapó, Punta Peña Blanca, Punta Alcalde (28°35'S) y Caleta Inglesa (29°00'S) y se encuentran configuradas por 7 estaciones (18,4%) de un total de 38 registradas, aportando el 41,6% al total de la especie (Fig. 67).

La mayor densidad de larvas ( $235/10m^2$ ) se presentó en la estación número 198 localizada a 70 mn al oeste de Punta Peña Blanca. El resto de las estaciones positivas presentaron abundancias comprendidas entre 27 y 141 larvas/ $10m^2$ .

En general, los niveles de abundancia promedio de larvas de jurel muestran al igual que la fase de huevo, una marcada tendencia a incrementarse hacia el extremo sur de la zona de estudio y hacia mar afuera (Figs. 66 y 67).

### 3.3 Biomasa zooplanctónica

Con el propósito de obtener un valor estimativo de la productividad secundaria de la zona de estudio, los volúmenes de zooplancton se expresan en mililitros cúbicos presentes en  $1.000 m^3$  de agua filtrada. Los resultados alcanzados muestran un amplio rango de variación que fluctúa entre los 13 y  $4.002 ml/1.000 m^3$ , con un promedio general para el área de 402, predominando los valores comprendidos dentro del rango de densidades de 301 - 900 , lo que representa el 46,58% del total (Fig. 69).

La distribución espacial de la biomasa del zooplancton se presentó con tendencia hacia la homogeneidad, con categorías que variaron entre 301 y 900  $ml/1.000 m^3$ . Asimismo, se registraron tres zonas de importancia comprendidas dentro del rango de densidades de 101 y  $300 ml/1.000 m^3$ , localizadas preferentemente la primera, entre Arica y Caleta Yapes ( $20^{\circ}40'$ ), la segunda zona en la franja costera que se extiende desde Punta Patache hasta Rada Paposos ( $25^{\circ}00'$ ) y una tercera área al sur de Punta Lavata ( $25^{\circ}40'S$ ) (Fig. 70).

No obstante la distribución descrita anteriormente, cabe señalar que en la zona norte del área de estudio se presentan algunos focos de altas concentraciones de biomasa, los cuales fluctuaron dentro

del rango de densidades de 901 - 10.000 ml/1.000 m<sup>3</sup>, y se ubican particularmente en el área costera al oeste de Arica e Iquique y en la zona oceánica frente a Tocopilla (Fig. 70).

La biomasa zooplanctónica se caracterizó por presentar los mayores niveles de abundancia en la zona nerítica no sobrepasando las 5 mn, observándose una disminución hacia el sector oceánico, donde los niveles de abundancia no exceden los 350 ml/1.000 m<sup>3</sup> (Fig. 71), esta situación ha sido descrita anteriormente para la zona de estudio (Castillo et al., 1994), incidiendo principalmente en estos resultados la alta productividad de las zonas neríticas asociadas a procesos de afloramiento de aguas con elevado contenido de nutrientes (Cañón, 1978), procesos que se ven favorecidos, dado la orientación de la costa, por la intensidad y la dirección de los vientos predominantes en este período (Castillo op.cit.).

Latitudinalmente se observaron tres zonas de altas concentraciones zooplanctónicas, la primera localizada entre Arica y Punta Junin, la segunda en Mejillones y una tercera zona entre Punta Peña Blanca y Caleta Tinajas (Fig. 72).

Como tendencia general, el gradiente latitudinal observa una leve disminución de los promedio de biomasa zooplanctónica de norte a sur del área explorada (Fig. 73). Al respecto, estos resultados difieren de los encontrados en la zona de Arica-Antofagasta en los años 1993 y 1992, donde los promedios tendieron a aumentar con la latitud de norte a sur (Fig. 73).

Con respecto a la composición del zooplancton, esta se caracterizó por un predominio de los copépodos sobre otros grupos zooplanctónicos, tendencia que es normal en el plancton marino (Tait, 1971; Loeb y Nichols, 1984) y que ha sido descrita para esta área de estudio por diversos autores (Castillo et al., 1994).

### 3.4. Composición, distribución y abundancia del zooplancton

La abundancia relativa del zooplancton en las transectas seleccionadas fluctuó entre 28 y 1.867.686 ejemplares/1000 m<sup>3</sup>, con una densidad promedio de 37.788 ejemplares/ 1000 m<sup>3</sup>.

Se determinaron un total de 9 phyla y 24 grupos zooplanctónicos, correspondiendo 20 al holoplancton y 4 al meroplancton, destacando entre ellos los grupos Copepoda, Euphausiacea, Ostracoda, Cladocera, Decapoda, Chaetognatha, Doliolida y Appendicularia (Tabla 9).

De las transectas analizadas la que presentó los mayores niveles de abundancia fue la localizada frente a Caldera (27°00'S), superando los 900.000 ejemplares/1000 m<sup>3</sup> (Fig. 74) y cuya composición faunística estuvo constituida preferentemente por Copepoda, Chaetognatha y Appendicularia .

Para la zona de estudio el phylum más abundante correspondió a Arthropoda, constituido principalmente por Copépodos quienes representan el eslabón secundario más importante de las tramas tróficas de los ecosistemas acuáticos. Este grupo obtuvo un porcentaje de abundancia relativa promedio de 81,25% respecto al total de estaciones analizadas y taxas determinadas registrando la mayor dominancia numérica, 83,15% (Tabla 10). Se presentan en la totalidad de las muestras analizadas y su contribución en términos de número de ejemplares fue muy homogénea; tendencia que es normal en el plancton marino y que ha sido descrita por diversos autores Mujica y Rojas (1985); Oliva y Bleck (1992); Sánchez - Hidalgo y Anda (1992) (Figs. 75, 76 y 77).

Los Eufáusidos se distribuyeron en forma constante a través de toda el área analizada, localizándose preferentemente en la zona

comprendida entre Arica ( $18^{\circ}24'S$ ) y Punta Chipana ( $21^{\circ}20'S$ ) y particularmente en las estaciones más oceánicas frente a esta última y a 10 m.n. del norte Punta Gruesa ( $20^{\circ}20'S$ ) (Fig. 1), obteniendo sin embargo una dominancia baja, clasificando sólo como un grupo accidental (Tabla 10).

Otros grupos que obtuvieron una incidencia importante dentro de este phylum fueron: Ostracoda localizándose principalmente en las estaciones más oceánicas de la zona de estudio; Cladocera, también con una distribución oceánica frente a Arica e Iquique y larvas de Decapoda, cuyas mayores abundancias se concentran en las estaciones costeras de Arica, norte de Punta Gruesa, Punta Chipana y Coquimbo (Figs. 75 y 77). Asimismo, estos tres grupos se presentaron en forma constante en las estaciones analizadas pero con una dominancia accidental (Tabla 10). Estos resultados coinciden por lo descrito por Oliva y Bleck (1992) para la zona comprendida entre Caleta Chucumata y Tocopilla.

El phylum Chaetognatha consta de unas 50 especies y es exclusivamente marino y holoplanctónico, presenta una distribución tanto oceánica como nerítica, siendo en esta última mucho más abundante (Palma y Kaiser, 1993). Numéricamente no fue un grupo dominante representando sólo el 3,37% del total del zooplancton, presentándose en forma constante a través de toda la zona de estudio (Figs. 75, 76 y 77). Al respecto, Mujica y Rojas (1985) registraron a este grupo con una dominancia numérica superior a la presentada en el presente estudio y una constancia similar.

El phylum Cnidaria, incluye a las Hidromedusas y Sifonóforos, siendo parte del holoplancton. Estos dos grupos obtuvieron una presencia constante en las muestras con 66,67% y 88,89%, respectivamente.

En cuanto a su dominancia este grupo resultó poco abundante, presentándose en forma accidental en el área costera, particularmente en el caso de las Hidromedusas en las estaciones de las transectas 10 (Punta Chipana) y 12 (Punta Ana) y de los Sifonóforos transectas 1 (Arica), 7 (Iquique) y 15 (Mejillones) (Figs. 75 y 76).

Los Poliquetos, únicos representantes del Phylum Annelida son organismos marinos muy comunes (Barnes, 1986) por lo cual su presencia en el plancton resultó con una alta incidencia en las estaciones de muestreo (90,48%), sin embargo, presentó concentraciones muy bajas con lo cual obtuvo una dominancia accidental (0,58%), concordando con lo descrito para esta misma zona por Mujica y Rojas, *op cit.* Su distribución se localizó preferentemente en las estaciones neríticas, obteniendo su mayor abundancia frente a Arica y Coquimbo.

El Phylum Mollusca estuvo representado por Prosobranquios compuesto principalmente por Heterópodos; Opistobranquios; Pelecípodos y Cefalópodos, dentro de los cuales los únicos que clasificaron como constantes fueron los Opistobranquios, los Prosobranquios como accesorios con un 73,2 y 39,68%, respectivamente; el resto sólo clasifica como grupos accidentales.

Este phylum cuenta con abundancias relativas muy bajas en la estaciones en que está presente, llegando a clasificar como accidental (Tabla 10).

El Phylum Tunicata está constituido por organismos epipelágicos de amplia distribución mundial, integrados por los grupos Salpida, Doliolida y Appendicularia. Estas últimas, obtuvieron los registros más importantes para este phylum con una alta constancia y dominancia accesoria (Tabla 10). Con respecto a su distribución, ésta revela una tendencia oceánica preferentemente en las

estaciones ubicadas desde Mejillones al sur (Figs. 76 y 77). Los Doliólidos presentan una constancia accesoria de 34,92 % y una abundancia numérica accidental, localizándose especialmente en el sector oceánico frente a Pisagua, Mejillones, Taltal y Caldera.

Las Salpas tuvieron una baja incidencia llegando a clasificar como grupo accesorio presentando una escasa abundancia, 0,76% (Tabla 10).

Los phyla Bryozoa (larvas de Cyphonautas), Protozoa (Radiolaria y Foraminifera) y Ctenofora, son grupos que exhiben una abundancia relativa muy baja en la totalidad de las estaciones en que están presentes, llegando a clasificar como constante sólo Bryozoa, Radiolaria tuvo una presencia accesoria en tanto que Foraminifera y Ctenofora sólo obtuvieron una incidencia accidental. En cuanto a la dominancia numérica, los tres grupos son accidentales en todas las estaciones en que se encontraron presentes (Tabla 10).

### 3.5. Abundancia de huevos de sardina, anchoveta y jurel con relación a la temperatura y salinidad. (Objetivo 2.6)

Debido a las características del muestreo del ictioplancton, el cual se realiza mediante arrastres verticales desde 100 m a superficie, se desconoce la localización batimétrica del material colectado, asumiéndose una distribución homogénea en la columna de agua, motivo por el cual las relaciones de la presencia de éste, con los parámetros abióticos temperatura y salinidad, se efectúan considerando los promedios ponderados de las variables físicas de los primeros 100 m de profundidad.

El análisis de la relación existente entre los niveles de abundancia de huevos de sardina, anchoveta y jurel, con los

promedios ponderados de temperatura y salinidad de la zona de estudio, permitió caracterizar el rango de dichos parámetros, en los cuales se detectaron las densidades más significativas de huevos de las especies objetivo.

De esta manera se pudo determinar, que los huevos de sardina se distribuyeron en aguas cuya temperatura fluctuó entre 12,91 y 14,60 °C y salinidades comprendidas dentro del rango de 34,48 ppm a 34,93 ppm, registrándose las mayores densidades (>3.500 huevos) en aguas con temperaturas superiores a 13,37 °C y salinidades sobre 34,77 ppm (Fig. 78).

De igual forma se determinó que los huevos de anchoveta se distribuyeron en aguas con temperaturas y salinidades comprendidas entre 12,78 y 15,70 °C y 34,57 y 35,00 ppm, detectándose las mayores densidades (> 40.000 ejemplares) en aguas cuya temperatura fluctuó entre 13,00 y 14,20 °C y salinidades entre 34,62 y 34,84 ppm (Fig. 79).

Para los huevos de jurel la temperatura y salinidad fluctuó entre 12,68 y 15,66 °C y 34,19 a 34,98 ppm, observándose que las mayores concentraciones (> 1.000 huevos) se ubicaron en aguas cuya temperatura y salinidad promedio fluctuaron entre 13,51 a 15,31 °C y 34,49 a 34,97 ppm (Fig. 80).

### **3.6. Intensidad del desove de sardina y anchoveta con relación a la temperatura superficial.**

La Fig. 81 exhibe los datos de temperatura superficial registrados en invierno de los años 1983-1994, y la densidad promedio por estaciones positivas de larvas de anchoveta y sardina, utilizada como un índice de la intensidad del desove de estas especies. En

ella se aprecia que en los años 1983, 1987 y 1992 los valores promedio de temperatura superficial se presentan sobre los promedios históricos calculados para la zona norte en período invernal y son coincidentes con los últimos eventos de El Niño registrados en el norte del país, existiendo una relación directa con la intensidad del desove presentado por anchoveta durante el período analizado.

El análisis comparativo de las características asociadas a la abundancia del ictioplancton de sardina y anchoveta, se efectuó solamente respecto de las larvas. Durante las dos primeras prospecciones invernales analizadas, hubo predominancia del desove de sardina respecto de anchoveta; situación que experimenta un cambio radical en 1985, donde se registraron valores extraordinariamente elevados de huevos y larvas, los cuales no tienen precedentes ni en el período registrado entre los años 1964 - 73.

La situación observada en invierno de 1985, señala que nuevamente estamos frente a un proceso de cambio en la composición específica del ictioplancton de las especies pelágicas, con una predominancia de anchoveta en términos de la abundancia promedio de larvas.

En 1987, los niveles de abundancia promedio experimentaron una drástica disminución asociada al evento cálido que ese año se presentó, el cual genera condiciones desfavorables para la sobrevivencia larval de anchoveta, situación que se vuelve a registrar en 1991 con una baja aún mayor. Entre ambos períodos cálidos, la anchoveta experimentó una nueva recuperación en su abundancia promedio, la que se vió claramente reflejada durante el año 1989, año en el cual las condiciones normales lograron restablecerse, tal como volvió a ocurrir después del evento cálido del año 1991, incrementándose gradualmente estos niveles con el transcurso del tiempo hasta registrarse en 1994 la segunda mayor

abundancia de larvas de esta especie después del pick máximo observado en el año 1985; año donde a partir de entonces, los niveles en la abundancia del ictioplancton de sardina han permanecido muy por debajo de los de anchoveta, situación que no tan solo ha sido evaluada en términos del índice de la intensidad del desove de estas especies, sino que también estos resultados han sido corroborados por otros métodos de evaluación como lo son el APV y las técnicas hidroacústicas (Castillo et al., 1993).

### 3.7. Análisis comparativo entre las redes Wp-2 y Bongo

El análisis comparativo de las muestras de ictioplancton obtenidas con las redes Wp-2 y Bongo durante el crucero Pelanor 9408-09, corresponden al primer set de datos que se obtienen para efectuar una comparación preliminar del muestreo realizado por cada una de estas redes, con lo cual se pretende determinar las posibles diferencias en los resultados entre la Wp-2 y Bongo, en cuanto a número de individuos capturados y tamaño de ellos; en las Tablas 11 y 12 se entrega el número de larvas y longitudes promedio de los individuos colectados con ambos tipos de redes.

Durante el transcurso de este crucero se realizaron 25 lances verticales duplicados con red Wp-2 y Bongo en estaciones aleatorias.

La anchoveta fue la especie que se encontró en un mayor número de estaciones positivas pareadas, detectándose en un total de 15 lances dobles.

La comparación entre ambos sistemas de muestreo se realizó mediante un análisis estadístico no paramétrico, utilizando el test de Friedman. Los resultados del análisis estadístico señalan que no existen diferencias significativas al 95% de confianza en cuanto al número y tamaño de ejemplares capturados por una u otra red.

En las Tablas 13 y 14 se entregan los resultados del análisis de varianza aplicados a los mismos grupos de datos, confirmándose la significativa igualdad entre la talla y el número de ejemplares de las muestras obtenidas con la red Bongo y Wp-2.

Estos resultados confirman la validez de la red Wp-2 como elemento de muestreo del ictioplancton de anchoveta.

### **3.8. Distribución y abundancia del ictioplancton en relación a la biomasa de los recursos detectados mediante técnicas hidroacústicas**

En términos estrictos, es necesario dejar claramente establecido que la distribución y abundancia del ictioplancton no necesariamente constituye un reflejo de la distribución geográfica de los recursos detectados mediante métodos acústicos. Por otra parte, la variación del desove representa sólo la primera etapa del proceso que culmina en la génesis de una nueva clase anual en la población, y que en el mejor de los casos, el desove serviría para estimar el tamaño del stock desovante, pero en ningún caso es un buen índice del éxito de la clase anual siguiente, ya que gran parte de los mecanismos tanto ambientales como biológicos que determinan el éxito de una clase anual, actúan entre el desove y el reclutamiento de los juveniles al stock reproductor.

No obstante lo anterior, es interesante destacar que durante el crucero de invierno de 1994, existen importantes analogías entre la distribución de la biomasa de sardina y en menor grado de anchoveta con el patrón de distribución de huevos y larvas, ello debido a que ambas especies se encontraban en proceso de reproducción, lo que determinó una contemporaneidad entre el barrido acústico y la presencia de huevos y larvas.

En el caso de sardina se detectó mayor presencia de categorías altas (300 y más t/mn<sup>2</sup>) desde Mejillones hasta Taltal, zona que coincide con una alta frecuencia de registros positivos a huevos y larvas de esta especie. De esta misma forma y en menor grado, las altas densidades de anchoveta se detectan desde Punta Patache hasta Punta Buitre, coincidiendo con las zonas de mayor densidad ictioplanctónica.

#### **4. EVALUACION DE LOS RECURSOS**

(Objetivos 2.1, 2.2 y 2.3)

##### **4.1. Calibración electroacústica del sistema EK-500.**

La calibración electroacústica del sistema EK-500, se realizó utilizando blancos estándar de cobre de 60 y 23 mm de diámetro diseñados para las frecuencias de trabajo de 38 y 120 KHZ, respectivamente, según el procedimiento recomendado por Foote et al (1987).

Las mediciones se efectuaron en caleta Laguna Verde (33°07'S-71°42'S) el 10 de agosto de 1994, repitiéndose en Mejillones (23°03'S-70°32'S) el 19 de agosto de 1994, por condiciones metereológicas inadecuadas que impidieron alcanzar resultados confiables, midiéndose las frecuencias de 38 y 120 Khz en pulsos corto, medio y largo.

En las Tablas 15 y 16 se entregan los resultados de las calibraciones electroacústicas realizadas en el sistema EK-500 del B/I Carlos Porter desde su instalación en junio de 1992.

En general, los resultados históricos de las calibraciones presentan variaciones inferiores a  $\pm 0,5$  dB, indicando que el equipo ha presentado un comportamiento estable en el tiempo.

Los patrones de directividad de los transductores (Figs. 82 y 83) medidos durante las calibraciones, indican que en el caso de la frecuencia de 38 KHz, el centro del haz acústico presentó una desviación de 0,12 y 0,28° hacia babor y popa, respectivamente. Para la frecuencia de 120 KHz, el centro del haz acústico presentó una desviación de 0,28° hacia estribor y 0,13° a proa. Los bajos valores en las desviaciones del centro del haz acústico permiten considerar su funcionamiento como normal.

#### **4.2. Pescas de Identificación**

Durante la pesca de identificación realizada por el PAM "PUREN", entre el 23 de agosto y el 9 de septiembre de 1994, se realizaron 7 lances de identificación utilizando una red de cerco anchovetera, de los cuales 6 fueron positivos. Los que sumaron una captura total de 122 toneladas para la Zona Arica-Antofagasta (Tabla 17).

En general la anchoveta fue la especie predominante en los lances de pesca, obteniéndose una captura de 112 toneladas (Tabla 17). La sardina española aportó con sólo 10 toneladas, constituida por ejemplares juveniles, los que estaban mezclados con la anchoveta, este comportamiento del recurso (similar tamaño para ambas especies) se debe principalmente a factores gregarios de la especie (protección).

La composición de tamaño de la anchoveta fluctuó entre los 13,5 y los 17,5 cm, lo que señala que estuvo constituida por ejemplares adultos, cuya moda principal se centró en los 15,5 cm (31%). Se analizó un total de 957 ejemplares provenientes de la subzona costera C.2 (Zona Iquique) y subzona costera C.3 (Zona Tocopilla) (Fig. 84).

La relación longitud-peso de la anchoveta fue (Fig. 85):

$$\text{PESO} = 0,0282 * L^{2,5154}$$

Las capturas estuvieron constituidas por un mayor porcentaje de machos (61%). Comportamiento asociado al período reproductivo, durante el cual se incrementa la presencia de machos, asegurando de esta manera que un mayor número de hembras maduras puedan ser fecundadas.

El estado de madurez se estimó mediante el índice gonádico (macroscópico), el que durante la Semana 35 (29 de agosto al 4 de septiembre, 1994) y Semana 36 (5 al 11 de septiembre, 1994) alcanzó un valor promedio de 9,4%, representado en un 90% por hembras en estado V de madurez, estado en el cual las gónadas han alcanzado su máximo desarrollo y se encuentran en plena actividad reproductiva (Serra, 1976).

Los análisis histológicos señalan que durante la Semana 35 se presentó un bajo porcentaje de atresia ovárica (4%) y una alta frecuencia de desove, con un 99% de hembras maduras. Situación que se mantuvo en la Semana 36, pero con un aumento significativo del índice de atresia ovárica (12%) y una alta frecuencia de desove, con un 99% de hembras maduras (Jorge Oliva, IFOP, com.pers.).

Las sardinas presentaron una estructura de tallas entre los 22,0 y 25,5 cm, con una moda principal en los 24,0 cm (28%). Analizándose un total de 39 ejemplares provenientes de la subzona costera C.2. La totalidad de las sardinas se encontraron en estado II de madurez, el que indica el comienzo de maduración de los juveniles y reincidentes (Fig. 86).

#### 4.3. Capturas de la flota contemporáneas al crucero

La captura total alcanzada por la flota que opera entre Arica y Mejillones durante el período del Crucero (PELANOR 9408-94) alcanzó a 99.763 t, constituida por anchoveta con 96.009 t (96,2%), sardina española con 2.463 t (2,5%) y jurel con 1.250 t (1,3 %) (Tabla 18).

La captura se concentró fundamentalmente hasta una distancia de 60 mn de la costa entre el Puerto de Iquique y caleta Loa y en las primeras 40 mn de la costa desde caleta Lautaro a caleta Michilla.

Entre el 22 al 28 de agosto (semana 34) las capturas de anchoveta alcanzaron a 33.009 t, concentrándose fundamentalmente hasta las 40 mn entre punta Gruesa (20°25'S) y bahía Chomache (21°07'S), con 21 mil toneladas. El otro foco de concentración se localizó a la cuadra de Tocopilla, con 12 mil toneladas, registrándose capturas hasta las 40 mn. La Zona de Arica tuvo una mínima representatividad, obteniéndose solamente 9 toneladas a 20 mn de la costa en el sector limítrofe con Perú (Fig. 87).

En la Semana 35 (29 de agosto al 4 de septiembre, 1994), se observó un leve desplazamiento hacia el sur de la zona de pesca de anchoveta, registrándose el grueso de las capturas en las cercanías del río Loa (21°27'S) y una relativa reducción en las capturas con 14.000 t.

Entre el 5 al 11 de septiembre (semana 36), nuevamente la zona de pesca de anchoveta se ubicó entre punta Gruesa (20°25'S) y bahía Chomache (21°07'S) con un leve desplazamiento hacia el oeste, respecto a la semana 34, operando la flota entre las 30 y 60 mn, obteniéndose alrededor de 47 mil toneladas,.

En general las zonas en que operó el PAM "PUREN" coinciden con los sectores en que operó la flota, correspondientes a las zonas de mayor densidad del recurso. De igual modo, la prospección acústica detectó adecuadamente los sectores en que se registraron las mayores densidades de anchoveta.

Si se compara el comportamiento de las capturas de anchoveta realizadas por la flota contemporánea al crucero, con las capturas realizadas por la flota a igual período (agosto-septiembre) entre los años 1986-1993 (Fig. 88 y 89), se manifiesta un comportamiento similar del recurso a concentrarse en la subzona costera correspondiente a la Zona Iquique, registrándose como máximo hasta las 50 mn. Destacando, que durante el crucero la zona de Arica manifestó una baja presencia del recurso, la que históricamente presenta altas capturas.

La sardina española presentó durante el período analizado, una captura de 2.463 toneladas, registrándose entre Punta Gruesa y Antofagasta.

En la Semana 34 ( 22 al 28 de agosto), se capturó 1100 toneladas, concentrado en tres focos; hasta las 30 mn al norte del río Loa; a 40 mn a la cuadra de Tocopilla y a 20 mn al oeste de Antofagasta (Fig. 90).

En las semanas 35 y 36 (29 de agosto al 4 de septiembre y 5 al 11 de septiembre) las zonas de pesca de sardina española se ubicaron entre bahía Chomache y Antofagasta, observándose en la semana 35 una situación similar que en el caso de anchoveta con un leve desplazamiento hacia el sur, registrándose hasta las 40 mn de la costa.

Los bajos niveles de sardina, obtenidos por la flota contemporánea, concuerdan con los realizados por el PAM "PUREN", los que se manifestaron en un solo lance, mezclado con anchoveta en igual proporción. La tendencia del recurso a focalizarse es similar a lo observado durante los últimos 8 años a igual período (agosto-septiembre), con la diferencia que en la pesca de identificación no existieron capturas en la zona de Arica, la que se manifiesta en los 8 últimos años (Fig. 88 y 89).

El jurel tuvo una mínima representatividad en las capturas, registrándose alrededor de 500, 400 y 300 t en las semanas 34, 35 y 36, respectivamente. Las zonas de pesca se ubicaron entre punta Barrancos ( $20^{\circ}37'S$ ) y caleta Paquica ( $21^{\circ}52'S$ ) entre las 10 y 40 mn de la costa, con algunos focos aislados localizados a 40 mn a la cuadra de Tocopilla y punta Gualaguala ( $22^{\circ}45'S$ ) (Fig. 91).

En la pesca de reconocimiento el jurel no estuvo presente, lo cual concuerda con lo obtenido por la flota contemporánea. Esto es producto que las capturas disminuyeron drásticamente en 1994, en un 55% en comparación a 1993, situación que no coincide con registrado en el período agosto-septiembre de 1986 a 1993 (Fig. 88 y 89).

#### **4.4. Relación día-noche de las lecturas acústicas**

La prospección día - noche se efectuó en una zona de alta abundancia ubicada aproximadamente a 35 mn al oeste de punta Lobos ( $21^{\circ}00'S$ ) (Fig. 92), diseñándose un esquema de muestreo con transectas en cajón que cubrieron el sector, equidistantes entre sí por 5 mn, este muestreo diurno fue replicado en horas de oscuridad. Es importante destacar que durante el experimento la luna se encontraba en su fase nueva, por lo que la prospección nocturna se realizó en condiciones de oscuridad total.

Se efectuaron un total de 153 observaciones diurnas e igual número durante la noche, en 105 observaciones diurnas se detectó la presencia de recursos pelágicos, mientras que 107 observaciones nocturnas resultaron positivas. En la Fig. 92 se presentan los resultados obtenidos en ambas prospecciones.

Los resultados de este trabajo señalan que las lecturas del ecointegrador durante el día alcanzaron a 97.860, mientras que las lecturas nocturnas fueron de 14.713.

La diferencia entre ambas lecturas se debió fundamentalmente a la dispersión presentada por los recursos durante la noche y a que una importante fracción de ella se localizó en la superficie, ubicándose en la zona muerta de detección del ecosonda. Esta situación se acentuó por la ausencia de luz lunar, por lo cual para conseguir resultados concluyentes en este sentido es necesario repetir la experiencia en los distintas fases lunares (luna llena, menguante y creciente).

Es necesario señalar que la influencia de la fase lunar en la distribución batimétrica y comportamiento de los peces pelágicos objeto de este estudio, puede producir una alta variabilidad en los resultados de las prospecciones acústicas nocturnas, razón por la cual Guzmán et al (1982) recomienda realizar estas prospecciones en horas de luz diurna.

#### **4.5. Distribución de los recursos (Objetivos 2.1 y 2.2)**

##### **4.5.1 Distribución geográfica de los recursos**

###### **4.5.1.1 Total de especies**

Latitudinalmente se detectó la presencia de recursos pelágicos en prácticamente toda la zona de estudio, mientras que en el sentido longitudinal se registró hasta las 95 mn de la costa. En el sector costero (primeras 15 mn) desde Arica a punta Patache ( $20^{\circ}50'S$ ) se observó una virtual ausencia de recursos pelágicos (Fig. 93).

Las mayores densidades tendieron a concentrarse en una franja paralela a la costa comprendida entre las 20 y 70 mn desde punta Patache hasta punta Buitre ( $24^{\circ}40'S$ ), con la excepción de los sectores comprendidos entre las 20 y 55 mn al oeste de punta Madrid ( $19^{\circ}00'S$ ); 28 a 35 mn a la cuadra de Caldera; 80 a 85 mn a la cuadra de la isla Chañaral ( $29^{\circ}02'S$ ) y; en las áreas costeras cercanas a punta Chungungo ( $29^{\circ}20'S$ ).

###### **4.5.1.2. Sardina española**

En general, la sardina española presentó en toda la zona de estudio una distribución caracterizada por su alto nivel gregario en cardúmenes de tamaño pequeño y de alta densidad. En la subzona Arica-punta Amarilla, la distribución geográfica tendió a la forma de cuña característica para esta especie en los períodos invernales, ubicándose entre la costa y apróximadamente las 80 mn al oeste de Iquique, llegando hasta las 25 mn al oeste de punta Tetas ( $23^{\circ}30'S$ ), límite que se mantuvo hasta el norte de Taltal. Al sur de Taltal, su presencia se hizo mas escasa, tendiendo a aumentar

sus límites occidentales, llegando hasta las 70 mn al oeste de punta Chungungo ( $29^{\circ}24'S$ ) (Fig. 94).

Las mayores densidades de sardina tendieron a localizarse entre punta Barrancos ( $20^{\circ}40'S$ ) y Taltal, con la excepción del sector ubicado entre las 15 y 18 mn desde punta Argolla ( $18^{\circ}40'S$ ) y punta Pichalo ( $19^{\circ}35'S$ ), destacándose por sus altas concentraciones los sectores ubicados entre las 55 y 65 mn desde caleta Patillos ( $20^{\circ}45'S$ ) hasta punta Guanillo del norte ( $21^{\circ}12'S$ ); 29 a 40 mn desde  $22^{\circ}15'S$  hasta  $22^{\circ}50'S$ ; 14 a 26 mn desde morro Mejillones ( $23^{\circ}10'S$ ) hasta Antofagasta; 8 a 15 mn desde  $23^{\circ}35'S$  a  $23^{\circ}50'S$ ; 5 a 15 mn desde caleta Agua salada ( $24^{\circ}10'S$ ) a punta Grande ( $25^{\circ}10'S$ ); 38 a 41 mn desde  $24^{\circ}42'S$  a punta Grande; y entre las 65 y 70 mn desde  $28^{\circ}45'S$  a punta Chungungo ( $29^{\circ}24'S$ ).

#### 4.5.1.3. Anchoqueta

Esta especie también registró un patrón de distribución altamente gregario, detectándose en el sentido latitudinal en prácticamente toda la zona de estudio, variando sus límites occidentales desde las 90 mn de la costa a la cuadra de Arica a las 45 mn frente a Caldera (Fig. 95). Las mayores densidades tendieron a localizarse en una franja comprendida entre las 20 y 70 mn entre Iquique y Taltal, con la excepción de los sectores ubicados entre las 42 y 48 mn al oeste de punta Madrid ( $19^{\circ}02'S$ ) y en las primeras 3 mn de punta Chungungo ( $29^{\circ}20'S$ ).

Los sectores que se destacaron por sus altas concentraciones, se ubicaron entre las 20 y 80 mn desde punta Gruesa ( $20^{\circ}20'S$ ) hasta punta Guanillo del norte ( $21^{\circ}12'S$ ); entre las 2 y 40 mn desde punta Arenas ( $21^{\circ}30'S$ ) a punta Coloso ( $23^{\circ}46'S$ ); entre las 5 y 15 mn desde  $24^{\circ}20'S$  a caleta Botija ( $24^{\circ}31'S$ ) y; desde 15 a 20 mn a la cuadra de punta Grande ( $25^{\circ}10'S$ ).

#### 4.5.1.4. Jurel

Esta especie se distribuyó en forma homogénea y en bajas densidades, cubriendo gran parte de la zona prospectada, sus límites longitudinales variaron entre la costa y las 100 mn (Fig. 96). Las zonas de alta concentración fueron escasas y de tamaño pequeño, detectándose en altas densidades solamente en tres sectores, ubicados a las 100 mn a la cuadra de punta Pichalo ( $19^{\circ}35'S$ ); a 60 mn de punta Tames ( $22^{\circ}40'S$ ) y en las primeras 10 mn de caleta Botija ( $24^{\circ}31'S$ ).

#### 4.5.2 Distribución batimétrica de los recursos

##### 4.5.2.1. Sardina española

En general en las tres subzonas consideradas, la sardina española se ubicó entre la superficie y los 50 m de profundidad, observándose que sobre el 70 % de los cardúmenes se detectaron en los estratos 10-20 y 20-30 m (Fig. 97).

Estas profundidades corresponden a las isotermas entre  $11$  y  $17^{\circ}C$ , para la subzona Arica-punta Amarilla;  $13$  y  $15^{\circ}C$ , para la subzona punta Amarilla-Caldera y entre  $13$  y  $14^{\circ}C$ , para la subzona Caldera-Coquimbo. Las mayores frecuencias (sobre el 60%) de los cardúmenes detectados, se ubicaron centrados en los  $16$  y  $14^{\circ}C$  para las subzonas Arica-punta Amarilla, punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo, respectivamente (Fig. 98).

Las salinidades que limitaron la distribución batimétrica de la sardina española fluctuaron entre  $34,3$  y  $35,2$  ppm, observándose una clara diferencia en las distribuciones de la salinidad respecto a la subzona considerada. Es así como entre Arica y punta Amarilla, las isohalinas variaron entre  $34,7$  y  $35,2$  ppm, con las mayores

frecuencias centradas en los 34,8 y 35,0 ppm, mientras que entre punta Amarilla y Caldera las salinidades que limitaron la distribución de la sardina variaron entre 34,4 y 34,8 ppm, registrándose sobre el 50% de los cardúmenes en 34,6 ppm, por su parte, entre Caldera y Coquimbo el rango de las salinidades límites de la distribución de esta especie varió entre 34,3 y 34,6 ppm, registrándose cerca del 70% de los cardúmenes en 34,5 ppm (Fig. 99).

#### 4.5.2.2. Anchoveta

La distribución batimétrica de la anchoveta varió entre la superficie y los 40 m, observándose que en las subzonas Arica-punta Amarilla y punta Amarilla-Caldera los patrones de distribución de frecuencias de cardúmenes fueron similares, registrándose sobre el 60% de los cardúmenes en el estrato 10-20 m. En la subzona Caldera-Coquimbo se presentó una distribución mas supercial, detectándose alrededor del 90% de los cardúmenes en el estrato 0-10 m (Fig. 97).

Las isothermas límites de la distribución batimétrica de anchoveta fluctuaron, en general, entre 11 y 17°C, registrándose una situación similar a la de sardina, con claras diferencias en la situación observada entre Arica-punta Amarilla, respecto a las subzonas punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo. De este modo, las isothermas que limitaron a la anchoveta variaron entre 13 y 17°C, para la subzona Arica-punta Amarilla con las mayores frecuencias (sobre el 50 % de los cardúmenes) centrados en 16°C y entre 13 y 15°C en las dos subzonas restantes, con sobre el 60% de los cardúmenes en la isoterma de 14°C (Fig. 98).

Respecto a las salinidades, se observa una situación similar a la presentada con la temperatura y coincide de igual modo con la distribución de sardina española, variando entre 34,7 y 35,2 ppm para la subzona Arica-punta Amarilla, con sobre el 70% de los

cardúmenes en el rango de 34,8 a 35,1 ppm. En punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo, los rangos límites de la salinidad fluctuaron entre 34,5 y 34,8 ppm, registrándose sobre el 60% de los cardúmenes centrados en la isohalina de 34,6 ppm (Fig. 99).

#### 4.5.2.3. Jurel

La distribución batimétrica del jurel, se caracterizó por sus amplios rangos, variando entre los estratos superficiales (0-10 m) hasta los 160 m, observándose una tendencia a ampliar los límites inferiores de la distribución hacia el sur de la zona de estudio. (Fig. 97). Es así como, en la subzona Arica-punta Amarilla las profundidades variaron entre la superficie y los 70 m, mientras que entre punta Amarilla-Caldera se detectó hasta los 100 m de profundidad y entre Caldera-Coquimbo llegó hasta los 160 m. No obstante lo anterior, las mayores frecuencias de cardúmenes en la subzona Arica-punta Amarilla se ubicaron entre los estratos 0-10 y 30-40 m, con sobre el 70 % de los cardúmenes en los estratos 10-20 y 20-30 m. En las subzonas punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo, las mayores frecuencias se localizaron entre los estratos 10-20 y 30-40 m de profundidad.

Las isothermas límites de las distribuciones anteriormente descritas, variaron entre los 9 y 17 °C, observándose que en la subzona Arica-punta Amarilla el jurel se detectó en los mismos sectores que la sardina y la anchoveta con temperaturas entre 14 y 17 °C. En las subzonas punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo se amplió la distribución hacia menores temperaturas, respecto a lo observado en sardina y anchoveta, llegando hasta 10 °C, manteniéndose las mayores frecuencias en rangos similares a los detectados en las otras dos especies, variando entre 13 y 15°C (Fig. 98).

Las salinidades límites de la distribución de jurel variaron en general, entre 34,3 y 35,1 ppm, presentándose situaciones similares a las observadas para sardina española y anchoveta. En la subzona Arica-punta Amarilla esta variable fluctuó entre 34,7 y 35,1 ppm, centrado en 34,8 ppm, mientras que en las subzonas punta-Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo las salinidades límites de la distribución del jurel, variaron entre 34,3 y 34,8 ppm, centrándose en 34,6 ppm, sobre el 40 % de los cardúmenes detectados (Fig. 99).

#### **4.5.3 Análisis cartográfico de la información**

##### **4.5.3.1. Caracterización, descripción y análisis de las estructuras espaciales provenientes de la información acústica.**

###### **a. Arica-Punta Amarilla**

Para el caso de la sardina en el 8,7% de las IBM's existe presencia del recurso. Sólo en 7 de las 18 transectas los correlogramas presentan macroestructuras, con una extensión de 1 a 2 mn, equivalentes a 2 y 4 pasos de retardo de 0,5 mn de longitud. Las macroestructuras (Fig. 100) se encuentran distribuidas desde el sur de Arica hasta el norte de Tocopilla con la excepción de una transecta que se ubica al sur de Antofagasta. Estos resultados son concordantes con los mostrados por el semivariograma donde, en la dirección Este-Oeste, se muestra un efecto de ausencia de estructura (Fig. 101). En el caso de la dirección N-S se observa una estructura al 5 paso (100 mn). Estos resultados concuerdan con el análisis de las varianzas al interior de las transectas (Capítulo Análisis de Resultados) donde se muestra que para la sardina, el mayor porcentaje de la variabilidad viene aportado por la varianza dentro de la transecta.

La anchoveta es la especie que tiene la mayor cobertura en la subzona, pero tiene un comportamiento más gregario que la sardina, ya que si bien se presenta en el 28,4% de las IBM's sólo se encuentra en macroestructura que varían de 1 a 2 mn (2 a 4 pasos de retardo de 0,5 mn) en sólo 7 de las 18 transectas que se realizaron en el área (Fig. 102).

El semivariograma en dirección E - O indica, al igual que para la sardina, la ausencia de estructura, pero además el variograma en la dirección N - S muestra un efecto de pepita con una estructura a las 60 mn (Fig. 103), esta variabilidad a corta distancia explica la mayor parte de la variabilidad espacial, el variograma muestra que se estabiliza cerca del umbral con una varianza más pequeña.

El jurel muestra una cobertura relativamenete amplia en el área presentándose en el 22,9% de las IBM's, sin embargo los correlogramas presentan macro estructuras sólo en 3 transectas cuyo rango varía entre 1 a 3 mn (Fig. 104). Los semivariogramas muestran ausencia de estructuras en dirección E - O y N - S (Fig. 105).

#### **b. Punta Amarilla - Caldera y Caldera - Coquimbo**

Tanto la sardina como la anchoveta disminuyen su presencia hacia el sur del área de estudio. En efecto en las subzonas 2 y 3 la sardina se presenta en sólo el 5,6% y 3,0% de las IBM's, mientras que la presencia de anchoveta se encuentra en sólo 3,0% y 1,7% de las IBM's, respectivamente. Los correlogramas no presentan macroestructura en ninguna de las 16 transectas efectuadas en las subzonas 2 y 3.

Para la sardina, en la subzona 2 los semivariogramas en la dirección N - S, alcanza el umbral sólo a las 20 mn, lo que explica la mayor parte de la variabilidad, considerando que en la dirección E

- O, el umbral es bajo. En la subzona 3 el comportamiento del semivariograma es análogo a lo anterior con umbrales más bajos.

Para la anchoveta los semivariogramas presentan efecto de pepita tanto en la dirección N - S y E - O. A diferencia de la subzona 1, donde la abundancia del recurso es alta, en las subzonas 2 y 3 donde es baja e incipiente en la última, las estructuras se muestran en dirección E - O, presentando un alto valor del variograma anisotrópico zonal, que explica la alta varianza que se presenta en esta área.

El jurel se presenta en el 19,3% y 22,3% de las IBM's de las subzonas 2 y 3, respectivamente. En el caso de la subzona 2 el semivariograma no muestra estructura ni en la dirección N - S ni en la E - O. Mientras que en la subzona 3 existe una estructura a las 25 mn, en dirección N - S pero su varianza es menor a las de las otras áreas, el correlograma muestra una macro estructura en una transecta al norte de Coquimbo, no detectándose en el semivariograma en la dirección E - O.

#### 4.5.3.2. Centros de gravedad de las distribuciones

En las cartas de distribución geográfica se observa que la anchoveta se localizó preferentemente en la zona norte del área de estudio, el jurel se presentó en toda el área en bajas densidades mientras que la sardina tuvo una baja presencia en la zona prospectada (Figs. 93 a 96).

En la cartografía en conjunto de las especies se observa la mayor preponderancia de la anchoveta en la subzona norte del área de estudio y del jurel en la subzona sur.

En la Fig. 106 se presentan los análisis de los centros de gravedad de las distribuciones de los recursos, señalándose en color amarillo la sardina, azul la anchoveta, rojo el jurel y verde para el total de especies.

En el caso de la sardina, se observa una clara diferenciación con los centros de gravedad de las otras dos especies, particularmente en la subzona 1 que se presentó ubicado algo más al norte que en las otras dos especies, más al sur en la 2, y más oceánica en la 3, a pesar que este último valor es muy bajo.

La anchoveta en la subzona 1 presentó su centro de gravedad hacia el sur de la sardina con una mayor participación relativa en el total de especies. En las subzonas 2 y 3 el centro de gravedad indica la ubicación altamente costera del recurso (Fig. 106).

Los centros de gravedad del jurel indican que este recurso tuvo similar peso en las tres subzonas, con amplia cobertura en las subzonas 1 y 2, siendo más costera en la 3.

#### **4.6. Estimados de biomasa de los recursos (Objetivo 2.3)**

En términos generales, los mayores estimados de biomasa se registraron en la subzona Arica-punta Amarilla, con 2.044.200 t, tendiendo a disminuir hacia el sur, con un valor que alcanzó las 531.142 t en la subzona punta Amarilla-Caldera y 239.548 t entre Caldera y Coquimbo (Tabla 19).

La anchoveta fue la especie mas abundante entre Arica y punta Amarilla, con 1.375.600 t, representando el 67,3% del total estimado en dicha zona. Hacia el sur, esta especie tambien disminuyó sus niveles de biomasa y su importancia relativa, alcanzando las

228.089 t en la subzona punta Amarilla-Caldera, representando un 42,9% del total estimado en la subzona y 42.938 t entre Caldera-Coquimbo, siendo solo un 17,9% de todas las especies evaluadas.

La sardina española fue la segunda especie en importancia en la subzona Arica-punta Amarilla, con una biomasa de 434.824 t, lo que corresponde a un 21,3% del total de especies. Al igual que en el caso del total de especies y de la anchoveta, hacia el sur también se registró una reducción en los estimados de biomasa de sardina, evaluándose 204.079 t entre punta Amarilla y Caldera, lo que corresponde al 38,4% del total de especies y 46.047 t entre Caldera y Coquimbo, representando un 19,2% del total de especies evaluadas en la subzona.

Por su parte, el jurel fue la especie menos abundante entre Arica-punta Amarilla con una biomasa de 212.972 t, aportando un 10,4% al total de especies de la subzona, observándose hacia el sur un incremento de la importancia relativa de esta especie en los estimados de biomasa. Es así como entre punta Amarilla-Caldera el estimado de biomasa alcanzó a 122.847 t, correspondiente a un 23,1% del total de especies evaluadas en esta subzona y entre Caldera-Coquimbo se evaluó una biomasa de 118.710 t, valor que correspondió al 49,6% del total de especies.

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

##### **4.7.1. Total de especies**

La precisión de los estimados de biomasa del total de especies por subzona y método, medido según el coeficiente de error (E %), varió entre 41 % y 61,7%, los Coeficientes de Variación (CV) fluctuaron entre 0,24 y 0,37, los valores más altos de ambos indicadores se registraron en la zona punta Amarilla-Caldera. En la Tabla 20 se

entregan las varianzas y los coeficientes de error (%) de las estimaciones de biomasa del total de especies, obtenidas por la aplicación de los diferentes métodos propuestos.

Según el método de cálculo, la mayor precisión se alcanzó con el Método Bootstrap, con Coeficientes de error de 43,0; 59,0 y 41,0% para las subzonas Arica-punta Amarilla, punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo, respectivamente.

El hecho que los resultados con mayor precisión se alcanzaran con el Método Bootstrap, también lo observó Castillo *et al* (1994), en la evaluación hidroacústica del total de especies en la zona norte, realizada en el invierno de 1993.

Sin embargo, los valores alcanzados en la presente evaluación presentan importantes divergencias con los CV proyectados según Aglen (1989), utilizados para proyectar el crucero en las Bases Técnicas, estimándose un CV de 0,16 para la zona Arica-punta Amarilla y 0,17 para la zona punta Amarilla-Coquimbo.

Castillo *et. al.*, (1994) indica que los niveles de precisión alcanzados durante el invierno de 1993 entre Arica-punta Amarilla, para el total de especies, fueron de similar orden a los proyectados según Aglen (1989). Sin embargo, en la zona Antofagasta-Coquimbo se detectaron importantes diferencias entre los CV proyectados y los calculados en la prospección, quedando en evidencia la influencia del comportamiento altamente gregario de las especies en el grado de precisión del muestreo acústico.

En el presente caso, la influencia del fenómeno de agregación de los recursos afectó en forma aún más drástica a los estimados de la precisión de la biomasa del total de especies, que en la situación registrada en el invierno de 1993, siendo explicada en la zona

Arica-punta Amarilla y punta Amarilla-Caldera por la alta influencia de la anchoveta que tendió a concentrarse en sectores relativamente pequeños y por la mezcla de especies en las mismas áreas. La mayor precisión relativa de los estimados de biomasa de la zona Caldera-Coquimbo, se explican por una reducción en la agregación de anchoveta aumentando la influencia del jurel en los indicadores de la precisión, especie que presentó una distribución más homogénea.

#### **4.7.2. Sardina española**

En el caso de la sardina española, el método Bootstrap también presentó los mayores indicadores de la precisión, con un coeficiente de Error (%) que varió entre 38,0 y 54,0% para las subzonas Arica-punta Amarilla y punta Amarilla-Caldera y CV de 0,23 y 0,32, respectivamente. En la subzona Caldera-Coquimbo la escasa presencia de esta especie y el alto grado de agregación determinaron niveles de precisión que superaron el 70% para el Coeficiente de Error, motivo por el cual se excluyeron. En la Tabla 21 se entregan las varianzas, los coeficientes de error (%) y de variación (CV) de las estimaciones de biomasa de sardina española, obtenidas por la aplicación de los diferentes métodos propuestos.

#### **4.7.3 Anchoveta**

En la Tabla 22 se entregan las varianzas y los coeficientes de error (%) y de variación (CV) de las estimaciones de biomasa de anchoveta, obtenidas por la aplicación de los diferentes métodos propuestos.

En la zona Arica-punta Amarilla, los coeficientes de Error (E %) de anchoveta variaron entre 57,0 y 61,9%, alcanzándose las menores magnitudes con el método Bootstrap, los CV fluctuaron entre 0,34 y 0,39. Entre punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo los coefi-

cientes de error superaron el 70%, motivo por el cual fueron excluidos de la Tabla 22.

En general, los indicadores de la precisión de la biomasa de anchoveta fueron los mas altos de las tres especies consideradas, producto fundamentalmente de los altos niveles de agregación registrados por esta especie, particularmente en las zonas Arica-punta Amarilla y punta Amarilla-Caldera, mientras que entre Caldera-Coquimbo, el resultado alcanzado se debió a la escasa presencia de esta especie en la zona de estudio.

#### 4.7.4. Jurel

En la Tabla 23 se presentan los indicadores de la precisión de la biomasa de jurel por subzona y método.

En este caso, los coeficientes de error (E %) variaron entre 24,5 y 41,4 %, según el método utilizado, mientras que los CV fluctuaron entre 0,14 y 0,25. El método de Estratos agrupados presentó los menores valores en el Coeficiente de Error, con 24,5; 38,1; y 30,9% para las subzonas Arica-punta Amarilla; punta Amarilla-Caldera y Caldera-Coquimbo, mientras que los valores de CV fueron de 0,14; 0,23 y 0,18, respectivamente. En general, los índices de precisión de mayor valor se registraron entre punta Amarilla-Caldera, producto de su distribución relativamente mas contagiosa, el menor valor en el Coeficiente de Error (E %) obtenido en la zona Arica-punta Amarilla se debió a la mayor cobertura geográfica presentada por la especie.

#### 4.8. Índices de cobertura y densidad (Objetivos 2.1 y 2.2)

En la Tabla 24 se presentan los resultados de los Índices de Cobertura (%) y Densidad (t/mn<sup>2</sup>) por especie y zona. Con el fin de hacer comparativos estos resultados con la serie histórica disponible, estos valores se obtuvieron considerando IBM's de 2 mn.

En la subzona Arica-punta Amarilla la sardina española presentó el mayor Índice de Densidad de las tres especies, con 155,5 t/mn<sup>2</sup>, ocupando un 8,7% del área, alcanzando en las zonas de pesca valores entre 195,2 y 341,6 t/mn<sup>2</sup>. La anchoveta en la misma subzona, registró un ID de 150,1 t/mn<sup>2</sup>, siendo la especie que ocupó la mayor área con un IC de 28,4%, esta especie alcanzó una densidad de 244,3 t/mn<sup>2</sup> en las zonas de pesca y 528,9 t/mn<sup>2</sup> en el sector de mayor concentración. El jurel en cambio, fue la especie que registró la menor densidad de las tres especies consideradas, con un ID de 28,7 t/mn<sup>2</sup>, ocupando un 22,9 % del área.

En la subzona punta Amarilla-Caldera, la sardina española presentó un incremento relativo en el grado de concentración, respecto a la subzona Arica-punta Amarilla, con un ID de 177,9 t/mn<sup>2</sup>, pero reduciendo su área ocupada a un 5,6%, la anchoveta también presentó una tendencia similar que la sardina, incrementándose el índice de densidad a 172,2 t/mn<sup>2</sup>, reduciéndose drásticamente el IC, llegando a un 6,4 % del área. En ambas especies las mayores concentraciones se localizaron hacia el límite norte de esta zona (entre punta Amarilla y Taltal), registrándose en sardina española concentraciones de 232,1 y en anchoveta de 282,8 t/mn<sup>2</sup>, valor que llegó a 385,1 t/mn<sup>2</sup> en los sectores de alta densidad. El jurel también presentó un incremento relativo en el ID, con 30,4 t/mn<sup>2</sup>, reduciendo su área ocupada a 19,3%

En la subzona Caldera-Coquimbo, la sardina española registró una leve reducción en sus niveles de concentración, obteniéndose un ID de 105,7 t/mn<sup>2</sup>, observándose un notorio incremento en la agregación del recurso con un IC de 3,0 %. La reducción en las densidades fue aún mas notable en el caso de la anchoveta, con un índice de densidad de 24,9 t/mn<sup>2</sup>, ocupando sólo un 1,7 % del área ocupada, lo que en la práctica significa que esta especie estuvo presente solo en 5 observaciones de un total de 296. El jurel en cambio tendió a incrementar sus niveles de concentración y cobertura, con un ID de 37,2 t/mn<sup>2</sup> y 22,3%, respectivamente.

La situación descrita es la principal causa de los bajos niveles de precisión de los estimados de biomasa alcanzados en el presente proyecto, particularmente en el caso de anchoveta y sardina, en que se observó una notoria tendencia a presentar concentraciones muy altas en sectores relativamente pequeños, los que coincidieron con las zonas de pesca. En el caso de anchoveta, el IC observado en la zona Arica-punta Amarilla, sugiere que los niveles de precisión deberían ser superiores a los obtenidos, sin embargo este resultado está influenciado por datos provenientes de sectores con densidad relativamente baja, localizados hacia el norte de Iquique y por otro conjunto de datos, localizados hacia el sur de Iquique, que presentó las características de agregación descritas anteriormente, observándose importantes diferencias entre ambos grupos.

## VIII. ANALISIS DE RESULTADOS

### 1. CONDICIONES OCEANOGRAFICAS

(Objetivos 2.5 y 2.6)

#### 1.1 Temperatura, Salinidad y Oxígeno

Entre Arica y Antofagasta la distribución de las isotermas en superficie para el período de estudio, es similar a la registrada en julio-septiembre de 1989 (Osses et al, 1989), el cual fue calificado como de condiciones normales.

En general, los valores de temperatura superficial, respecto de los años cálidos 1992 y 1993 (Castillo et al, 1992 y Castillo et al 1994) son menores en aproximadamente 1°C, en el área Arica Antofagasta, similares entre Antofagasta y Caldera y mayores en casi 1°C de Caldera al sur. Respecto al período frío comprendido entre 1988 a 1991 (Kelly et al, 1988; Blanco, 1991), los valores son superiores en poco menos de 1°C.

La base de la termoclina, representada por la profundidad de la isoterma de 15°C presentó valores en general típicos para la época en el área oceánica, excepto a los 22°S donde ésta isoterma alcanza los 80 metros debido a la entrada de un flujo de AST-2 proveniente del Oeste, situación también observada en igual período de 1993 (Castillo et al 1994).

En tanto en el área costera esta isoterma se encuentra aproximadamente 10 metros más profunda que los años 88 (Kelly et al, 1988), 89 (Osses et al, 1989), 90 (Kelly et al, 1990) y 91 (Blanco, 1991), años catalogados como fríos y 10 a 20 m menos profunda que los años 92 (Castillo et al, 1992) y 93 (Castillo et al 1994), años considerados cálidos.

La salinidad, presentó en toda el área de estudio valores más altos a los registrados en igual período años anteriores, siendo mayores en 1 décima que los años 1988 (Kelly et al, 1989), 1989 (Osses et al, 1989) y 1990 (Kelly et al, 1990), menores 1 a 3 décimas que los años 1987 (Kelly y Osses, 1987), 1991 (Blanco, 1991) y 1992 (Castillo et al, 1992).

La concentración de oxígeno disuelto en superficie es levemente menor en 0,5 ml/l que la registrada en julio 1976 (Silva y Sievers, 1981) y en agosto de 1991 (Blanco, 1991), sin embargo es similar a Septiembre de 1992 (Castillo et al, 1992). Estas características serían producto de las mayores temperaturas registradas durante los eventos cálidos.

En la vertical, durante el presente crucero, en el sector oceánico del área Arica-Antofagasta, la capa de agua con valores menores a 1 ml/l de oxígeno disuelto presentó su limite superior 20 metros más superficial que lo encontrado en invierno de 1988; 20 a 30 metros que lo encontrado en igual período de 1989; y de 20 a 40 metros que en 1990; mientras que en el área costera (primeras 20 millas de la costa) la profundidad fue similar a los tres períodos mencionados.

En comparación a agosto de 1991, la capa de mínimo oxígeno presenta su limite superior de 20 a 50 metros mas superficial en el sector oceánico del área Taltal-Coquimbo, llegando incluso a los 100 metros mas superficial a la altura de Chañaral. Con respecto al limite inferior de la capa, esta se ubica de 40 a 80 y hasta 100 metros mas profunda, lo que significa un ancho promedio superior en 100 metros a lo encontrado en 1991. De Taltal al norte, tanto el límite inferior como superior de la capa de mínimo de oxígeno se encuentran 40 a 80 metros mas profundo a lo encontrado en 1991.

En relación a lo encontrado durante agosto-septiembre de 1993, la capa presenta un ancho y ubicación similar, encontrándose solamente un brusco levantamiento de 60 a 100 metros frente a Antofagasta y una profundización de 40 a 60 metros frente a Taltal, ambas alteraciones en el sector oceánico por sobre las 40 millas de la costa.

### 1.2 Surgencia

La intensidad de los vientos predominantes registrados durante el período de estudio, que provienen del segundo y tercer cuadrante, son propicios para la generación de surgencias débiles.

El ascenso en el sector costero de las isolíneas de todas las variables analizadas, confirman los procesos de surgencia típicos de la zona. Este proceso se detecta prácticamente a lo largo de toda la costa de la zona de estudio. Por las características termohalinas y los menores valores de oxígeno de las aguas en la área costera, las aguas surgentes corresponden a la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS).

### 1.3 Masas de agua

En condiciones normales, el AST-1 ha sido detectada desde Tocopilla al norte con salinidades y temperaturas mayores a 34,9 y 16°C respectivamente (Robles et al, 1974; Silva y Konow, 1975; Kelly et al, 1983; Kelly et al, 1988; Blanco, 1991). Para este crucero, se aprecia una importante participación de la AST-1 en el área oceánica, al menos hasta unas 80 millas de la costa entre Iquique y Tocopilla y una leve participación de la misma frente a Antofagasta con un espesor de 20 a 40 metros.

La presencia de la AST-2, si bien es débil, esta es anormal para la zona norte en esta época (Kelly et al, 1983, Blanco, 1991), siendo observada durante los eventos El Niño 1982-83 y 1991-93 (Blanco y Díaz, 1985; Kelly y Blanco, 1986; Castillo et al, 1992; Castillo et al 1994). Esta agua sería un remanente de las altas salinidades observadas durante el verano 93-94 (Braun et al 1994).

El ASAA presenta una temperatura, salinidad y oxígeno también típicos para la zona, sin embargo al norte de Taltal su participación se encuentra reducida, producto de la extensión anormal hacia el sur de las aguas subtropicales. El AESS y AIAA presentan una distribución y valores de temperatura, salinidad y oxígeno normales para la época en toda el área de estudio (Silva y Konow 1975; Silva y Sievers, 1981; Kelly et al, 1988; Blanco, 1991; Castillo et al, 1992 y Castillo et al 1994).

#### 1.4 Circulación

La circulación superficial característica para la zona (Silva y Fonseca, 1983), corresponde a un flujo paralelo a la costa hacia el sur penetrando entre dos flujos al norte. Sin embargo, en el sector oceánico entre Caldera y Arica, predominan flujos perpendiculares a la costa, situación también observada durante septiembre de 1992 y 1993 (Castillo et al, 1992 y Castillo et al 1994).

La gran cantidad de giros o remolinos detectados se debe principalmente a la separación de las transectas (20 millas). La separación de las transectas en los cruceros realizados antes de la incorporación de CTDs era entre 40 y 60 millas, por lo que solo se podían detectar los grandes giros, como el remolino anticiclónico ubicado frente a Antofagasta, el que posee el carácter de permanente para las estaciones de invierno y primavera y que sin embargo no se aprecia en esta oportunidad. El remolino ubicado

entre Arica e Iquique ha sido observado ocasionalmente en el mes de febrero de 1991 (Kelly y Rubio, 1991) y en los meses de enero, abril y diciembre de 1992 (Blanco et al, 1992a y 1992d; Blanco y Reyes, 1992). El remolino ciclónico ubicado al sur de Antofagasta también fue observado por Silva y Ramírez (1982) durante el invierno y verano de 1981 y por Castillo et al (1994) en invierno de 1993.

Con profundidad, se puede estimar indirectamente de las secciones de salinidad paralelas a la costa (Fig. 107 y 108), que los núcleos del ASAA y el AESS se ajustan al esquema clásico de circulación hacia el norte y hacia el sur, donde como principal flujo subsuperficial se presenta la corriente de Gunther (Gunther, 1936) hacia el sur.

## 2. DETERMINACION DE LA FLUORESCENCIA IN VIVO, Clorofila a Y FEOPIGMENTOS.

(Objetivo 2.7)

### 2.1. Distribución de la fluorescencia in vivo y la clorofila a respecto de las variables físicas

Entre Arica e Iquique la distribución horizontal superficial de fl y cloa, estuvo restringida a distancias no superiores a 20 mn de la zona costera. Esta situación estuvo asociada a la intrusión de una masa de agua más cálida y salina desde el noroeste, que restringió la distribución longitudinal de la cloa. Esta masa de agua más cálida y más salina, se caracteriza por concentraciones de cloa cercanas o menores de  $0,5 \text{ mg/m}^3$ .

Al mismo tiempo las zonas de alta concentración de cloa y registros de fl, se caracterizaron por valores negativos de anomalía de temperatura superficial y a la posición más somera de la isoterma

de 15 °C alrededor de los 20 m de profundidad, que indica el límite de la termoclina. Por lo que se trataría de zonas en las que la zona eufótica está restringida a esa profundidad.

Un modelo físico interesante para la zona, es el propuesto por Yoder et al. (1994), que indica que las partículas fitoplanctónicas tienden a acumularse en la zona más cálida de los sistemas de convergencias oceánicas o costeras. Desde la perspectiva de los factores químicos es que las aguas surgidas recientemente, no son las adecuadas para el crecimiento inmediato de las microalgas, debido a sus bajas tensiones de oxígeno disuelto y altas concentraciones de especies químicas tóxicas como los nitritos, características típicas de afloramientos de masas de agua tipo Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS). Ambos modelos pueden explicar el hecho que la acumulación de cloa se produce solamente en las inmediaciones (5-10 mn) del núcleo de la surgencia (*i.e.* 1 mn).

Este patrón de distribución además de las altas concentraciones de biomasa fitoplanctónica, en ausencia de vientos favorables para el afloramiento de aguas tipo AESS, a sido descrita con anterioridad para la zona, utilizando análisis de imágenes satelitales (Thomas et al., 1994) y en muestreos de mesoescala (Osse & Troncoso, 1990, Morales et al., 1994).

La localización de altas concentraciones de cloa en la zona oceánica, al sur de Tocopilla y norte de Taltal, estuvo asociada a salinidades entre 34,9 a 34,7 y al levantamiento de la isoterma de 15 °C a menos de 30 m de profundidad en la zona costera, producido por la surgencia. En la carta de circulación geostrófica y en la zona oceánica correspondiente a la latitud de Antofagasta, se aprecia un meandro, producto de la interacción de dos sistemas de circulación de distinto sentido de giro, que promueve la acumulación de cloa.

La zona de discontinuidad observada en las cercanías de Taltal se caracterizó por la presencia de masas de agua de salinidad entre 34,7 a 34,6, en toda la transecta y a un núcleo de agua más fría en la zona costera. Este régimen termohalino está relacionado con un flujo este-oeste de masas de agua de distinto origen, que conformarían una zona de convergencia de acuerdo con la anomalía geopotencial de superficie.

Entre Caldera y Coquimbo se aprecian los valores más altos de cloa y fl para todo el crucero, asociados a un gradiente muy pronunciado de salinidad, en el rango 34,1 a 34,5 en la zona oceánica. Los núcleos de alta cloa observados en la zona costera y oceánica, están asociados a un sistema general de anomalías de geopotencial de superficie de sentido ciclónico y a las temperaturas más bajas registradas en la superficie ( $< 14$  °C).

La alta biomasa medida en la zona oceánica no estaría asociada a altas producciones de biomasa in situ, sino que más bien a mecanismos de transporte de biomasa desde la zona costera, semejantes a los descritos para la Corriente de California por Peláez y McGowan (1986) o a las acumulaciones de biomasa en zonas de meandros, como el detectado en este estudio en la zona oceánica frente a Antofagasta y que también han sido descritos para el Mediterráneo (Mar de Alborán) (Claustre et al., 1994).

### **3. DISTRIBUCION DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES**

#### **(Objetivo 2.4)**

Las densidades promedio de huevos y larvas de las especies objetivo, calculadas sobre la base de las estaciones totales y positivas, revelan que durante el invierno de 1994, se produce una marcada predominancia del desove de anchoveta, respecto de sardina y jurel, situación que se ve corroborada mediante el examen de los

parámetros comunitarios, constancia y dominancia numérica, lo que revela la amplia intensidad y extensión de la actividad reproductiva (Tabla 6 y 7).

De acuerdo a lo señalado por los antecedentes históricos y para el caso de los clupeiformes, la prospección realizada en invierno de 1994, coincide con una época caracterizada por ocurrencia de actividad reproductiva, ya que el período reproductivo de la sardina española y anchoveta se inició en junio, presentando ambas especies actividad ovárica desde julio hasta septiembre, con máximos en agosto, lo cual es avalado por los valores del índice gonádico registrados para la zona Arica - Antofagasta durante los meses de agosto y septiembre de 1994 (sardina: 6,4 y 7,0; anchoveta: 6,5 y 5,1) (J.Oliva, comunicación personal).

El análisis comparativo de los resultados del presente crucero respecto de aquellos obtenidos en prospecciones precedentes efectuadas para la zona Arica - Antofagasta durante el período 1983 - 1994, señalan situaciones diferentes para la abundancia relativa de las especies objetivo del estudio.

Las Tablas 25 y 26 exhiben los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta, sardina y jurel obtenidos para la zona norte del país durante el período de invierno de los años 1983 - 1994, y estas reflejan con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado la composición específica de la comunidad pelágica de la zona de estudio, es decir, muestra el predominio del desove de anchoveta respecto de sardina y jurel. Se exceptúa la fase de huevos y larvas asociada a los cruceros de 1983 y 1984 en los cuales se aprecia una predominancia en los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina.

En términos generales la abundancia del ictioplancton de las especies comprometidas en el estudio es elevada, alcanzando en su conjunto a 971.481 huevos (93,1%) y 666.880 larvas (89,4%). De éstos, el 95,7% de los huevos y el 98,4% de las larvas corresponden a anchoveta, lo cual permite determinar la persistencia a nivel del ictioplancton del cambio de la composición específica de la fauna pelágica, detectada en 1985 para la zona Arica - Antofagasta y que se ha caracterizado por el marcado predominio de esta especie, aspecto que ha sido enfatizado en informes precedentes (Braun, 1991; Castillo et al., 1993; Braun et al., 1994) y que este análisis lo confirma nuevamente.

Al analizar los 12 cruceros en conjunto, se determina que respecto de la fase de huevo, la densidad promedio por estaciones positivas de anchoveta es 7 veces superior a sardina y 41 veces superior a jurel. Por otra parte, el mismo índice aplicado a la fase de larva señala que anchoveta es superior en 7 y 37 veces respecto de sardina y jurel. La desproporcionada diferencia que se aprecia entre anchoveta y jurel a nivel de larvas, se atribuye a la temprana capacidad natatoria que adquieren las larvas de jurel respecto de sardina y anchoveta, aspecto que les permite evadir las redes de plancton, especialmente en condiciones de arrastres verticales efectuados a bajas velocidades.

### 3.1. Sardina

La estimación de la abundancia promedio y dominancia numérica de huevos y larvas de sardina se visualizan en las Figs. 109, 110 y 111, y al contrastar los resultados obtenidos en invierno de 1994 con los reportados en inviernos precedentes, se determina que los niveles de abundancia del ictioplancton de esta especie, analizada en términos de la frecuencia de estaciones positivas utilizada como índice de la extensión del desove, señala que en esta oportunidad

se produce una disminución en la cobertura geográfica de huevos y larvas, lo cual se refleja en porcentajes de cambio negativos con respecto a 1993, iguales a 5,0% y 19,0% para ambas fases de desarrollo respectivamente.

Durante agosto - septiembre de 1994, la extensión espacial del desove ocupó un área mayor con respecto a la colonizada en 1993, siendo similar a la registrada en el invierno de 1992, constituyéndose en el cuarto registro más bajo de la serie 1983-1994.

Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1993, una situación diferente para huevos y larvas, en efecto el primer estadio exhibe un significativo incremento en su intensidad del orden de 60,2%, en cambio las larvas experimentan una leve disminución la cual alcanza a - 8,1.

En términos generales, se puede concluir que el ciclo de desove de sardina se encuentra en un nivel muy bajo, situación que para la época del año, no puede ser considerada normal debido a que la especie se encuentra en proceso de pick primario de desove. Lo anterior corrobora, la declinación del potencial reproductivo que ha experimentado esta especie a partir de 1985 en la zona norte del país.

Para la zona Antofagasta - Coquimbo, se dispone de una serie histórica incompleta y de cobertura geográfica distinta, lo cual no permite establecer un comportamiento definido en los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina (Tabla 27 y 28). No obstante lo anterior, los resultados de los cruceros precedentes permiten señalar que las mayores abundancias promedio de huevos y larvas de sardina española fueron detectadas en el curso de los años 1983 - 1984 (Fig. 112).

Ambos estadios de desarrollo exhiben un significativo incremento en sus niveles de abundancia, presentando con respecto a 1993 tasas de cambio iguales a 132,3% y 117,6% para huevos y larvas respectivamente, registrándose en general, para las especies objetivo los más altos índices de frecuencia de estaciones positivas exceptuado a las larvas de sardina.

### **3.2. Anchoveta**

Con respecto a la anchoveta, se detecta un significativo incremento en la distribución espacial del desove, acusando con respecto a 1993 diferencias porcentuales iguales a 176,7% y 87,7% para las fases de huevo y larva, constituyéndose en el cuarto y segundo registro más importante de la serie histórica analizada para cada una de las fases de desarrollo respectivamente. En relación a la intensidad del desove, se presenta con respecto al invierno precedente, una importante incremento para ambas fases de desarrollo iguales a 198,0% y 92,9%, resultados que son coherentes con el pick primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie, y que se manifiesta a través de su amplia e importante actividad reproductiva, lo cual se refleja en los niveles de huevos y larvas registrados durante la prospección (Tabla 6 y 7, Figs. 113 y 114).

Los niveles de abundancia del ictioplancton de anchoveta registrados para la zona Antofagasta - Coquimbo, la señalan como la especie de mayor relevancia cuantitativa, y de acuerdo a lo indicado por las fases de desarrollo se presenta el desove más extenso e intenso de la serie analizada, exhibiendo sus abundancias promedio, con respecto al invierno precedente, tasas de cambio superiores a un 1.000%. (Fig. 112, Tabla 27 y 28).

### 3.3. Jurel

La comparación de resultados obtenida para jurel, revelan una significativa baja en sus niveles de desove, y en relación a 1993, disminuyen su densidad promedio por estaciones totales en - 75,3% y - 89,5% para la fase de huevo y larva respectivamente, presentando en esta oportunidad un incremento en el estadio de huevo, constituyendo el quinto registro más alto de la serie 1983 -1994, mientras que la fase de larva alcanzan el cuarto nivel más alto registrado para el período analizado (Figs. 115 y 116).

Para la zona Antofagasta - Coquimbo, los antecedentes históricos disponibles del ictioplancton de jurel son bastante escasos como para poder precisar las variaciones que han experimentado a través de los años y para el período invernal los productos del desove, sin embargo, los resultados obtenidos en esta oportunidad y con respecto al invierno precedente, experimentan un significativo incremento en la densidad promedio de huevos y larvas lo cual se refleja en porcentajes de cambio iguales a 642,8% y 733,3% respectivamente. Cabe señalar que los niveles de abundancia de la fase de huevo muestran una tendencia a incrementarse a partir de 1987, alcanzando en este crucero el registro más alto de la serie analizada tanto para huevos como para larvas (Fig. 112).

### 3.4. Biomasa zooplanctónica

Para la zona Arica - Antofagasta y en términos comparativos respecto de los cruceros de invierno precedentes, se puede señalar que los valores extremos de la biomasa zooplanctónica del presente estudio, son los más altos de la serie histórica analizada (1985 - 1994), exhibiendo porcentajes de cambio respecto de los años 1992 y 1993 de 38,8% y 256,4%, respectivamente. Asimismo, se puede apreciar que existe una disminución en los niveles de biomasa en

los años 1987, 91 y 93, coincidiendo los años 87 y 91 con la presencia del fenómeno de el Niño (Fig. 117).

En términos generales, se puede apreciar que los promedios de la biomasa zooplanctónica se han ido incrementando a través de los años, siendo el del año 1994 el más significativo.

Los antecedentes respecto de la biomasa zooplanctónica en el área comprendida entre Antofagasta y Coquimbo son escasos, obteniendo sólo algunos resultados a contar del año 1991. Es así, como al contrastar los resultados obtenidos durante los cruceros realizados en el período de invierno entre los años 1991 y 1994, para esta zona se puede observar que los mayores promedios de la biomasa zooplanctónica se registraron en el año 1994, presentando un promedio de 366 ml/1.000 m<sup>3</sup>, y tasas de cambio positivas respecto de los años 1991 y 1993 de 401% y 252%, respectivamente (Tabla 29).

#### 4. ESTIMADOS DE BIOMASA Y SU PRECISION

(Objetivo 2.3)

##### 4.1. Estimados de biomasa

##### 4.1.1. Sardina española

Castillo et al (1994), en base al análisis de las evaluaciones hidroacústica de la biomasa del período 1981-93, indica que la evolución del stock de sardina española en la zona Arica-Antofagasta ha presentado dos etapas, la primera que abarca desde 1981 a 1985 caracterizada por una marcada estacionalidad en los períodos invernales y; la segunda que se inicia a partir de 1986, siendo notable por la reducción en los estimados de biomasa de los períodos invernales y una tendencia a desaparecer la estacionalidad observada en los años anteriores, con algunas señales de inestabi-

lidad en la primavera de 1988 e invierno de 1989. Otra característica notable de la segunda etapa lo constituyó el incremento de la dispersión en las distribuciones geográficas de este recurso y la reducción del tamaño de las agregaciones lo que redundó en un aumento en el grado de polarización del mismo (Fig. 118).

En este contexto, la biomasa estimada en el invierno de 1994 (434.824 t) en la zona Arica-Antofagasta, es de orden similar al alcanzado en igual período de 1993 (462.100 t), siendo superior en un 40,8 y 12,7% a los alcanzados en los inviernos de 1990 y 1991 (384.600 t), respectivamente, representando una reducción del 42,7% respecto a igual período de 1992.

El mismo autor señala que en la zona Antofagasta-Coquimbo las mayores biomásas de detectaron en los años 1982-83 con valores que variaron entre 680.000 t (1982) y 1.170.000 (1983), presentando una notable reducción en los años siguientes (Fig. 119 y 120).

En base a lo anterior, el resultado alcanzado en el presente crucero (250.126 t) es un 19,5% superior al registrado en similar área y período de 1993 (201.410 t) constituyendo uno de los mayores de la serie, siendo inferior solamente al registrado en 1982 y 1983.

#### 4.1.2. Jurel

En el caso del jurel, Castillo *et al* (1994) señala que los estimados acústicos de la biomasa distribuido entre Arica y Antofagasta presentó su máximo nivel en 1981 (5,8 millones de t), presentando una drástica reducción a partir de 1982 (Castillo *et al*, 1992; Lillo *et al*, 1991; Castillo *et al*, 1990), situación que se atribuye a una reacción anticipada de esta especie al fenómeno El Niño 1982-83 (Lillo *et al*, 1983). En el período 1984-91, las biomásas de jurel mostraron importantes fluctuaciones interanuales y una ten-

dencia a desaparecer la estacionalidad sugerida en el período 1981-82 (Castillo et al, 1992; Lillo et al, 1991) (Fig. 119 y 120).

El incremento relativo de los estimados de biomasa obtenidos en el invierno de 1992 correspondió a la presencia de importantes agregaciones de jurel en estratos de profundidad superiores a los 130 m, siendo detectada en forma bastante frecuente hasta en 300 m (Castillo et al, 1992).

En este contexto, los resultados alcanzados en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta, se encuentran enmarcados en una tendencia negativa observada a partir de 1992, representando una reducción del 17,6; 277,2 y 58,3 % respecto a 1991, 1992 y 1993, respectivamente.

En la zona Antofagasta-Coquimbo se presentó una tendencia similar a la observada en la zona norte (Arica-Antofagasta) alcanzándose los estimados de biomasa mas altos entre 1981 y 1983 con valores entre 1,5 y 1,6 millones de toneladas. La hipótesis que una fracción del stock de jurel, distribuido en la zona norte, se desplazó hacia el sur, como respuesta a la alteración de El Niño 1982-83, se sustenta en el inusual incremento en los estimados de biomasa registrados en el invierno de 1982 en la zona Antofagasta-Coquimbo, coincidiendo con la reducción observada en la zona norte en el mismo período, llegando a un máximo en 1982 cercano a 5,3 millones de toneladas. Posteriormente se presentó una drástica reducción a cerca de 0,5 millones de toneladas en 1984, fluctuando entre 0,125 y 0,23 millones de toneladas en el período 1985-87. (Castillo y Briones, 1987; Lillo et al, 1983). La evaluación realizada en 1991, después de tres años sin prospectar la zona presentó un incremento relativo respecto al período 1985-87, evaluándose una biomasa de 0,582 millones de toneladas (Lillo et al, 1991) (Fig. 119 y 120).

En este contexto, la biomasa de jurel estimada durante el presente crucero en la zona Antofagasta - Coquimbo, representa una reducción del 58,5 y 36,2% respecto a 1991 y 1993, respectivamente siendo comparable al resultado alcanzado en 1986.

#### 4.1.3. Anchoqueta

Las altas fluctuaciones registradas en los estimados de biomasa de anchoqueta, han estado determinadas aparentemente por una alta dependencia de esta especie con las condiciones oceanográficas imperantes en la zona norte. Esta especie estuvo virtualmente ausente del ecosistema pelágico de la zona norte desde mediados de la década del 70, hasta 1985, en que se detecta una alta abundancia de esta especie a nivel del ictioplancton (Castillo *et al*, 1994), evaluándose con métodos acústicos en el invierno de 1985 una biomasa de 0,45 millones de t, período en que se presentó el valor más alto de la serie histórica, variando a 0,24 millones de t en la misma estación de 1986, presentando una virtual desaparición de la zona norte en 1987 como consecuencia de El Niño 1986-87, con una biomasa de 28.900 t. Entre 1988-91, los estimados fluctuaron entre 42.000 y 70.000 t (Fig. 118) (Castillo *et al*, 1985; Castillo *et al*, 1987).

De acuerdo a lo anterior, los estimados de biomasa de anchoqueta alcanzados en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta, son los de mayor magnitud registrados desde 1985, año en que se detectó una recuperación de este recurso en la zona norte, después del colapso de la pesquería en la década de los 70. Esta situación se ha reflejado en las capturas de esta especie que durante el presente año alcanzan valores que superan los 2 millones de t (IFOP).

En los otoños del período 1986-91 se observa una reducción desde 172.000 t en 1986 a niveles cercanos a las 20.000 en 1990, de igual

modo en los veranos, las biomásas variaron entre 51.000 t en 1988 a 38.000 t en 1991, con la excepción del valor alcanzado en 1990 en que se estimaron 116.000 t (Córdoba y Espejo, 1991).

Las primaveras aparecen como las estaciones mas estables con fluctuaciones entre 136.000 y 222.000 t para la serie 1985-91.

Respecto a la zona Antofagasta-Coquimbo, los antecedentes históricos de estimados de biomasa de anchoveta son demasiado escasos para poder realizar un análisis de la evolución de este recurso. En todo caso, su presencia en esta zona aparentemente es esporádica en ciertas zonas del año y se presenta hacia el límite norte de dicho sector (Fig. 119 y 120).

#### **4.2 Precisión de los estimados de biomasa**

La eficiencia de cada uno de los tres métodos utilizados en el presente proyecto, para medir la precisión de los estimados de la biomasa, depende del tipo de distribución de los recursos, es así como en general los métodos de Estratos Agrupados y Bootstrap entregan mejores indicadores en distribuciones de mayor variabilidad, mientras que los valores de los indicadores de la precisión (Coeficiente de Error y de Variación) obtenidos con el Método de los Conglomerados de Tamaños Desiguales son menores cuando los datos presentan una menor variabilidad dentro de las transectas.

Lo anterior se debe a que el método de los Estratos de Tamaños Desiguales (Hansen et al, 1954) es el único de los propuestos que considera la variabilidad dentro de las transectas, mientras que en los otros dos casos se considera a la transecta como un solo dato, midiéndose solamente la variabilidad registrada entre ellas. Al respecto Shotton y Down (1975) en un análisis comparativo de tres estimadores de varianza, señalan que conceptualmente este método es

el que se ajusta mejor a las características de los datos acústicos, considerando un índice de la correlación serial entre las observaciones de las distribuciones contagiosas.

En el presente caso y debido a las características altamente contagiosas presentada por los recursos en todas las subzonas consideradas, el mejor estimador de la precisión para cada una de las especies se obtuvo con el método Bootstrap.

Sin embargo, con la excepción de jurel, los resultados alcanzados difirieron en forma importante de los valores de precisión proyectados según el procedimiento propuesto por Aglen (1989), el que fue diseñado para condiciones de distribución de los recursos de carácter homogéneas, siendo utilizado en carácter referencial para la planificación del muestreo acústico. De acuerdo a este procedimiento los CV proyectados en la zona Arica-punta Amarilla fue de 0,16 y entre punta Amarilla-Coquimbo fue de 0,17.

Comparativamente los estimados del jurel fueron los únicos que presentaron un valor de CV cercano al proyectado, con variaciones entre 0,16 y 0,25 según el método y la subzona considerada, situación que se debió a la característica de distribución observada por el recurso con niveles de densidad bajos y homogéneamente localizado en toda la zona estudiada.

En el caso de sardina española en la subzona Arica-punta Amarilla la casi inexistencia de macroestructuras, medidas mediante los correlogramas, y la ausencia de estructuras medidas mediante los semivariogramas en el sentido E-O (dentro de las transectas), indican claramente el grado de polarización presentado por la especie, explicando los altos coeficientes de Error asociados a la estimación de la biomasa.

En este sentido la estructura de las varianzas dentro y entre las transectas obtenido mediante el método de Hansen et al (1954), para la sardina indica claramente la gran influencia que presentó la varianza dentro de las transectas sobre la varianza total y la relativamente baja relevancia de la varianza entre las transectas. Al considerar comparativamente las varianzas obtenidas en los datos obtenidos a 0,5 y agrupados cada 1 mn, se observa una reducción de la varianza dentro de las transectas, manteniéndose la varianza entre las transectas, persistiendo en todo caso la importante influencia de esta variabilidad sobre la varianza total (Tablas 30 y 31).

En el caso de anchoveta se aprecia una situación similar a la descrita para la sardina, con una gran influencia de las varianzas dentro de las transectas respecto a la obtenida dentro de ellas sobre la varianza total (Tablas 32 y 33). Sin embargo, al agrupar los datos cada 1 mn, la varianza dentro de las transectas en la subzona Arica-punta Amarilla no presentó una reducción importante, dejando de manifiesto el alto grado de agregación registrado por esta especie.

En el caso del jurel, aún cuando los niveles de las varianzas son menores que los obtenidos en las otras dos especies, la influencia de las varianzas dentro de las transectas mantienen su gran influencia en el total, respecto a las registradas entre las transectas (Tablas 34 y 35).

El análisis anterior demuestra que la variabilidad obtenida en los estimados de biomasa del presente crucero corresponden a la situación propia de los recursos y un aumento en el esfuerzo de muestreo no redundará en un significativo incremento en la precisión. Al respecto se debe tener presente que debido a la alta tasa de muestreo que posee el método acústico, que realiza prácticamente un

senso en la transecta, lo convierte en un poderoso instrumento de evaluación y los indicadores de la precisión señalan una condición propia del comportamiento de los recursos.

Es importante señalar que los valores de los coeficientes de Error obtenidos en el presente caso, se encuentran dentro de los rangos alcanzados en prospecciones anteriores en la misma zona y similares períodos.

Para el caso de sardina española los coeficientes de error (E %) en los períodos invernales en la subzona Arica-punta Amarilla han fluctuado entre 27 y 52%, siendo mas altos los registrados a partir de 1988, con niveles superiores al 40%, con la excepción de la situación observada en el invierno de 1982, en que se obtuvo un coeficiente de Error cercano al 50% y, en el invierno de 1992, en que se alcanzó un Error cercano al 32%. De este modo el Coeficiente de Error obtenido en la presente prospección se encuentra dentro de los rangos históricos de estos resultados, siendo incluso inferior al registrado en el invierno de 1993 (Fig. 121). La tendencia al aumento en los coeficientes de error en las estimaciones de biomasa coinciden con el incremento de la polarización en la distribución de sardina, observada a partir de 1986. Estacionalmente, los mayores coeficientes de error se han registrado en verano y otoño, llegando en dichas estaciones de 1988 a valores superiores al 80%.

Los coeficientes de error registrados para anchoveta han fluctuado entre 31% y 95%, observándose una tendencia a estabilizarse entre el 40 y 60% posteriormente a 1988 (Fig. 121).

En general en los inviernos, la anchoveta ha presentado una tendencia a estabilizarse en un rango que ha variado entre el 41% y levemente superior al 60%, con la excepción a la situación observada en 1987. Respecto a la variación estacional presentada por los

Coeficientes de Error de los estimados de anchoveta se aprecia una tendencia similar a la observada en sardina española, registrándose los mayores niveles en las primaveras, veranos y otoños, destacándose al igual que en sardina los Erorres alcanzados en el otoño y verano de 1988. En este caso, las distribuciones altamente costeras presentada por la anchoveta en los períodos estivales han determinado los niveles de precisión alcanzados, por cuanto esta especie presenta características diferentes a la sardina española y jurel. En este sentido las evaluaciones de esta especie en los períodos estivales exige que el muestreo se circunscriba hasta 40 mn de la costa, con una densidad de transectas superior al aplicado para las otras especies, privilegiando la prospección en áreas costeras incluyendo algunas caletas que eventualmente se constituyan en refugio durante algunas horas del día.

## 5. INDICES DE COBERTURA Y DENSIDAD DE LOS RECURSOS (Objetivos 2.1 y 2.2)

### 5.1 INDICE DE COBERTURA

#### 5.1.1 Sardina

En general el IC presentado por la sardina, ha variado entre 2,2 y 42,6%, presentando una permanente reducción en su cobertura geográfica, variando entre 8,8 y 42,6 en el período 1981-83; entre 2,2 y 29,4 % en los años 1984-87 y; desde 2,2 a 18,6% en 1988-1994 (Fig. 122).

Esta especie ha presentado una clara estacionalidad en el IC, registrándose los valores mas altos en el invierno, los que han fluctuado entre 27,1 a 42,6 % en el cuatrienio 1981-85, observándose una brusca caída a partir de 1986, a niveles que han variado desde 20% en 1986 a 7,8% en 1993, tendiendo a disminuir aun mas en

el invierno de 1994, con un IC de 5,6%, detectándose el valor mas bajo de la serie en 1991 con 5,2%. Dicha tendencia solo fue interrumpida en el invierno de 1989 en que se determinó un IC de 14,6%.

En primavera y otoño se han presentado similares tendencias y órdenes de magnitud en el IC, variando entre 19,2 a 28,7% en los años 1981-84, iniciándose una drástica tendencia decreciente a partir del otoño de 1985, variando desde 10,4% en la primavera de 1985 a 2,2% en igual estación de 1986. En el período 1987-88 se detectó un relativo repunte, fluctuando entre 3,7 en la primavera de 1987 a 10,9 en el otoño de 1988, volviendo a decaer posteriormente, variando alrededor de 6,2 a 6,6 en 1994. La excepción a lo anterior lo constituye el valor detectado en el otoño de 1992, en que se obtuvo un IC de 18,6%.

Aún cuando la serie histórica disponible para el verano es menos continua que en las otras estaciones, los órdenes de magnitud y tendencias son similares a los registrados en los otoños y primaveras.

#### 5.1.2. Anchoqueta

En el período 1985-94, el índice de cobertura (IC) presentado por la anchoqueta en las primeras 100 mn de la zona Arica-Antofagasta a variado entre 1,3 y 25 %, observándose claramente tres períodos: un amplio dominio de esta especie entre 1985-86, con un IC entre 17,1 y 19,9 en el invierno y otoño y desde 5,2 a 7,1 en primavera; en el período 1987-89 se presentó una disminución en el IC, con valores que fluctuaron entre 1,3 a 6,4% y; a partir de 1990 se registra un repunte relativo en la cobertura geográfica de anchoqueta, variando entre 1,8 y 17,5%, llegando a los valores mas altos durante 1994 con coberturas entre 22,5 y 24,8 % (Braun et al, 1994) (Fig. 122).

Estacionalmente, en los años 1985-86, las mayores coberturas de esta especie se registraron en otoño-invierno, decayendo en la primavera. A partir de la primavera de 1987, esta situación tiende a cambiar, observándose un leve incremento de la cobertura de esta especie en primavera-verano, acentuándose en el verano y otoño de 1994.

### 5.1.3 Jurel

El jurel ha presentado las mayores coberturas geográficas de las tres especies consideradas, siendo detectado en 1982 hasta en el 90% de la zona prospectada, registrando al igual que la sardina una tendencia decreciente en las áreas ocupadas (Fig. 122). Del mismo modo que la sardina, el jurel también presenta una clara estacionalidad en los IC de invierno, variando entre 75 % y 90% en los años 1981-83, reduciéndose a 29 - 34,5% entre 1984-85, volviendo a incrementarse en el período 1986-89 con coberturas de 40,9 a 57,7%. En 1990, se registró el IC mas bajo de los inviernos con un valor de 9,9%, tendiendo a incrementarse en los años 1991-93, subiendo desde 14,1 en 1990 a 26,1 en 1993, tendiendo a estabilizarse en 1994 en torno al 23%.

Aun cuando en los otoños y primaveras los órdenes de magnitud de los IC son levemente inferiores que los registrados en invierno, también se observa una tendencia histórica decreciente similar a la observada en invierno, variando entre 59,7 a 73,5% en 1981 a valores entre 30,5 a 38,6% entre 1984-85, fluctuando entre 22,1 a 10,5 en el sexenio 1986-93. Durante el otoño de 1994 se registró el IC mas bajo de la serie histórica, detectándose la presencia de jurel en sólo un 1,7% de la zona de estudio.

## 5.2 Índices de densidad

### 5.2.1 Sardina

La sardina registra una alta variabilidad en los valores del ID fluctuando entre 51,1 y 501 t/mn<sup>2</sup>. En los inviernos de los años 1981 a 1985, el ID fluctuó entre 300 y 400 t/mn<sup>2</sup>, con la excepción del año 1984 en que se registraron 145 t/mn<sup>2</sup>. En los años 1986 y 1987 se presentaron los ID mas bajos de la serie histórica considerada, con valores entre 59,6 y 92,3 t/mn<sup>2</sup>, mientras que en el período 1988-89, se presentó un incremento relativo en el grado de agregación de la sardina, alcanzando en 1989 a 295 t/mn<sup>2</sup>, valor similar a los observados en los años 1981-85, en 1991-92 nuevamente se presentó una reducción relativa en el ID de sardina variando entre 150 y 161 t/mn<sup>2</sup> situación que también se presentó en 1991-93 (Castillo et al, 1994; Castillo et al, 1992; Castillo et al, 1986), tendiendo a estabilizarse en torno a 150 t/mn<sup>2</sup> en el invierno de 1994 (Fig. 123).

Los eventos cálidos, tipo El Niño, afectan los niveles de agregación registrados por la sardina, por cuanto las altas densidades observadas en 1982-83 y 1991-92 coinciden con la ocurrencia de dichos fenómenos. Una excepción a lo anterior lo constituye la situación observada durante El Niño 1986-87, puesto que el ID de invierno no se incrementó, presentando un comportamiento contrario al esperado. Sin embargo los valores registrados en el otoño de ese período confirman el incremento del comportamiento gregario de la sardina frente al evento El Niño. Lo anterior también se comprobó en las tendencias observadas en las primaveras de 1987-89 y 1991-93; otoño de 1988 y verano de 1992-93, años que se registraron eventos cálidos sin llegar a ser calificados de El Niño.

Otro elemento que resalta del presente análisis, lo constituye la tendencia inversa entre la cobertura y la densidad real de sardina en la zona norte, hechos que están señalando que los cardúmenes de esta especie se presentan en concentraciones de mayor densidad pero que ocupan áreas menores, lo que se refleja en el grado de precisión de los estimados de biomasa, materia que se ha tratado en el punto de Precisión del presente capítulo.

### 5.2.2 Anchoqueta

Los Índices de Densidad (ID) de anchoqueta han variado entre 25,5 t/mn<sup>2</sup> y 220,9 t/mn<sup>2</sup> en el período 1985-94, observándose una tendencia creciente en el ID a partir de la primavera de 1989, con valores cercanos a las 139 t/mn<sup>2</sup> en 1989 hasta 221 t/mn<sup>2</sup> en igual período de 1993. Estacionalmente, los valores mayores se han presentado en los períodos más cálidos, variando entre 40,8 en la primavera de 1985 a 220,9 t/mn<sup>2</sup> en la misma estación de 1993. En otoño-verano los ID han fluctuado entre 16,2 y 76,8 t/mn<sup>2</sup> en el período 1986-91 a 88,8-218 t/mn<sup>2</sup> entre 1992-94.

En los períodos invernales del trienio 1985-88, se observa una tendencia decreciente, variando entre 35,1 a 61,8 t/mn<sup>2</sup>, disminuyendo en los años 1989-90 a valores cercanos a 23 t/mn<sup>2</sup>. Entre 1991-93 se observa una leve tendencia alcista, fluctuando entre 56,4 y 88,6 t/mn<sup>2</sup>, la que se acentúa en 1994, con una densidad de 150,1 t/mn<sup>2</sup>, alcanzando en las zonas de pesca a valores superiores a las 520 t/mn<sup>2</sup>.

### 5.2.3 Jurel

En general el jurel detectado en la zona norte ha presentado niveles de agregación inferiores a la sardina y anchoqueta, obser-

vándose la inexistencia de una marcada estacionalidad y una variación histórica de tipo cíclica (Fig. 123).

De este modo, los máximos niveles se presentaron entre 1981-83, con ID invernales de 71,2 t/mn<sup>2</sup>; una considerable reducción en los años 1982-87 en que se registró un Índice de Densidad de 6,5 t/mn<sup>2</sup> y un relativo repunte a partir de 1988, obteniéndose en el invierno de 1992 niveles del ID levemente superiores a los presentados en el período 1981-83, con un valor para el invierno cercano a las 100 t/mn<sup>2</sup>. Es interesante destacar que no obstante la escasa cobertura geográfica del jurel en el otoño de 1994, sus niveles de agregación, medidos mediante el ID, son superiores a los registrados en la misma estación de los años 1985-90, exceptuando el año 1986, en que se presentó uno de los valores mas bajos de la serie histórica.

## 6. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS FÍSICAS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS (Objetivo 2.6)

### 6.1 Sardina

En general las temperaturas que han limitado la distribución de sardina presenta fluctuaciones importantes según la estación, con rangos que varían entre 13 y 25°C para verano-otoño y entre 12 y 21°C para invierno-primavera (Fig. 124). (Castillo et al, 1992; Lillo et al, 1991; Castillo et al, 1990). Sin embargo el mayor número de cardúmenes se ubican entre 15 y 23°C en las estaciones de verano-otoño y entre 14 y 17°C para invierno-primavera.

Durante los períodos en que se ha presentado el evento El Niño los límites de la temperatura han sido mayores que en años considerados normales, es así como en la primavera de 1986 (Castillo et al, 1987; Castillo et al, 1987), previa a El Niño 1986-87, el rango

fluctuó entre 14 y 21°C, localizándose las mayores frecuencias entre los 16 y 19°C, situación que se mantuvo durante el verano de 1987 con temperaturas entre 13 y 22°C, período en que las mayores frecuencias presentaron dos modas, entre 15 y 17°C y 21-22°C. En el invierno de 1987 el rango fue levemente superior a los datos registrados en la serie histórica con valores entre 13 y 18°C y las mayores frecuencias ubicadas entre 15 y 17°C. Un caso especial se observó en el verano de 1989, puesto que el rango de temperatura que limitó las mayores frecuencias de cardúmenes de sardina fue similar a lo observado en 1987.

Durante 1992, las temperaturas más altas se observaron en el otoño, con valores entre 16 y 23°C y las mayores frecuencias entre 20 y 21°C, correspondiendo con la intensificación de El Niño 1991-92 (Castillo et al, 1992) .

El rango de temperaturas en las que se distribuyó la sardina durante el inviernos de 1993 y 1994 se encuentra dentro de la tendencia general observada en los años anteriores, reduciéndose el nivel inferior de la distribución en el invierno de 1994.

En el caso de la salinidad se observa que con excepción del invierno de 1986, verano de 1988 y otoño de 1992, la sardina se localizó entre 34,6 y 35,2 ppm, detectándose el mayor número de cardúmenes en el rango 34,7-35,1 ppm (Castillo et al, 1992). Llama la atención el amplio rango de la salinidad observada en el otoño de 1992 en que fluctuó entre 34,9 y 35,6 ppm, producto del período de mayor intensidad de El Niño 1991-92 (Fig. 124).

En los inviernos de 1993 y 1994, los rangos de salinidad extremos en que se registró la sardina son levemente superiores a los observados en la serie 1987-92, manteniéndose sin embargo las mayores frecuencias en valores similares a los observados en 1992.

De acuerdo a lo anterior, es posible señalar que la sardina se adecúa a las condiciones oceanográficas dominantes en cada estación, presentando amplios niveles de temperatura y salinidad, pero el mayor número de cardúmenes tiende a mantenerse en rangos estrechos que son más favorables.

## 6.2 Anchoqueta

En general las temperaturas que han limitado la distribución de la anchoqueta en el período verano-otoño, con excepción del otoño de 1987, han fluctuado entre 12 y 20°C, detectándose que el mayor número de ejemplares se ha localizado entre 14 y 19°C (Fig. 125), en el otoño de 1987 los valores extremos estuvieron entre 12 y 22°C, pero las mayores frecuencias se ubicaron en rango similares de los otros años. En invierno-primavera, las temperaturas variaron entre 12 y 19°C, observándose que en los inviernos de 1989, 1991 y 1992 el rango de temperatura del mayor número de cardúmenes presentó una leve tendencia a incrementarse, variando entre 13-15°C a 16-18 °C, respectivamente. La diferencia más notable se presentó en el otoño de 1992, en que el mayor número de cardúmenes de anchoqueta se ubicó entre los 19 y 21°C (Castillo et al, 1992; Lillo et al, 1991; Castillo et al, 1990).

Las temperaturas en que se registró la anchoqueta en el invierno de 1994 fluctuaron en el mismo rangos que en los años anteriores, observándose sin embargo, que las mayores frecuencias se presentaron en valores superiores a los obtenidos entre 1987 y 1989 y 1993, ampliándose al igual que en sardina el límite inferior de la distribución.

A excepción del invierno y primavera de 1986 y otoño de 1992 en que se registraron condiciones previas o correspondientes a eventos El Niño, las salinidades que limitaron la distribución de anchoqueta

fluctuaron entre 34,6 y 35,1 ppm observándose que el mayor número de cardúmenes se ubicaron entre los 34,6 y 35,0 ppm (Fig. 126)

Para el invierno de 1993, el límite inferior de las salinidades fue inferior que los registrados en anteriores oportunidades, observándose que las mayores frecuencias de cardúmenes estuvieron localizados en salinidades superiores a las registradas anteriormente. En el invierno de 1994, los rangos de salinidad de las mayores frecuencias fueron inferiores que los observados en igual período de 1993.

### 6.3 Jurel

En general el rango de temperatura histórico en que se ha localizado el jurel en invierno y primavera, ha variado entre 11 y 19°C, con la excepción del año 1987 en que los extremos se acentuaron desde 10 a 21°C. Las mayores frecuencias de cardúmenes se han detectado en temperaturas entre 15 y 12°C, con la excepción de 1986, 1987 en que los límites superiores fueron mayores.

Aún cuando en 1993, los límites generales de la temperatura fueron similares a los observados en años anteriores (11 a 18°C), las mayores frecuencias de cardúmenes se localizaron en rangos superiores a los registrados en la serie histórica con valores entre 15 y 17°C (Fig. 126) (Castillo et al, 1992). Una situación similar se aprecia en el invierno de 1994, observándose la misma tendencia que en las otras dos especies a ampliarse el límite inferior del rango de distribución de la temperatura, llegando hasta los 9°C.

En verano y otoño se presentan las variaciones más extremas en los límites de la temperatura en que se ubicó el jurel, con rangos que han variado entre 10 y 25°C.

## 7. ASOCIACION ENTRE LA CLOROFILA a Y LOS RECURSOS

Considerando que la concentración de cloa puede ser utilizada como un indicador de las características tróficas de un cuerpo de agua, se ha analizado las posibles asociaciones entre esta variable y las concentraciones de huevos, larvas por especie, zooplancton y adultos detectados mediante la prospección acústica.

De acuerdo a la concentración de cloa, las masas de agua han sido clasificadas en 4 categorías: sistemas oligotróficos (poco productivo), mesotróficos (transición entre sistemas poco productivos y productivos), productivos y muy productivos, según:

---

Categoría	Rangos de cloa (mg/m <sup>3</sup> )
sistema oligotrófico	0,1 - 1,9
sistema mesotrófico	2,0 - 4,0
sistema productivo	4,1 - 10,0
sistema muy productivo	10,1 - 20 o superior.

---

Esta categorización corresponde a una modificación de la escala propuesta por Osses y Troncoso (1990) que han sugerido para el ecosistema de la Corriente de Humboldt en el mismo periodo del año, tres categorías. Para este caso en particular y debido a la mayor producción de cloa registrada en el invierno de 1994, ha sido necesario adecuar algunos rangos, especialmente el oligotrófico y el muy productivo.

Teniendo presente que para ésta época del año, la cloa superficial representa adecuadamente la estructura biológica de toda la columna

de agua, la asociación con los recursos se realizó utilizando dicha variable.

Para tales efectos se seleccionó e integró la abundancia de huevos y larvas, medidos en número de ejemplares por 10 m<sup>2</sup>, y la biomasa del zooplancton en ml/1.000 m<sup>3</sup>, localizados en las masas de agua que registraron los rangos de cloa señalados anteriormente. Para el caso de los datos de la prospección acústica, se utilizó un procedimiento similar, considerándose la abundancia en valores de Sa entregados por el ecointegrador.

Debido a las diferencias en el patrón de distribución espacial de la cloa superficial la información se dividió en dos zonas:

- Zona I : comprendida entre Arica y norte de Mejillones (22°40'S).
- Zona II: entre Mejillones (Lat. 23°00'S) y Coquimbo.

En general, en la Zona I, la mayoría de los huevos y larvas presentaron una distribución geográfica asociada a áreas costeras cercanas a los sectores más productivos, observándose además larvas y huevos en la zona oceánica en sistemas típicamente oligotróficos. Es necesario señalar que en esta zona, no se registró aguas caracterizadas como muy productivas.

En la Zona I, de un total de 242.141 huevos asignados a anchoveta, el 87,8% estuvieron ubicados en aguas oligotróficas, el 11,17% en aguas mesotróficas, 1,03 % en aguas productivas. Para sardina se registró un total de 571 huevos, ubicándose un 70,23% en aguas oligotróficas y un 29,77% en aguas mesotróficas. El jurel presentó una abundancia total de 2.709 huevos, con el 93,72 % en aguas oligotróficas, 1,4% en aguas mesotróficas y el 4,87% en aguas tipo productivas. A nivel de larvas, la anchoveta registró una abundancia total de 246.935 ejemplares, con el 74,94% en aguas

oligotróficas, 18,7% en aguas mesotróficas y 6,36% en aguas productivas. La sardina presentó una abundancia total de 411 larvas, ubicándose la totalidad en aguas oligotróficas. El jurel, registró 275 larvas, ubicándose al igual que en sardina, el 100% en aguas tipo oligotróficas. (Figs. 127, 128 y 129).

En la Zona II, aun cuando el patrón general de distribución geográfico de los huevos y larvas corresponde a lo señalado anteriormente, se observa una mayor homegeneidad en la distribución respecto a la cloa, registrándose mayor cantidad de huevos y larvas en áreas mas alejadas de la costa, en relación a la Zona I, cubriendo las cuatro categorías de masas de agua definidas.

De este modo, la abundancia de huevos de anchoveta, determinada en la zona II alcanzó a 540.768, con un 32,87% en aguas oligotroficas, 17,7% en aguas mesotroficas, 47,84% en aguas productivas y, un 1,59% en aguas muy productivas. Para sardina se determinó una abundancia total de 22.181 huevos, con un 13,34% en aguas oligotróficas, un 3,36% en aguas mesotroficas, 50,60% en aguas productivas y el 32,69% en aguas muy productivas. El jurel en cambio, presentó un total de 10.742 huevos, con un 86,39% en aguas oligotroficas, 9,1% en aguas mesotroficas y un 4,51% en aguas productivas, no registrándose la presencia de huevos de esta especie en aguas muy productivas. A nivel de larvas la anchoveta presentó en esta zona una abundancia total de 193.948 ejemplares, con un 26,61% en aguas tipo oligotroficas, 34,7% en aguas tipo mesotroficas, 27,66% en aguas productivas y 11,03% en aguas muy productivas. Para sardina se determinó una abundancia de 5.939 larvas, localizándose el 49,94% en aguas oligotróficas, 7,94% en aguas mesotróficas, 23,67% en aguas productivas y, un 18,89% en aguas calificadas como muy productivas. El jurel registró una abundancia de 2.631 larvas, con el 80,05% en aguas tipo oligotróficas, 19,56% en aguas mesotróficas

y un 3,99% en aguas tipo productivas, no registrándose la presencia de esta especie en aguas muy productivas (Figs. 127, 128 y 129).

En el caso de la abundancia del zooplacton, en la zona I de un total medido de 33.267 ml/1000 m<sup>3</sup>, un 58,86% se localizó en aguas tipo oligotróficas, un 15,12% en aguas tipo mesotróficas y un 26,02% en aguas tipo productivas. Para la zona II de un total de 47.808 ml/1000 m<sup>3</sup>, un 53,45% se localizó en aguas tipo oligotróficas, un 18,13% en aguas tipo mesotróficas, un 22,41% en aguas tipo productivas y un 5,99% en aguas muy productivas (Fig. 130) Los resultados de la prospección acústica también presenta resultados similares a los observados en los huevos y larvas y abundancia del zooplancton, con claras diferencias entre las masas de agua que limitaron al distribución de los recursos en las zonas I y II.

Es así como, en la zona I, la anchoveta registró un total de 924.242 Sa, ubicándose el 96,7% en aguas tipo oligotroficas y el 3,3% restante en aguas tipo mesotróficas, las sardina presentó un total de 272.727 Sa, localizándose el 77,7% en aguas tipo oligotróficas y el 22,2% en aguas mesotróficas, mientras que el jurel se ubicó el 100% en aguas oligotróficas.

En la zona II, los recursos se ubicaron preferentemente en aguas tipo ologotróficas y mesotróficas, pero a diferencia de lo observado en la Zona I, se observaron importantes niveles de recursos en aguas productivas y muy productivas, situación que fue especialmente evidente para anchoveta y jurel.

De este modo, de un total de 363.636 Sa asignados a anchoveta, un 25,0% se presentó en aguas tipo oligotróficas, un 41,7% en aguas mesotróficas, 16,7% en aguas productivas y un 16,7% en aguas muy productivas. La sardina registró un total de 303.030 Sa, con un 39,0% en aguas oligotróficas, 40,0% en aguas mesotróficas, 19,0% en

aguas productivas y sólo un 2% en aguas muy productivas. El jurel, registró un total de 206.060 Sa, con un 44,1% en aguas oligotróficas, 14,7% en aguas mesotróficas, 19,1% en aguas productivas y el 22,1% en aguas muy productivas.

Al respecto es necesario señalar que la abundancia, medida mediante los Sa, considera las intertransectas, lo que para el caso de la anchoveta incrementa sus valores, producto del aporte de algunas agregaciones de alta densidad detectadas en sectores muy costeros.

Los patrones de distribución de los diferentes estadios de desarrollo de recursos pelágicos pequeños, respecto de las variables atmosféricas y oceanográficas, han sido descrito con detalle por Bakun (1993) para la Corriente de California y por Alheit y Bernal (1993) para la Corriente de Humboldt.

Estos autores indican que la viabilidad en el desarrollo de los huevos y larvas dependerá del grado de estabilidad de la columna de agua, el que influirá en la concentración de partículas de alimentación a pequeña escala y en el mantenimiento físico de los huevos y larvas en las cercanías de los centros de alta producción biológica.

No obstante lo anterior una característica de los sistemas de alta producción biológica es su inestabilidad, especialmente aquellos de borde oriental. Esto se debe al transporte de masas de agua desde la zona costera hacia la zona oceánica por forzamiento eólico (transporte de Ekman) (Bakun, 1993) o transporte advectivos de surgencias no asociadas a vientos, tales como la producidas en la zona costera del norte de Chile durante el invierno (Morales et al., 1994). De allí que en algunas ocasiones, la producción biológica en estos sistemas es exportada desde los centros costeros y diluida al sistema oceánico, transformandose éste último en un

resumidero de materia orgánica que no provoca efectos de importancia en los eslabones posteriores de la trama trófica.

Lo anterior permite explicar el hecho que en la zona I, las mayores concentraciones de huevos y larvas de peces estuvieron asociadas fundamentalmente a masas de agua oligo y meso tróficas ubicadas en las cercanías de las zonas de alta producción biológica.

Desde el punto de vista de cloa, los niveles de concentración de clorofila a fueron mayores en la zona II, presentando una distribución mas oceánica que en la zona I, aún cuando se mantienen los centros de alta concentración en la zona costera.

Por su parte, la distribución geográfica de los huevos y larvas en la Zona II presentó un patrón levemente mas oceanico que en el caso registrado en la Zona I, ubicándose en todos los rangos de concentración de cloa. La combinación de ambos elementos sugiere la existencia de un activo proceso de transporte desde la costa hacia el océano, hecho que se respalda por los vientos registrados en dicho sector durante la prospección, los que presentaron una media de 4 m/s, el doble de lo registrado en la zona I, llegando a máximos de 15 m/s.

Desde este punto de vista las larvas y huevos que se encontraron alejadas de la zona costera tanto en la zona I como en la II, podrían ser consideradas como no viables, y su presencia en esos lugares sería el efecto de transporte dinámico asociado al patrón de forzamiento eólico descrito para esta zona (ver capítulo de oceanografía física).

Desde el punto de vista de los peces adultos, detectados mediante la prospección acústica, la tendencia a distribuirse preferentemente en las cercanías de los centros productivos, en masas de agua

calificadas como oligo y mesotróficos, aparentemente se deben a un efecto de pastoreo sobre la cloa, ayudado además por la estabilidad de los frentes costeros. En la zona II, la inestabilidad de la columna de agua producida por la intensificación de los vientos, induciría en esta zona una distribución mas amplia en la cloa, explicando la presencia de peces en aguas oceánicas.

## IX. CONCLUSIONES

1. La temperatura superficial presentó valores entre 13,38 y 17,54°C, aumentando de sur a norte y desde la costa hacia el sector oceánico.
2. Entre Arica y Antofagasta, tanto los valores como la distribución de las isotermas en superficie son similares a los registrados en los inviernos de 1988 a 1990, período calificado de "normal" en las condiciones oceanográficas.
3. La profundidad de la isoterma de 15°C, base de la termoclina, presentó valores típicos para la época en el área oceánica y en el área costera se registró 10 a 20 m mas profunda que los años 88, 89 y 90.
4. La salinidad superficial aumenta de sur a norte con valores que fluctuaron entre 34,16 a 35,13. Al igual que en el caso de la temperatura, la salinidad presentó en el área norte, valores mayores en 0,1 que los años 1988 a 1991 y menores en 0,1 a 0,3 que los observados en 1992 y 1993.
5. En el área se registraron la presencia de 5 masas de agua estas son: Subtropical costera (AST-1), Subtropical oceánica (AST-2), Subantártica (ASAA), ecuatorial Subsuperficial (AESS) e Intermedia Antártica (AIAA). Siendo la presencia del Agua Subtropical (costera y oceánica) anómala para la época.
6. La fluorescencia in vivo puede ser considerada un buen indicador cualitativo de la biomasa fitoplanctónica, pero siempre se debe considerar la medición directa de clorofila a para establecer un criterio semi-cuantitativo.

7. Las concentraciones más significativas de cloa (i.e. 1 a 21 mg/m<sup>3</sup>) estuvieron distribuidas costeramente entre Arica y sur de Iquique, localizandose hacia zona oceánica, en las cercanías de Antofagasta hasta Coquimbo.
8. En general la clorofila a superficial es un buen indicador de la estructura biológica de la columna de agua, excepto en zonas con concentraciones bajas y homogéneas de cloa (< 0,5 mg/m<sup>3</sup>) o con máximos subsuperficiales.
9. La cloa estuvo asociada a zonas con anomalías de temperaturas de 0 ó levemente inferiores.
10. Los mayores focos de concentración estuvieron asociados a circulación de tipo ciclónico o meandros. La zona de discontinuidad observada en la distribución de la cloa está asociada a una zona de convergencia.
11. Las densidades promedio de huevos y larvas de las especies objetivo, calculadas sobre la base de las estaciones totales y positivas, revelan que durante el invierno de 1994, se produce una marcada predominancia del desove de anchoveta, respecto de sardina y jurel, situación que se ve corroborada mediante el exámen de los parámetros comunitarios, constancia y dominancia numérica, lo que revela la amplia intensidad y extensión de la actividad reproductiva.
12. El ictioplancton de sardina con respecto a anchoveta presenta bajos niveles de abundancia exhibiendo para cada una de las fases de desarrollo porcentajes negativos en su abundancia iguales a 97,3% y 98,9% respectivamente.

13. En general los huevos de sardina presentaron una modalidad nerítica en la postura, concentrándose más del 90% de ellos en las primeras 20 mn de la costa.
14. La mayor frecuencia de estaciones positivas para huevos se registró en el área comprendida entre Mejillones y Punta Taltal, mientras que en las zonas norte y sur del área de estudio, ésta experimentó una marcada disminución.
15. Los niveles de abundancia de los huevos de sardina con respecto a la latitud muestran una leve tendencia decreciente en sentido norte - sur.
16. Los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina española, analizada en términos de la frecuencia de estaciones positivas utilizada como índice de la extensión del desove, señala que en esta oportunidad se produce una disminución en la cobertura geográfica de huevos y larvas, lo cual se refleja en porcentajes de cambio negativos con respecto a 1993, iguales a 5,0% y 19,0% para ambas fases de desarrollo respectivamente.
17. Con respecto a la intensidad del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1993, una situación diferente para huevos y larvas; en efecto el primer estadio exhibe un significativo incremento en su intensidad del orden de 60,2%, en cambio las larvas experimentan una leve disminución la cual alcanza a - 8,1.
18. La distribución geográfica de los huevos de anchoveta, señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y Punta Alcalde (28°35'S) y longitudinalmente se extendió hasta las 100 mn frente a Arica, sur de Caleta Vitor (18°40'S) y Punta Guaneras (20°00'S).

19. Las áreas de mayor abundancia larvaria para anchoveta se detectaron frente a Punta Madrid (19°00'S), Caleta Lobos (21°00'S), Punta Chipana (21°20'S) y Mejillones, exhibiendo los niveles de abundancia una tendencia a la disminución en sentido norte - sur.
20. Con respecto a la anchoveta, se detecta un significativo incremento en la distribución espacial del desove, acusando con respecto a 1993 diferencias porcentuales iguales a 176,7% y 87,7% para las fases de huevo y larva, constituyéndose en el cuarto y segundo registro más importante de la serie histórica analizada para cada una de las fases de desarrollo.
21. En relación a la intensidad del desove, se presenta con respecto al invierno precedente, una importante incremento para ambas fases de desarrollo iguales a 198,0% y 92,9%, resultados que son coherentes con el pick primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie, y que se manifiesta a través de su amplia e importante actividad reproductiva, lo cual se refleja en los niveles de huevos y larvas registrados durante la prospección.
22. En relación a jurel, se aprecia una significativa baja en sus niveles de desove, y en relación a 1993, disminuyen su densidad promedio por estaciones totales en - 75,3% y - 89,5% para la fase de huevo y larva respectivamente, presentando en esta oportunidad un incremento en el estadio de huevo, constituyendo el quinto registro más alto de la serie 1983 -1994, mientras que la fase de larva alcanzan el cuarto nivel más alto registrado para el período analizado.
23. La biomasa zooplanctónica total muestra un amplio rango de variación que fluctúa entre los 13 y 4.002 ml/1.000 m<sup>3</sup>, con un

promedio general para el área de 402, predominando los valores comprendidos dentro del rango de densidades de 301 - 900 , lo que representa el 46,58% del total.

24. Para la zona Arica - Antofagasta y en términos comparativos respecto de los cruceros de invierno precedentes, se puede señalar que los valores extremos de la biomasa zooplanctónica del presente estudio, son los más altos de la serie histórica analizada (1985 - 1994), exhibiendo porcentajes de cambio respecto de los años 1992 y 1993 de 38,8% y 256,4%, respectivamente.
25. La abundancia relativa del zooplancton en las transectas analizadas fluctuó entre 28 y 1.867.686 ejemplares/1000 m<sup>3</sup>, con una densidad promedio de 37.788 ejemplares/1000 m<sup>3</sup>.
26. Se determinó un total de 9 phyla y 24 grupos zooplanctónicos, correspondiendo 4 al holoplancton y 20 al meroplancton, destacando entre ellos los grupos Copepoda, Euphausiacea, Ostracoda, Cladocera, Decapoda, Chaetognatha, Doliolida y Appendicularia
27. De las transectas analizadas la que presentó los mayores niveles de abundancia fue la localizada en Caldera (27°00'S), superando los 900.000 ejemplares/1000 m<sup>3</sup>, constituida preferentemente por Copepoda, Chaetognatha y Appendicularia.
28. El phylum más abundante correspondió a Arthropoda, constituido principalmente por Copépodos, obteniendo estos un porcentaje de abundancia relativa promedio de 81.25% respecto al total de estaciones analizadas y taxas determinadas. Este grupo registró la mayor dominancia numérica, encontrándose presente en la totalidad de las muestras en forma homogénea.

29. La biomasa estimada para el total de especies en la zona Arica-Caldera y Caldera-Coquimbo alcanzó a 2.575.342 t y 239.548 t respectivamente, los mayores valores se obtuvieron en la zona Arica-punta Amarilla con 2.044.200 t.
30. La especie mas abundante fue la anchoveta estimándose una biomasa de 1.646.627 t entre Arica y Caldera, registrándose el 83,5% (1.375.600 t) entre Arica y Punta Amarilla y 42.938 t entre Caldera-Coquimbo. Los estimados de biomasa alcanzados en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta, presentaron un incremento superior al 200 %, respecto al valor alcanzado en el invierno de 1985 (0,45 millones de t), el mas alto de la serie 1985-1993. Respecto a los valores mas altos de biomasa registrados en otoño (1986 con 0,172 millones de t) y primavera, (0,222 millones de t), la biomasa estimada en el presente caso presentó un incremento sobre el 600% y 510%, respectivamente.
31. Para sardina española se evaluó una biomasa de 638.903 t entre Arica y Caldera, siendo la zona Arica-Punta Amarilla la mas abundante con el 68,1% de la biomasa (434.824 t), mientras que entre Caldera y Coquimbo alcanzó a 46.047 t. La biomasa estimada en la zona Arica-Antofagasta, es de orden similar al alcanzado en igual período de 1993 (462.100 t), siendo superior en un 40,8 y 12,7% a los alcanzados en los inviernos de 1990 y 1991, respectivamente, representando una reducción del 42,7% respecto a igual período de 1992.
32. El jurel alcanzó entre Arica y Caldera 335.819 t, concentrándose el 63,4% (212.972 t) entre Arica y Punta Amarilla y 118.710 en la zona Caldera-Coquimbo. Los estimados de biomasa alcanzados en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta, se encuentran enmarcados en una tendencia negativa observada a

partir de 1992, representando una reducción del 17,6; 277,2 y 58,3 % respecto a 1991, 1992 y 1993, respectivamente.

33. La distribución de sardina española se caracterizó por su alto nivel gregario en cardúmenes de tamaño pequeño y de alta densidad. Las mayores densidades las mayores concentraciones se localizaron hacia el límite norte de la zona Punta Amarilla-Caldera con un Índice de Densidad de 177,9 t/mn<sup>2</sup>, sin embargo en las zonas de pesca se detectaron niveles superiores a las 195,2 t/mn<sup>2</sup>, llegando hasta las 341,6 t/mn<sup>2</sup>.
34. El jurel mostró una distribución mas homogénea que la sardina española en toda la zona de estudio con valores de densidad entre 28,7 y 37,2 t/mn<sup>2</sup>.
35. La anchoveta también registró una distribución contagiosa, presentando índices de densidad entre 105,7 y 177,9 t/mn<sup>2</sup>, con el valor mayor ubicado entre punta Amarilla-Caldera. Sin embargo en las zonas de pesca se detectaron densidades entre 274,3 y 528,9 t/mn<sup>2</sup>.

**X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Alheit, J y P. Bernal. 1993. Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt Current ecosystem. En: Large marine ecosystems. Stress, mitigation and sustainability. K. Sherman, L.M. Alexander y B. Gold (eds.). pp. 53-68. AAAS Press. Washington DC, USA.
- BAC 48. 1994. Boletín de Alerta Climático. Septiembre 1994. CPPS.
- Bakun, A. 1993. The California Current, Benguela Current, and Southwestern Atlantic shelf ecosystems: A comparative approach to identifying factors regulating biomass yields. En: Large marine ecosystems. Stress, mitigation and sustainability. K. Sherman, L.M. Alexander y B. Gold (eds.). pp. 199-221. AAAS Press. Washington DC, USA. BAC 47. 1994. Boletín de Alerta Climático. Agosto 1994. CPPS.
- Balbontín, F. y M. Garretón. 1977. Desove y primeras fases de desarrollo de la sardina española Sardinops sagax musica , en Valparaíso. Rev. Biol. Mar, 16(2): 171-181.
- Barnes, R. 1986. Zoología de los invertebrados. México, D.F., Interamericana. 1.157 p.
- Blanco, J. L. y M. Díaz. 1985. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-83 en la zona norte de Chile. Inv. Pesq. (Chile) 32:53-60.
- Blanco, J. L. 1991. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile durante julio-agosto de 1991. En: Evaluación directa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica zona norte

Julio-Agosto 1991. Programa de Investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.

Blanco, J. L., A vega y H. Reyes. 1991. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile en primavera de 1991. En: Evaluación directa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica zona norte Noviembre-Diciembre 1991. Programa de Investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.

Blanco, J.L., H. Reyes y A. Vega. 1992a. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile durante Enero de 1992. IFOP. Informe final de crucero ERFEN VII. Manuscrito no publicado.

Blanco, J.L., H. Reyes y A. Vega. 1992b. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile durante Febrero-Marzo de 1992. IFOP. En: Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, zona norte Febrero-Marzo 1992. Programa de investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.

Blanco, J.L., H. Reyes y A. Vega. 1992c. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile durante Marzo-Abril de 1992. IFOP. Informe final de crucero ERFEN X. Manuscrito no publicado.

Blanco, J.L., A. Vega y H. Reyes. 1992d. Condiciones Oceanográficas en la zona norte de Chile durante Abril de 1992. En: Monitoreo Mensual de la Distribución y Abundancia de Recursos Pelágicos y de las Condiciones Bio-Oceanográficas, Zona Norte. Abril 1992. Informe a Empresas Pesqueras. Inst. Fom. Pesq. Stgo., Chile.

Blanco, J.L., A. Vega y H. Reyes. 1992e. Condiciones Oceanográficas en la zona norte de Chile durante Junio de 1992. En: Monitoreo Mensual de la Distribución y Abundancia de Recursos Pelágicos y de las Condiciones Bio-Oceanográficas, Zona Norte. Junio 1992. Informe a Empresas Pesqueras. Inst. Fom. Pesq. Stgo., Chile.

Blanco, J. L. y A. Vega. 1992. Condiciones Oceanográficas durante octubre de 1992. En: Monitoreo Mensual de la Distribución y Abundancia de Recursos Pelágicos y de las Condiciones Bio-Oceanográficas, Zona Norte. Octubre 1992. Informe a Empresas Pesqueras. Inst. Fom. Pesq. Stgo., Chile.

Blanco, J. L. y H. Reyes. 1992. Condiciones Oceanográficas durante Diciembre de 1992. En: Monitoreo Mensual de la Distribución y Abundancia de Recursos Pelágicos y de las Condiciones Bio-Oceanográficas, Zona Norte. Diciembre 1992. Informe a Empresas Pesqueras. Inst. Fom. Pesq. Stgo., Chile.

Bodenheimer, F. 1955. Précis d'écologie animale. Payot, París. 235p.

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina.

Boré, D.; J. L. Blanco; E. Acuña; J. Moraga; J. Olivares; A. Mujica y E. Uribe. 1993. Evaluación de la distribución de recursos pelágicos de la cuarta región y condiciones oceanográficas asociadas. IFOP. Informe a Empresa Pesquera San José y Subsecretaría de Pesca.

Bougis, P. 1974. Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton. 200p.

- Braun, M. 1991. Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel en la zona norte de Chile, durante julio-agosto de 1991. En: Evaluación Directa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-Oceanográfica Zona Norte Julio-Agosto 1991. Programa Investigaciones Pesqueras De Recursos Pelágicos - Zona Norte. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile. 81-121 p.
- Braun, M.; J. L. Blanco ; J. Castillo; y S. Lillo. 1994. Monitoreo Hidroacústico y oceanográfico de los recursos pelágicos de la I a la II Regiones. Tercer informe de avance proyecto FIPA. Junio 1994.
- Braun, M., J. Castillo, J. Blanco, S. Lillo y H. Reyes. 1994. Monitoreo hidroacústico y oceanográfico de los recursos pelágicos de la I y II regiones. Pre - Informe Final. Inst. Fom. Pesq. Diciembre 1994.
- Cañón, J. 1978. Distribución de la anchoveta (Engraulis ringens Jenyns) en el norte de Chile en relación a determinadas condiciones oceanográficas. Invest. Pesq. (Chile), 30:103 pp.
- Carpenter, J. H. 1965. The chasepeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol. and Oceanogr., 10: 141-143.
- Castillo, J.; P. Pineda y J. Blanco. 1985. Informe Final Tercer crucero proyecto "Cuantificación acústica de recursos pelágicos en la Zona Arica-Coquimbo. Informe a Empresas Pesqueras Zona Norte. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile 31 p.
- Castillo, J.; M. Braun y J.L. Blanco. 1992. Cuantificación estacional de la biomasa de los recursos pelágicos y vigilancia

Bio-Oceanográfica, Zona Norte. Septiembre 1992. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos-Zona Norte. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile.

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.; J.L. Blanco; M. Braun; H. Reyes y H. Robotham. 1994. Evaluación directa del stock de Sardina Española, Anchoqueta y Jurel (Regiones I a IV). Informe Final proyecto FIPA. Inst. Fom. Pesq., Marzo 1994.

Claustre, H., P. Kerhervé, J.C. Marty, L. Proieur, C. Videau & J.-H. Hecq. 1994. Phytoplankton dynamics associated with a geostrophic front: Ecological and biochemical implications. Journal of Marine Research. 52:711-742.

Coble, P.G., R.B. Gagosian, L.A. Codispoti, G.E. Friederich & J.P. Christensen. 1991. Vertical distribution of dissolved and particulate fluorescence in the Black Sea. Deep-Sea Research 38(2):S985-S1001.

Cullen, J.J. 1982. The deep chlorophyll maximum: comparing vertical profiles of chlorophyll a. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 39:791-803.

Einarsson y B. Rojas de Mendiola. 1963. Descripción de huevos y larvas de anchoqueta peruana (Engraulis ringens) Bol. Inst. Recurs. Mar., Callao, 1 (1): 1-23.

- Fahay, M.P. 1983. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the Southern Scotian shelf. Fish. Sci., Vol.4.
- Fee, E.J. 1976. The vertical and seasonal distribution on chlorophyll in lakes of the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario: Implications for primary production studies. Limnology & Oceanography. 21(6):767-783.
- Fischer, W. 1958. Primeras fases del desarrollo del blanquillo (Prolatilus jugularis). Rev.Biol.Mar., Valparaíso 8 (1-3):1-24.
- 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., 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.
- Francis R.I.C.C. 1984. Variability in hidroacusctic biomass estimate (comment). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 825-826.
- Frontier, S. 1966. Tratamiento de datos. En: D. Boltovskoy. Atlas de zooplancton del atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial INIDEP Mar del Plata. Argentina. p. 169-188.

- Garretón, M. y F. Balbontín. 1982. Efecto de la temperatura en el desarrollo embrionario y crecimiento inicial de las larvas de sardina española, Sardinops sagax musica, en condiciones de laboratorio. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 18(1):57-71.
- Gunther, E. R. 1936. A report on oceanographical investigations in the Perú Costal Current Discovery. Rep. 13. London.
- 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.
- Hansen, R., W. Madow y W. Huwitz. 1953. Sample survey methods and theory. Volume I and II. Methods and applications: Jhon Wiley and Sons, INC.
- Hasle, G.R. 1969. An analysis of the phytoplankton of the Pacific Southern Ocean: Abundance, comparison and distribution during the Brategg Expedition, 1947-48. Hvalraad. Skr. 52:1-168.
- Hayward, T.L. & E. L. Venrick. 1982. Relation between surface chlorophyll, integrated chlorophyll and integrated production. Marine Biology. 69:247-252.
- Joint, I & A. Pomroy. 1993. Phytoplankton biomass and production in the southern North Sea. Marine Ecology Progress Series. 99:169-182.
- K. M. Volter. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 page, 1985.

- Kelly, R.; J. L. Blanco y M. Díaz. 1983. Rangos típicos de temperatura, salinidad y oxígeno de las aguas del norte de Chile, Informe final de Proyecto al Comité Oceanográfico Nacional (830017).
- Kelly, R. y J. L. Blanco. 1986. Características oceanográficas en el norte de Chile durante la declinación de El Niño 1982-83. Invest. Pesq. (Chile), 33: 77-90.
- Kelly, R. y J. Osses. 1987. Condiciones oceanográficas en la zona centro-norte de Chile en el invierno de 1987. IFOP. En: Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, zona norte, Julio-Agosto 1987. Programa de investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.
- Kelly, R., R. Rubio y J. Osses. 1988. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile en invierno de 1988. IFOP. En: Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, zona norte, Agosto 1988. Programa de investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.
- Kelly, R., J. Osses y R. Rubio. 1990. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile en invierno de 1990. IFOP. En: Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica, zona norte, Agosto 1990. Programa de investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.
- Kelly, R. y R. Rubio. 1991. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile en el verano de 1991. IFOP. En: Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y vigilancia bio-

oceanografica, zona norte, Febrero 1991. Programa de investigaciones pesqueras de recursos pelagicos-zona norte. IFOP.

LaFond, E. 1951. Procesing Oceanographic Data. U.S. Navy Hydrographic Office, H.O. Publication N°614: 114 pp.

Legendre, L. 1990. The significance of microalgal blooms for fisheries and for the export of particulate organic carbon in oceans. *Journal of Plankton Research*. 12:681-699.

Letelier, R.m., R.R. Bidigare, D.V. Hebel, M. Ondrusek, C.D. Winn & D.M. Karl. 1993. Temporal variability of phytoplankton community structure based on pigment analysis. *Limnology and Oceanography* 38(7):1420-1437.

Loeb, V. y J.A.Nichols. 1984. Distribución vertical y composición de las agrupaciones de ictioplancton y zooplancton de invertebrados n el Pacífico Tropical Oriental. *Biología Pesquera*, 13:39-66.

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*. Published by Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK. 325 p.

- Martínez, C., L. Caballero y G. Bohm. 1991. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales. Zona Norte. Flota y Actividad Extractiva. SGI-IFOP 92/1. 51 p.
- Marra, J., R.W. Houghton, R. W. & C. Garside. 1990. Phytoplankton growth and the shelf-break front in the Middle Atlantic Bight. *Journal of Marine Research*. 48(4):851-868.
- Marra, J., R.W. Houghton, D.C. Boardman & P.J. Neale. 1982. Variability in surface chlorophyll *a* at a shelf break front. *Journal of Marine Research*. 40(3):575-591.
- Morales, C, M. Braun, J. blanco, V. Ortiz, V. Valenzuela, J. Osses & H. Reyes. 1994. Copepod abundance patterns in relation to mesoscale physico-biological variability in the Humboldt currents system off northern Chile. ICES symposium on zooplankton production. August 1994. Plymouth, UK.
- Moser, H.G.(ed.) 1984. Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Special Publication N°1.
- Millero, F., C. Chen, A. Bradshaw and K. Schleicher. 1980. A new high pressure equation of state for seawater. *Deep Sea Res.*, 27a, 255-264.
- Millero, F. and A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. *Deep Sea Res.*, 28A, 625-629.
- Mujica, A. y O. Rojas. 1985. Composición y abundancia del zooplancton del norte de Chile crucero MARCHILE XV - ERFEN VI. Diciembre 1983, *Cienc. y Tec. del Mar.*, CONA 9:31-52.

- Nakata, K., A. Hada & Y. Matsukawa. 1994. Variations in food abundance for japanese sardine larvae related to the Kuroshio meander. *Fisheries Oceanography*. 3(1):39-49.
- Newell, G.E. y R.C. Newell. 1963. *Marine plankton a practical guide*. Hutchinson Educational, University of London. 221 pp.
- Oliva, E. y J. Bleck. 1992. Evaluación espacio temporal de la estructura comunitaria del msozooplancton en el área de surgencia costera de los 20°30' S - 22°00' S En: Evaluación de las condiciones bio-oceanográficas en el área comprendida entre Caleta Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°00'S) PROGRAMA INPESCON 1992. Universidad Arturo Prat. Departamento de Ciencias del Mar Iquique -Chile. Documentos Técnicos 50: 69-100.
- Orellana, M. y F. Balbontín. 1983. Estudio comparativo de las larvas de Clupeiformes de la costa de Chile. *Rev. Biol.Mar.*, Valparaíso. 19(1): 1-46.
- Osses, J., R. Rubio y R. Kelly, 1989. Condiciones oceanográficas en la zona norte de Chile durante el invierno de 1989. En: Cuantificación de la biomasa de recursos pelágicos y vigilancia bio-oceanográfica zona norte. Agosto-Septiembre de 1989. Programa de Investigaciones pesqueras de recursos pelágicos-zona norte. IFOP.
- Osses, J. & V.A. Troncoso. 1990. Variables oceanográficas y distribución superficial de clorofila *a* en la zona norte de Chile, durante el año 1988. X Jornadas de Ciencias del Mar, mayo de 1994. Santiago, Chile.

- Osses, J. 1994. Metodología para la cuantificación de pigmentos vegetales utilizando filtros orgánicos y solubles en acetona. Manuscrito 9 pp + figuras. Enviado a Biología Pesquera (Chile).
- Palma, S. y K. Kaiser. 1993. Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.
- Parsons, T.R., Y. Maita & C. M. Lalli. 1984. A Manual of chemical and biological methods for seawater analysis. 172 pp. Pergamon Press.
- Peláez, J. & J. McGowan. 1986. Phytoplankton pigment patterns in the California Currents as determined by satellite. *Limnology and Oceanography*. 31(5):927-950.
- Pérez, R. 1978. Identificación de huevos y larvas planctónicas de peces en la Bahía de Valparaíso. Informe de Práctica Profesional para optar al título de Técnico Marino. Universidad Católica de Chile, Sede Talcahuano. 238 pp.
- Polovina, J.L., G.T. Mitchum, N. Graham, m. P. Craig, E. Demartini & E.N. Flint. 1994. Physical and biological consequences of a climate event in the North Central Pacific. *Fisheries Oceanography*. 3(1):15-21.
- Pond, S. and G.L. Pickard. 1983. *Introductory Dynamic Oceanography*. 241p.
- Repeta, D.J. & D.J. Simpson. 1991. The distribution and recycling of chlorophyll, bacteriochlorophyll and carotenoids in the Black Sea. *Deep-Sea Research*. 38(2):S969-S984.

- Reynolds, R. 1982. A monthly averaged climatology of Sea Surface Temperature. Technical Report NNS-31, National Meteorological Center, NOAA, Silver Springs, Md.
- Robertson, A. 1970. An improved apparatus for determining plankton volume. Fish. Bull. S. Africa (6): 23-36.
- Robles, F. E. Alarcón y A. Ulloa. 1974. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969, 1971-1973). Reunión de trabajo sobre el fenómeno de El Niño. Guayaquil - Ecuador, diciembre 1974. Santiago de Chile IFOP. 144p.
- Robotham, H and J. Castillo. 1990. The bootstrap method: an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. Rapp. P.-v. Reún. Cons. int. Explor. Mer, 189: 421 - 424.
- Sánchez-Hidalgo, M. y Anda. 1992. Los grupos del zooplancton de colecciones obtenidas con red CalVET en agosto de 1985 frente a la costa occidental de baja california sur, México. Inv. Mar. CICIMAR. Vol.7 N°2. 105-121 p.
- Santander, H., O.S. de Castillo. 1971. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de jurel Trachurus symmetricus murphyi (Nichols) en la costa peruana. Inf. Inst. Mar. Perú - Callao (36): 1-22.
- 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.
- Sievers, H. y N. Silva. 1975. Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico sudoriental. Latitudes 18°S - 33°S. Operación oceanográfica MARCHILE VII. Cienc. y Tec. Del Mar. Contrib. CONA. 1: 7-67.
- Silva, N. y D. Konow H. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4, julio-agosto 1974. Rev. Com. Per. Pacífico sur, (3):63-75.
- Silva, N. y H. Sievers. 1981. Masas de agua y circulación en la región de la rama costera de la Corriente de Humboldt. Latitudes 18°S - 33°S (Operación Oceanográfica Marchile X-ERFEN I). Cienc. y Tec. del Mar. CONA (5):5-50.
- Silva, S. y B. Ramírez. 1982. Condiciones oceanográficas frente a las costas chilenas en 1981: Zonas Arica-Coquimbo. Los Vilos-Chiloé. Estud. Doc. Univ. Católica Valparaíso, 28-1/82: 212 pp.
- Silva, N. y T. Fonseca. 1983. Geostrophic component of the oceanic flow off northern Chile. Conferencia Internacional sobre recursos Marinos del Pacífico. Viña del Mar, Chile. pp 59-70. P. Arana Ed.
- 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, W.O, G.W. Heburn, R. T. Barber & J.O. O'Brien. 1983. Regulation of phytoplankton by physical processes in upwelling ecosystems. *Journal of Marine Research*. 41:539-556.

Smith, P. E., R.C. Counts and R.I. Clutter. 1968. Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. *J. Cons. CIEM*, 32 (2): 232-48.

Smith, P.E.y S.L. Richardson.1979. Técnicas estándar para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO, Doc. Téc. Pesca, (175): 107pp.

Tait, R. 1971. Elementos d ecología marina. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 318 p.

Thomas, A. C., F. Huang, P.T. Strub & C. James. 1994. Comparison of the seasonal and interannual variability of phytoplankton pigment concentrations in the Peru and California Current systems. *Journal of Geophysical Research*. 99(C4):7355-7370.

Torres, A., C. Martinez y J. Oliva. 1985. Migraciones de la sardina española en el Pacífico Suroriental, durante el fenómeno El Niño 1982-83 y en 1984. *Invest. Pesq. (Chile)* 32 pp. 95-100.

UNESCO. 1968. Zooplankton sampling. Monographs on oceanographic methodology 2. Geneve. 174 p.

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 marine science N°37.144p.

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

UNESCO, 1983. Algorithms for computations of fundamental properties of seawater, Unesco Tech. Papers in Mar. Sci. N°44.

Vandevelde, T., L. Legendre, J.-C. Therriault, S. Demers & A. Bah. 1987. Subsurface Chlorophyll maximum and hydrodynamics of the water column. Journal of Marine Research. 45(2):377-396.

Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses in the equatorial Pacific Ocean. Int. J. Oceanol. and Limnol. Vol. 1(2).

Yashnov, U.A. 1959. A new model of volume meter for rapid and precise plankton evaluation under field conditions. Zoologicheskü, Zhurnal (Moscow), 38: 1741-4.

Yentsch, C.S. & D.W. Menzel. 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. Deep-Sea Research 10(3):221-231.

Yoder, J.A., S. G. Ackleson, R.T. Barber, P. Flamens & W. M. Balch. 1994. A line in the sea. Nature. 371:689-692.

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 Análisis de correlación lineal entre la clorofila a superficial (mg/m<sup>3</sup>) y la clorofila a integrada (mg/m<sup>2</sup>)

transecta	r <sup>2</sup>	a	b	n
1	0,310	24,82	49,53	7
3	0,860	33,36	7,23	7
5	0,820	37,68	8,77	6
7	0,455	4,38	28,96	7
9	0,870	15,69	17,63	7
11	0,664	18,38	11,60	7
13	0,962	57,50	3,77	7
15	0,790	16,26	57,92	7
17	0,851	17,11	34,48	7
19	0,979	15,48	29,48	7
21	0,070	1,80	29,06	7
23	0,001	- 7,96	34,06	7
25	0,938	9,31	32,00	7
27	0,767	22,59	34,17	7
29	0,832	28,63	16,07	7
31	0,716	19,11	46,95	7
33	0,969	50,52	-17,64	7

Tabla 3. Análisis de correlación lineal simple entre la fluorescencia in vivo y la clorofila a, por transecta.

Transecta	r <sup>2</sup>	a	b	n
1	0,298	0,006	0,056	43
3	0,231	0,022	0,117	47
5	0,820	0,038	0,111	40
7	0,611	0,030	0,108	47
9	0,555	0,016	0,115	43
11	0,811	0,054	0,108	46
13	0,939	0,055	0,108	48
15	0,916	0,033	0,120	46
17	0,839	0,038	0,119	47
19	0,829	0,027	0,110	45
21	0,836	0,044	0,118	49
23	0,264	0,036	0,113	49
25	0,971	0,041	0,121	44
27	0,741	0,035	0,111	45
29	0,924	0,079	0,124	49
31	0,786	0,066	0,126	47
33	0,900	0,092	0,108	46

Tabla 4. Rangos de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) por transecta entre la superficie y 50 m.

Transecta	F1	cloa	feop
1	0,08 - 0,20	0,5 - 10,0	0,5 - 2,0
3	0,12 - 0,16	0,5 - 2,0	0,5 - 2,0
5	0,12 - 0,50	0,5 - 10,0	0,5 - 5,0
7	0,10 - 0,24	0,5 - 3,5	0,5 - 2,5
9	0,06 - 0,17	0,5 - 5,0	0,5 - 1,5
11	0,12 - 0,20	0,5 - 1,0	0,5
13	0,12 - 0,26	0,5 - 2,5	0,5
15	0,12 - 0,60	0,5 - 14,0	0,5 - 4,0
17	0,12 - 0,36	0,5 - 10,0	0,5 - 2,5
19	0,12 - 0,48	0,5 - 10,0	0,5 - 2,0
21	0,12 - 0,20	0,5 - 2,0	0,5
23	0,12 - 0,14	0,5 - 1,0	0,5
25	0,12 - 1,00	0,5 - 18,0	0,5 - 2,0
27	0,12 - 0,30	0,5 - 5,0	0,5
29	0,15 - 0,55	0,5 - 5,0	0,5 - 2,0
31	0,15 - 0,70	1,0 - 4,0	1,0 - 4,5
33	0,20 - 1,00	1,0 - 9,0	1,0 - 2,5

Tabla 5

Registro de pruebas de calibración de flujómetros  
Crucero PELANOR

A. - TSK 4909 (A08) B/C "Carlos Porter"

Prof. de Pesca	Nº Rev. TSK	Dur. Lance Segundo	Rev./Seg. N	Mts./Rev. F	Mts./Seg V
35	224	33	6.892	0.156	1.077
35	225	28	8.065	0.156	1.254
35	221	38	5.831	0.158	0.923
35	207	47	4.452	0.169	0.753
35	218	48	4.580	0.161	0.735
35	207	47	4.414	0.169	0.746
35	213	79	2.710	0.164	0.445
35	209	62	3.387	0.167	0.567
35	217	44	4.943	0.161	0.797
35	225	22	10.176	0.156	1.583
35	220	26	8.410	0.159	1.338
35	225	36	6.338	0.156	0.986
35	227	49	4.646	0.154	0.716
35	210	76	2.753	0.167	0.459
35	221	71	3.104	0.158	0.492

B. - TSK 4456 (A04) B/I "Carlos Porter"

Prof. de Pesca	Nº Rev. TSK	Dur. Lance Segundo	Rev./Seg. N	Mts./Rev. F	Mts./Seg V
35	204	59	3.431	0.172	0.589
35	199	59	3.364	0.176	0.592
35	207	60	3.463	0.169	0.586
35	214	32	6.665	0.164	1.090
35	214	38	5.695	0.164	0.931
35	217	44	4.931	0.161	0.795
35	220	34	6.552	0.159	1.042
35	212	27	7.946	0.165	1.312
35	219	31	7.042	0.160	1.125
35	212	78	2.717	0.165	0.449
35	215	70	3.071	0.163	0.500
35	222	21	10.637	0.158	1.660
35	231	22	10.524	0.152	1.595
35	222	39	5.754	0.158	0.907
35	230	36	6.385	0.152	0.972

Tabla 5 (Continuación)

C. - TSK 4763 (A09) B/C "Carlos Porter"

Prof. de Pesca	Nº Rev. TSK	Dur. Lance Segundo	Rev./Seg. N	Mts./Rev. F	Mts./Seg V
35	209	78	2.697	0.167	0.452
35	219	75	2.912	0.160	0.465
35	216	51	4.234	0.162	0.686
35	218	37	5.921	0.161	0.951
35	215	32	6.725	0.163	1.095
35	222	30	7.393	0.158	0.746
35	232	26	8.858	0.151	1.336
35	232	33	6.996	0.151	1.055
35	229	35	6.615	0.153	1.011
35	222	33	6.760	0.158	1.066
35	215	41	5.297	0.163	0.862
35	223	38	5.932	0.157	0.931
35	218	60	3.658	0.161	0.587
35	224	47	4.747	0.156	0.742

Tabla 6

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos  
 Crucero 370 (3) 94 CP PELAMOR 9406/09  
 Arica - Coquimbo

E S P E C I E	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
			Totales	Positivos		
Sardinops sagax	48	25115	107	523	20.5	2.4
Engraulis ringens	97	938392	3976	9592	41.5	89.2
Trachurus murphyi	71	15974	68	225	30.3	1.5
Otras especies	194	71537	306	369	82.9	6.9
Total de huevos	210	1043019	4457	4967	89.7	100.0

Tabla 7

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas  
 Crucero 370 (3) 94 CP PELAMOR 9408/89  
 Arica - Coquimbo

E S P E C I E	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
			Totales	Positivas		
Sardinops sagax	41	7122	30	174	17.5	1.0
Engraulis ringens	193	656413	2805	3401	82.5	88.0
Trechurus murphyi	38	3345	14	88	16.2	0.4
Otras especies	225	79834	338	351	96.2	10.6
Total de larvas	234	745914	3188	3188	100.0	100.0

Tabla 8

Número de estadios tempranos de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa  
Arica - Coquimbo

E S P E C I E	D. N.	1		5		10		20		40		70		100		TOTAL	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%								
<i>Sardinops sagax</i>																	
Huevos		13860	52.66	1394	5.19	8942	32.02	815	3.25	567	2.34	1287	5.12	0	0.00	25115	100.0
Larvas		2150	23.19	2753	29.69	1933	20.85	640	6.90	100	1.00	1461	15.76	234	2.52	9271	100.0
<i>Engraulis ringens</i>																	
Huevos		118418	11.29	164622	15.70	258162	23.85	227018	21.65	210990	20.12	36674	3.50	48915	3.90	1048799	100.0
Larvas		114893	14.90	310617	40.27	167401	21.70	66270	8.59	72158	9.36	25033	3.25	14933	1.94	771365	100.0
<i>Trachurus murphyi</i>																	
Huevos		976	5.66	1015	5.88	561	3.25	89	0.52	3164	18.34	3681	21.34	7763	45.01	17249	100.0
Larvas		0	0.00	0	0.00	154	4.60	244	7.29	840	25.10	948	28.32	1161	34.69	3347	100.0







Tabla 10

Constancia y dominancia numérica  
de los grupos zooplanctónicos

Grupos Taxonómicos	Nº est. Positivas	Nº total Individuos	Constancia (%)	Clasificación	Dominancia (%)	Clasificación
<b>ARTROPODOS</b>						
<b>(Crustáceos)</b>						
Copépodos	63	26140686	100.00	CONSTANTE	83.15	DOMINANTE
Eufáusidos	61	761634	96.83	CONSTANTE	2.42	ACCIDENTAL
Ostrácodos	62	319080	98.41	CONSTANTE	1.81	ACCIDENTAL
Cladóceros	32	333561	58.79	CONSTANTE	1.06	ACCIDENTAL
Larvas Decápodos	44	305815	69.84	CONSTANTE	0.97	ACCIDENTAL
Anfípodos	17	24300	26.98	ACCESORIO	0.08	ACCIDENTAL
Isópodos	22	22576	34.92	ACCESORIO	0.07	ACCIDENTAL
Hirudíneos	4	8992	6.35	ACCIDENTAL	0.03	ACCIDENTAL
Nauplii	22	149489	34.92	ACCESORIO	0.48	ACCIDENTAL
<b>CNIDARIOS</b>						
Hidromedusas	1	683	1.59	ACCIDENTAL	0.00	ACCIDENTAL
Sifonóforos	42	187561	66.67	CONSTANTE	0.34	ACCIDENTAL
	56	224782	88.89	CONSTANTE	0.71	ACCIDENTAL
<b>CTENOFOROS</b>						
	10	10522	15.87	ACCIDENTAL	0.03	ACCIDENTAL
<b>QUETOGNATOS</b>						
	62	1059955	98.41	CONSTANTE	3.37	ACCESORIO
<b>ANELIDOS</b>						
Poliquetos	57	188782	98.48	CONSTANTE	0.58	ACCIDENTAL
<b>MOLUSCOS</b>						
Prosobranquios	25	29394	39.68	ACCESORIO	0.09	ACCIDENTAL
Opistobranquios	46	112701	73.02	CONSTANTE	0.36	ACCIDENTAL
Pelecípodos	9	24412	14.29	ACCIDENTAL	0.08	ACCIDENTAL
Cefalópodos	1	497	1.59	ACCIDENTAL	0.00	ACCIDENTAL
<b>TUBICADOS</b>						
Salpas	22	239664	34.92	ACCESORIO	0.76	ACCIDENTAL
Doliólidos	51	454945	88.95	CONSTANTE	1.45	ACCIDENTAL
Apendicularias	56	886691	88.89	CONSTANTE	2.57	ACCESORIO
<b>PROTOZOARIOS</b>						
Radiolarios	19	25254	38.16	ACCESORIO	0.08	ACCIDENTAL
Foraminíferos	10	9278	15.87	ACCIDENTAL	0.03	ACCIDENTAL
<b>BRIUZOARIOS</b>						
Larv. Cifonautas	35	88731	55.56	CONSTANTE	0.26	ACCIDENTAL
Indeterminados	3	6629	4.76	ACCIDENTAL	0.02	ACCIDENTAL

Tabla 11

Número de larvas de anchoveta estandarizadas, colectadas con redes Wp-2 y Bongo en estaciones seleccionadas

N° EST	BONGO	Wp-2
12	5791	4543
15	1445	314
67	4880	4869
68	17497	15752
77	33	62
81	1771	616
92	316	226
124	4863	7739
127	1309	2608
137	830	1678
138	1961	1488
165	17130	8494
166	1509	2857
198	292	134
204	7017	9445

Tabla 12

Longitud promedio de las larvas de anchoveta capturadas con redes Wp-2 y Bongo.

N° EST	BONGO	Wp-2
12	8.6	8.6
15	5.2	5.4
67	3.7	3.5
68	5.4	4.1
77	6.4	7.1
81	3.5	4.0
92	8.5	9.2
124	4.2	4.5
127	6.6	5.5
137	4.1	5.0
138	4.0	5.3
165	3.3	4.1
166	3.9	4.5
198	5.8	5.7
204	4.2	4.8

Table 13

Análisis de Friedman para la comparación del número de individuos y talles capturados con redes Wp-2 y Bongo

Tipo de análisis	Tipo de red	Tamaño muestra	Rango promedio	Test estad.	Nivel signif. (95%)
Nº Individuos capturados	Wp-2	15	1.4	0.60	0.44
	BONGO	15	1.6		
Talla de los individuos capturados	Wp-2	15	1.3	2.57	0.11
	BONGO	15	1.7		

Tabla 14

Análisis de Varianza entre el número  
de individuos y tallas colectadas con redes Wp-2 y Bongo

Tipo de análisis	Variación del recurso	Suma de cuadrados	G. L.	Cuadrado medio	F	Nivel sig. (95%)
No Individuos capturados	entre grupos	1.37	1	1.373452	0.051	0.83
	dentro de grupos	7.51	28	26815657		
Talla de los individuos capturados	entre grupos	0.51	1	0.5070000	0.177	0.68
	dentro de grupos	80.1	28	2.8600000		

Tabla 15 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

NOTA:

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

Tabla 16. Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter para la frecuencia de 120 Khz, por longitud de pulso (ms).

Fecha	Lugar	TS-transd. gain			Sv-transd. gain		
		Corto 0,1	Medio 0,3	Largo 1,0	Corto 0,1	Medio 0,3	Largo 1,0
09.06.92	Mejillones	20,9	22,1	22,2	21,4	21,7	22,4
07.09.92	Mejillones						(1)
30.07.93	Valparaíso	20,6	21,8	21,5	21,8	21,8	21,8
10.08.94	Lag. Verde						(1)
19.08.94	Mejillones	21,2	22,6	22,4	21,8	22,2	22,7

NOTA:

- (1) Condición inestable de la esfera.

Tabla 17 Localización geográfica de los lances de pesca.  
CRUCERO PELANOR (9408-09).

LANCE N°	FECHA	LAT (S)	LON (W)	CAPTURA (t)	ESPECIE
1	26.08.94	19°52'	70°34'	2	ANCHOVETA
2	28.08.94	20°24'	70°40'	S/P	
3	04.08.94	21°11'	70°52'	10	ANCHOVETA/SARDINA
4	04.08.94	21°10'	70°55'	10	ANCHOVETA/SARDINA
5	01.09.94	21°11'	70°13'	50	ANCHOVETA
6	01.09.94	21°08'	70°14'	10	ANCHOVETA
7	06.09.94	21°33'	70°06'	40	ANCHOVETA

Tabla 18 Capturas de la flota contemporáneas al crucero

Período	Sardina	Anchoqueta	Jurel
22-28 agosto	1.100	33.009	500
29 agosto-4 septiembre	700	14.000	400
4-11 septiembre	600	49.000	300

Tabla 19. Estimados de biomasa total, por especie y subzona. CRUCERO PELANOR 9408-09.

SUBZONA	PERIODO	SARDINA ESPAÑOLA			ANCHOVETA		JUREL		TOTAL ESPECIES	
		AREA (km <sup>2</sup> )	BIOMASA (t)	DENS (t/km <sup>2</sup> )						
ARICA-PTA. AMARILLA	23.08-13.09.94	32.754	434.824	13,3	1.375.600	42,0	212.972	6,5	2.044.200	62,4
PTA. AMARILLA-CALDERA	14.09-24.09.94	19.925	204.079	10,2	228.089	11,5	122.847	6,2	531.142	26,7
CALDERA-COQUIMBO	25.09-01.10.94	14.621	46.047	3,2	42.938	2,9	118.710	8,1	239.548	16,4

Tabla 20. Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$  coeficientes de variación (CV) y error (%) del estimado de biomasa total de especies

METODO	CONGLOMERADOS			ESTRATOS AGRUPADOS			BOOTSTRAP			
	Area (mn <sup>2</sup> )	V(B <sub>0i</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV (x 10 <sup>10</sup> )	V(B <sub>0</sub> )	E (%)	CV (x 10 <sup>10</sup> )	V(B <sub>0</sub> )	E (%)	CV
Zona										
Arica-Punta Amarilla	32.754	31,02209	44,8	0,27	36,04198	48,3	0,29	28,73315	43,0	0,26
Punta Amarilla-Caldera	19.925	3,97332	61,7	0,37	2,98298	53,4	0,32	3,73990	59,0	0,35
Caldera-Coquimbo	14.621	0,37607	42,1	0,25	0,56500	51,6	0,31	0,36245	41,0	0,24

Tabla 21. Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$  , coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de sardina

METODOS	CONGLOMERADOS			ESTRATOS AGRUPADOS			BOOTSTRAP			
	Area (mn <sup>2</sup> )	V(B <sub>0i</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV	V(B <sub>0i</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV	V(B <sub>0</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV
Zona										
Arica-Punta Amarilla	32.754	1,11026	39,8	0,24	1,12573	40,1	0,24	1,02315	38,0	0,23
Punta Amarilla-Caldera	19.925	0,47195	55,3	0,33	0,47130	55,3	0,33	0,46108	54,0	0,32
Caldera-Coquimbo	14.621	0,092463	----	0,66	0,09677	----	0,67	0,07641	----	0,59

Tabla 22. Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$ , coeficiente de variación (CV) y de error (%) de los estimados de biomasa de anchoveta

METODOS	CONGLOMERADOS				ESTRATOS AGRUPADOS			BOOTSTRAP		
	Area (mn <sup>2</sup> )	V(B <sub>oi</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV	V(B <sub>oi</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV	V(B <sub>o</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV
Arica-Punta Amarilla	32.754	26,79124	61,9	0,37	30,21919	65,7	0,39	23,13468	57,0	0,34
Punta Amarilla-Caldera	19.925	1,68510	----	0,56	1,17146	----	0,47	1,49688	----	0,53
Caldera-Coquimbo	14.621	0,13404	----	0,84	0,47690	----	0,50	0,15054	----	0,82

Tabla 23. Varianza  $\hat{V}(\hat{B}_0)$ , coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de jurel

METODOS	CONGLOMERADOS				ESTRATOS AGRUPADOS			BOOTSTRAP		
	Area (mn <sup>2</sup> )	V(B <sub>oi</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV	V(B <sub>oi</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV	V(B <sub>o</sub> ) (x 10 <sup>10</sup> )	E (%)	CV
Arica-Punta Amarilla	32.754	0,12938	27,7	0,16	0,10065	24,5	0,14	0,12612	27,0	0,16
Punta Amarilla-Caldera	19.925	0,09595	41,4	0,25	0,08128	38,1	0,23	0,09672	41,0	0,24
Caldera-Coquimbo	14.621	0,06084	34,1	0,20	0,04996	30,9	0,18	0,05299	32,0	0,19
Arica-Caldera	52.679									

Tabla 24. Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn<sup>2</sup>) por especie y zona.

ZONA	SARDINA ESPAÑOLA		JUREL		ANCHOVETA	
	ID (t/mn <sup>2</sup> )	IC (%)	ID (t/mn <sup>2</sup> )	IC (%)	ID (t/mn <sup>2</sup> )	IC (%)
Arica-Punta Amarilla	155,5	8,7	28,7	22,9	150,1	28,4
Punta Amarilla-Caldera	177,9	5,6	30,4	19,3	172,2	6,4
Caldera-Coquimbo	105,7	3,0	37,2	22,3	24,9	1,7

Tabla 25

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de bucos  
Cruceros Invierno Período 1983 - 1994 @ - 100 m.n.

ESPECIE	Año	Crucero	Número de estaciones positivas	Número de bucos	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia I	Dominancia numérica I
					Totales	Positivas		
<i>Sardinops sagax</i>	1983	277(3)83CP	27	24415	479	904	52.94	73.17
	1984	288(3)84CP	22	23645	483	1075	44.90	57.70
	1985	299(3)85CP	34	234552	2792	6899	40.48	15.42
	1986	305(3)86CP	49	42768	509	873	58.33	4.19
	1987	310(3)87CP	44	42389	517	963	53.66	30.51
	1988	318(3)88CP	30	29838	296	968	30.61	5.99
	1989	326(3)89CP	39	28184	288	723	39.80	4.24
	1990	334(3)90CP	19	11785	120	620	19.39	3.16
	1991	338(3)91AM	13	3556	36	274	13.27	1.45
	1992	354(3)92CP	37	20876	151	564	26.81	5.99
	1993	362(3)93CP	20	10491	88	525	16.01	3.77
	1994	370(3)94CP	19	15976	134	841	15.97	2.47
	<i>Egagralis ringens</i>	1983	277(3)83CP	0	0	0	0	0.00
1984		288(3)84CP	8	1804	37	226	16.33	4.41
1985		299(3)85CP	54	1252602	14912	23196	64.29	82.33
1986		305(3)86CP	65	960093	11430	14771	77.38	93.96
1987		310(3)87CP	16	59473	725	3717	19.51	42.80
1988		318(3)88CP	43	258309	2636	6007	43.88	53.26
1989		326(3)89CP	37	550207	5614	14870	37.76	82.75
1990		334(3)90CP	29	280549	2863	9674	29.59	75.32
1991		338(3)91AM	10	221100	2256	12284	18.37	90.29
1992		354(3)92CP	61	279302	2024	4579	44.20	80.11
1993		362(3)93CP	70	210738	1771	3011	58.82	75.82
1994		370(3)94CP	65	583304	4902	8974	54.62	90.33
<i>Trachurus murphyi</i>		1983	277(3)83CP	0	0	0	0	0.00
	1984	288(3)84CP	4	682	14	171	8.16	1.67
	1985	299(3)85CP	2	295	4	148	2.38	0.82
	1986	305(3)86CP	1	239	3	239	1.19	0.82
	1987	310(3)87CP	25	3607	44	144	30.49	2.60
	1988	318(3)88CP	44	34230	349	778	44.90	7.05
	1989	326(3)89CP	16	2378	24	149	16.33	0.36
	1990	334(3)90CP	9	933	10	104	9.18	0.25
	1991	338(3)91AM	7	653	7	93	7.14	0.27
	1992	354(3)92CP	57	10444	76	183	41.30	3.00
	1993	362(3)93CP	51	16379	138	321	42.86	5.89
	1994	370(3)94CP	28	4036	34	144	23.53	0.63

Tabla 26

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas  
Cruceros Invierno Período 1983 - 1994 0 - 100 n.a.

ESPECIE	Año	Crucero	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia I	Dominancia numérica I
					Totales	Positivas		
<i>Sardinops sagax</i>	1983	277(3)83CP	47	28895	567	615	92.16	62.23
	1984	288(3)84CP	31	5614	115	181	63.27	26.48
	1985	299(3)85CP	24	6851	72	252	28.57	1.22
	1986	305(3)86CP	35	10668	222	533	41.67	10.74
	1987	310(3)87CP	45	15009	183	334	54.88	18.13
	1988	318(3)88CP	35	16851	172	481	35.71	8.78
	1989	326(3)89CP	35	10075	103	288	35.71	2.98
	1990	334(3)90CP	28	7073	72	253	28.57	5.09
	1991	338(3)91AM	10	1221	12	122	10.20	2.45
	1992	354(3)92CP	55	6099	44	111	39.86	3.42
	1993	362(3)93CP	21	3875	33	105	17.65	1.16
1994	370(3)94CP	17	2893	24	170	14.29	0.51	
<i>Engraulis ringens</i>	1983	277(3)83CP	0	0	0	0	0.00	0.00
	1984	288(3)84CP	18	2165	44	120	36.73	10.21
	1985	299(3)85CP	80	461348	5492	5767	95.24	93.04
	1986	305(3)86CP	77	143469	1700	1063	91.67	82.51
	1987	310(3)87CP	47	39286	479	836	57.32	47.45
	1988	318(3)88CP	86	139427	1423	1621	87.76	72.62
	1989	326(3)89CP	72	294499	3005	4090	73.47	87.23
	1990	334(3)90CP	80	94935	969	1107	81.63	68.37
	1991	338(3)91AM	50	22360	228	447	51.02	44.87
	1992	354(3)92CP	100	110024	855	1100	72.46	66.27
	1993	362(3)93CP	111	275874	2310	2405	93.28	82.40
1994	370(3)94CP	100	517722	4351	4794	98.76	91.65	
<i>Trachurus surphyi</i>	1983	277(3)83CP	0	0	0	0	0.00	0.00
	1984	280(3)84CP	3	63	1	21	6.12	0.30
	1985	299(3)85CP	2	101	1	51	2.38	0.02
	1986	305(3)86CP	2	61	1	31	2.38	0.04
	1987	310(3)87CP	8	372	5	47	9.76	0.45
	1988	318(3)88CP	21	2449	25	117	21.43	1.28
	1989	326(3)89CP	6	430	4	73	6.12	0.13
	1990	334(3)90CP	0	0	0	0	0.00	0.00
	1991	338(3)91AM	2	112	1	56	2.04	0.22
	1992	354(3)92CP	34	3290	24	97	24.64	1.85
	1993	362(3)93CP	37	4540	38	123	31.09	1.36
1994	370(3)94CP	10	478	4	40	8.40	0.06	



Tabla 28

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas  
 Área Comparativa: Antofagasta - Coquimbo 0 - 100 m  
 Invierno: 1983 - 1994

E S P E C I E	Año	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
				Totales	Positivas		
<i>Sardinops sagax</i>	1983	14	5492	289	392	73.7	44.6
	1984	6	5317	133	886	15.0	25.7
	1986	6	927	46	155	30.0	4.0
	1987	16	2850	48	128	37.2	5.1
	1991	20	3584	53	179	29.4	14.3
	1993	20	1659	17	59	29.5	3.1
	1994	24	4230	37	176	20.9	2.3
	1983	0	0	0	0	0.0	0.0
	1984	22	1423	36	65	55.0	9.6
<i>Esgraulis ringens</i>	1986	14	16009	800	1144	70.0	68.8
	1987	33	22616	549	716	76.7	59.0
	1991	10	1015	15	0	14.7	4.0
	1993	42	9660	102	230	44.2	10.1
	1994	85	138691	1206	1632	73.9	76.6
	1983	0	0	0	0	0.0	0.0
	1984	0	0	0	0	0.0	0.0
	1986	0	0	0	0	0.0	0.0
	1987	5	504	12	101	11.6	1.3
<i>Trechurus surpayi</i>	1991	0	0	0	0	0.0	0.0
	1993	5	303	3	61	5.3	0.6
	1994	28	2856	25	102	24.3	1.6

Tabla 29

Rangos de volumen y biomasa del zooplancton en invierno de los años 1991-1994  
 Área Comparativa: Sur Antofagasta - Coquimbo

ANO	CRUCERO	RANGO LATITUDINAL	N	RANGO	PROMEDIO
1991	338(3)91AM	24°10' - 27°55'	68	9 - 287	73
1992	354(3)92CP	24°02' - 24°02'	7	47 - 188	104
1993	362(3)93CP	24°00' - 29°40'	59	28 - 414	104
1994	370(3)94CP	24°00' - 29°50'	115	32 - 1681	366

Tabla 30. Varianzas de la razón ( $\hat{V}(\hat{R})$ ) entre ( $S^2$ ) y dentro ( $S^2_2$ ) de las transectas para sardina española (IBM's= 0,5 mn).

ZONA	$S^2_2$ $\times 10^3$	$S^2$ $\times 10^9$	$V(R)$ $\times 10^3$
Arica-punta Amarilla	595,61	8,931	604,5
punta Amarilla-Caldera	407,28	5,565	412,8
Caldera-Coquimbo	213,59	1,097	214,6

Tabla 31. Varianzas de la razón ( $\hat{V}(\hat{R})$ ) entre ( $S^2$ ) y dentro ( $S^2_2$ ) de las transectas para sardina española (IBM's = 1 mn).

ZONA	$S^2_2$ $\times 10^3$	$S^2$ $\times 10^3$	$V(R)$ $\times 10^3$
Arica-punta Amarilla	336,28	8,92	345,19
punta Amarilla-Caldera	225,94	5,55	231,49
Caldera-Coquimbo	106,09	1,10	107,19

Tabla 32. Varianzas de la razón ( $\hat{V}(\hat{R})$ ) entre ( $S^2$ ) y dentro ( $S^2_2$ ) de las transectas para anchoveta (IBM's = 0,5 mn).

ZONA	$S^2_2$ $\times 10^3$	$S^2$ $\times 10^3$	$V(R)$ $\times 10^3$
Arica-punta Amarilla	1881,92	215,54	2097,46
punta Amarilla-Caldera	1093,11	20,35	1113,47
Caldera-Coquimbo	1,25	0,02	1,27

Tabla 33. Varianzas de la razón  $(\hat{V}(\hat{R}))$  entre  $(S^2)$  y dentro  $(S^2_2)$  de las transectas para anchoveta (IBM's = 1 mn).

ZONA	$S^2_2$ $\times 10^3$	$S^2$ $\times 10^3$	$V(R)$ $\times 10^3$
Arica-punta Amarilla	1737,19	214,73	1951,92
punta Amarilla-Caldera	663,51	20,37	683,88
Caldera-Coquimbo	0,92	0,02	0,94

Tabla 34. Varianzas de la razón  $(\hat{V}(\hat{R}))$  entre  $(S^2)$  y dentro  $(S^2_2)$  de las transectas para el jurel (IBM's = 0,5 mn).

ZONA	$S^2_2$ $\times 10^9$	$S^2$ $\times 10^9$	$V(R)$ $\times 10^3$
Arica-punta Amarilla	143,74	1,04	144,78
punta Amarilla-Caldera	76,14	1,04	77,19
Caldera-Coquimbo	76,89	0,72	77,62

Tabla 35. Varianzas de la razón  $(\hat{V}(\hat{R}))$  entre  $(S^2)$  y dentro  $(S^2_2)$  de las transectas para jurel (IBM's = 1 mn).

ZONA	$S^2_2$ $\times 10^9$	$S^2$ $\times 10^9$	$V(R)$ $\times 10^3$
Arica-punta Amarilla	74,32	1,04	75,36
punta Amarilla-Caldera	59,57	1,05	60,61
Caldera-Coquimbo	46,26	0,72	46,98

**FIGURAS**

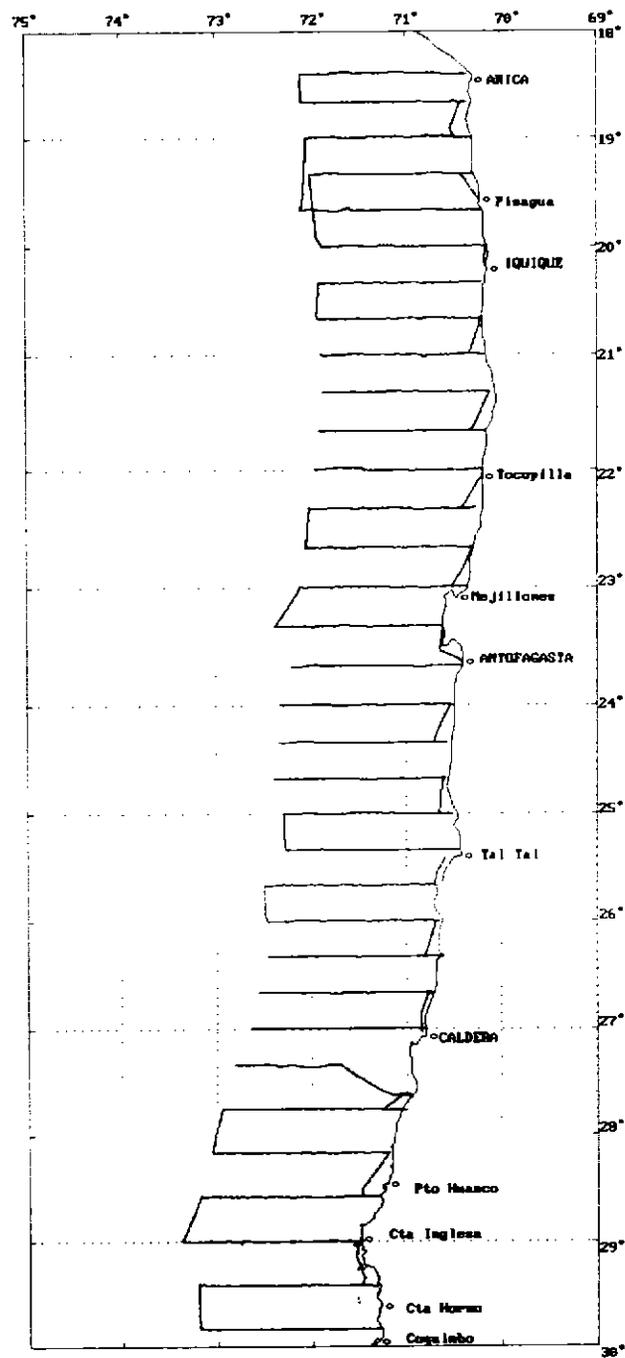


Fig. 1.- Red de transectas realizadas. Crucero PELANOR 9408-09.

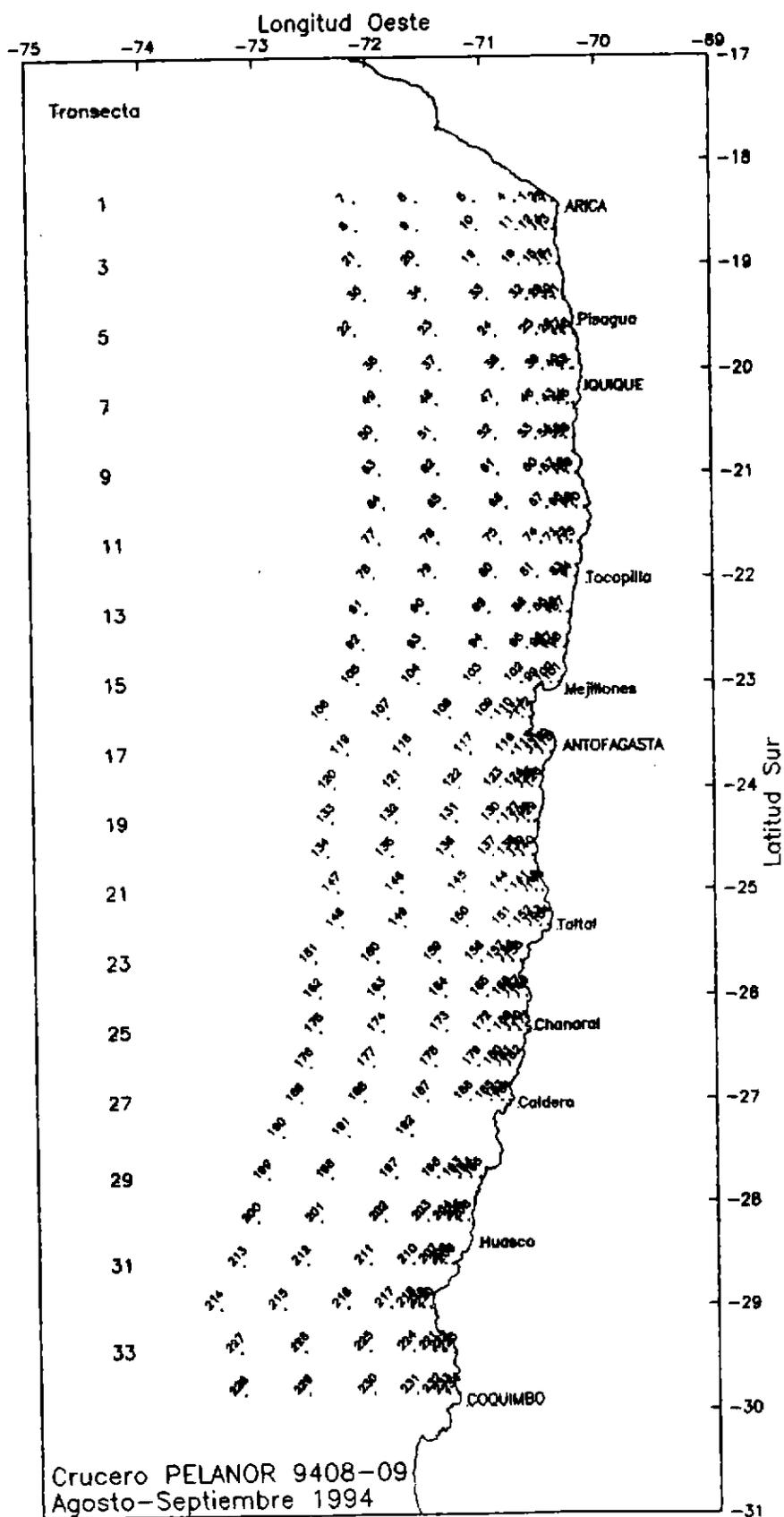


Figura 2. Ubicación de transectas y estaciones bio-oceanográficas, zona Arica-Caldera. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

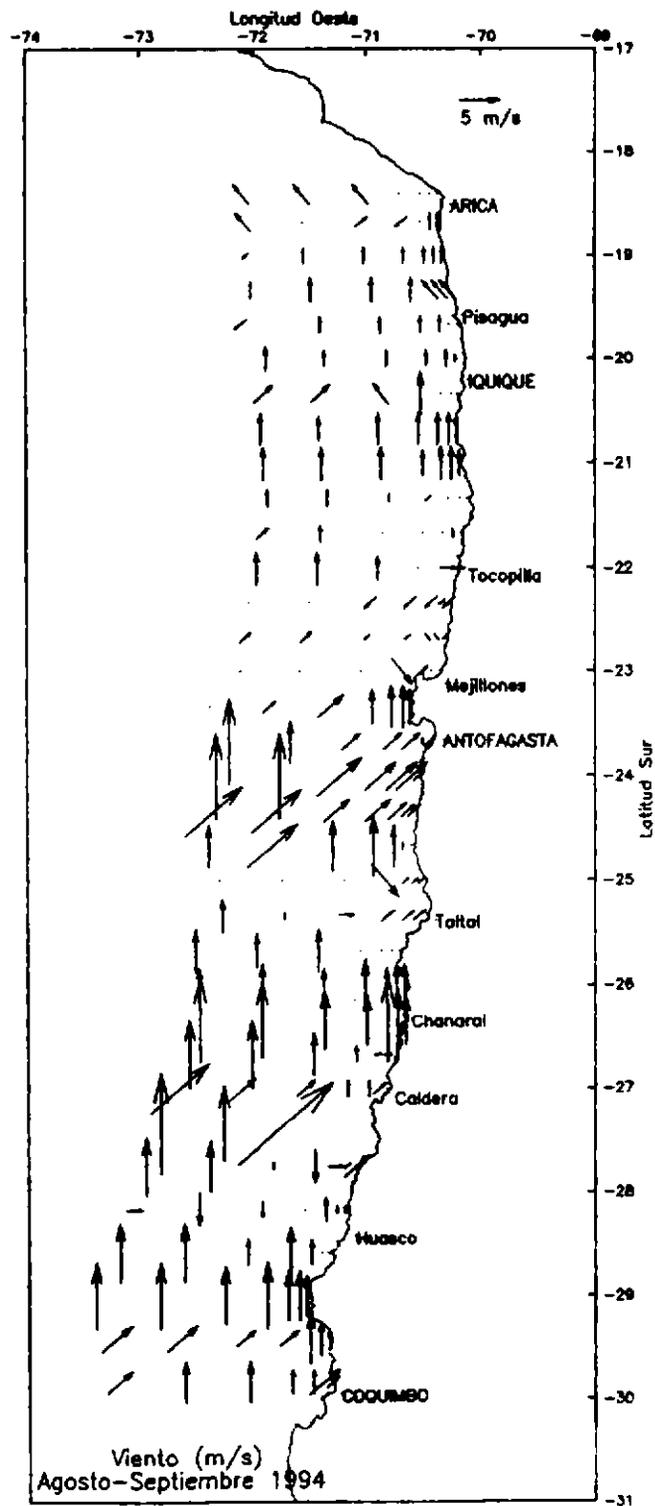


Figura 3. Dirección e intensidad (m/s) del viento registrado en las estaciones oceanográficas. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

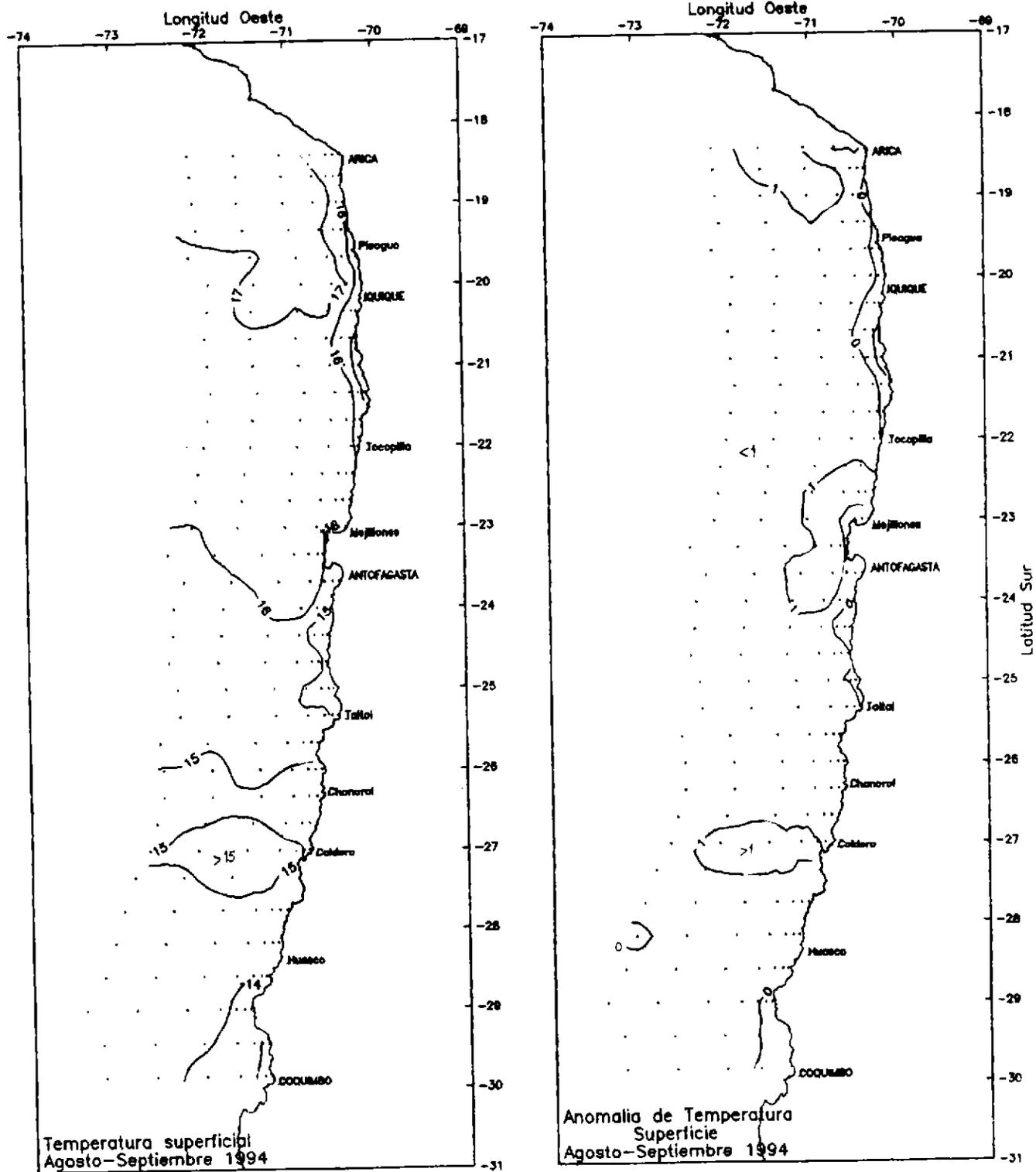


Figura 4. Distribución superficial de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y b) anomalía de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

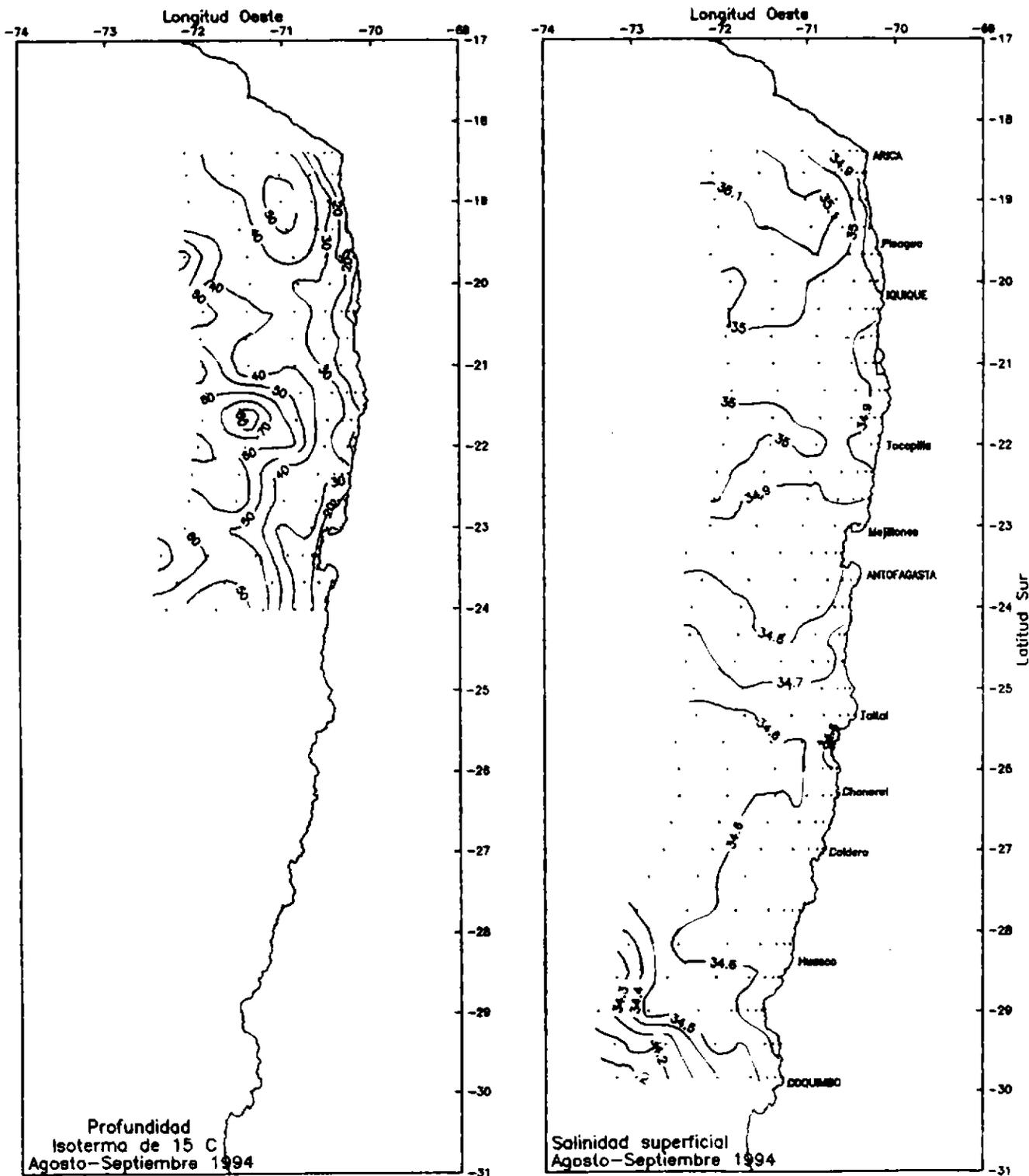


Figura 5. Distribución de a) profundidad (m) de la isoterma de 15° (°C) y b) salinidad superficial. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

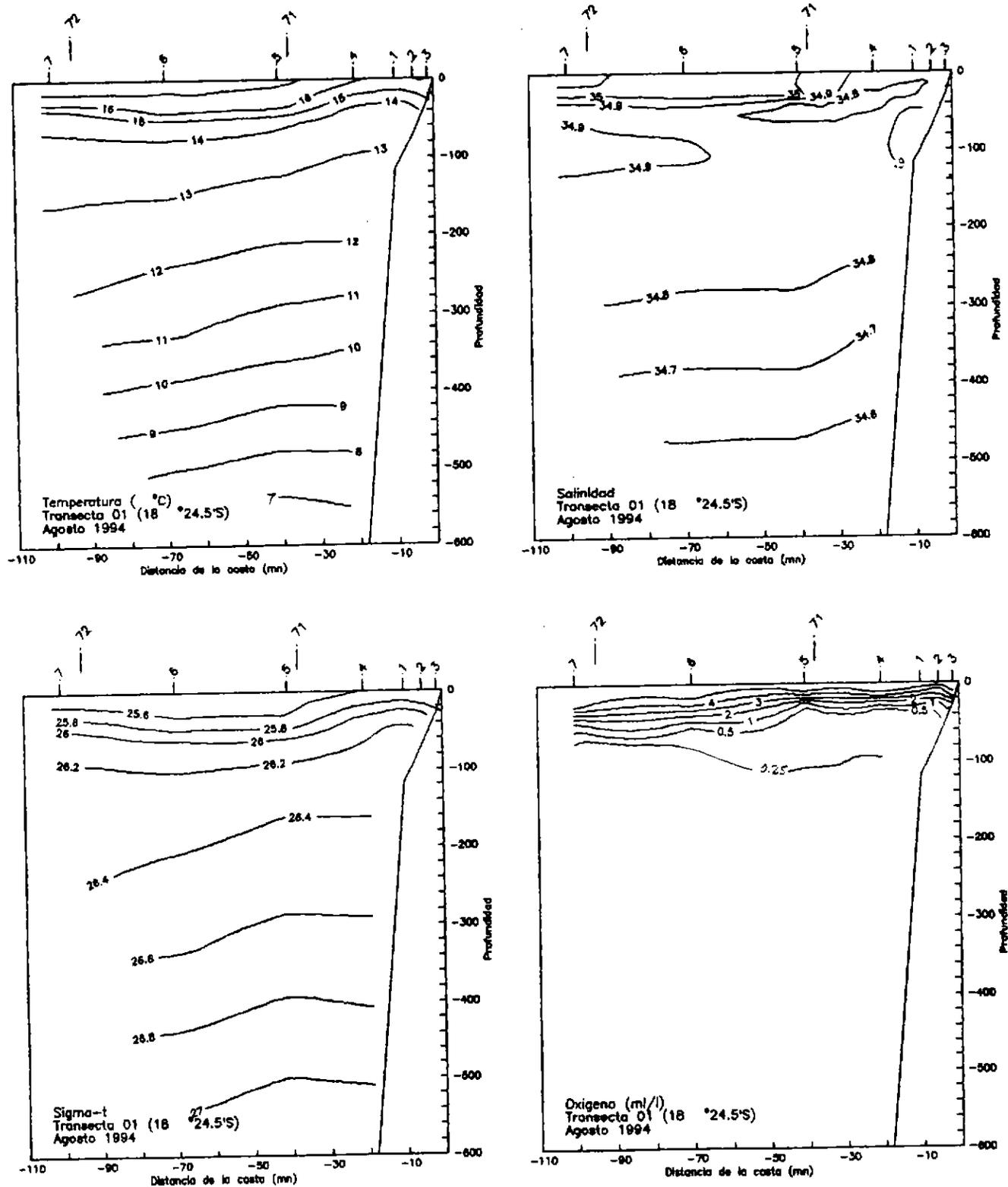


Figura 6. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 1. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

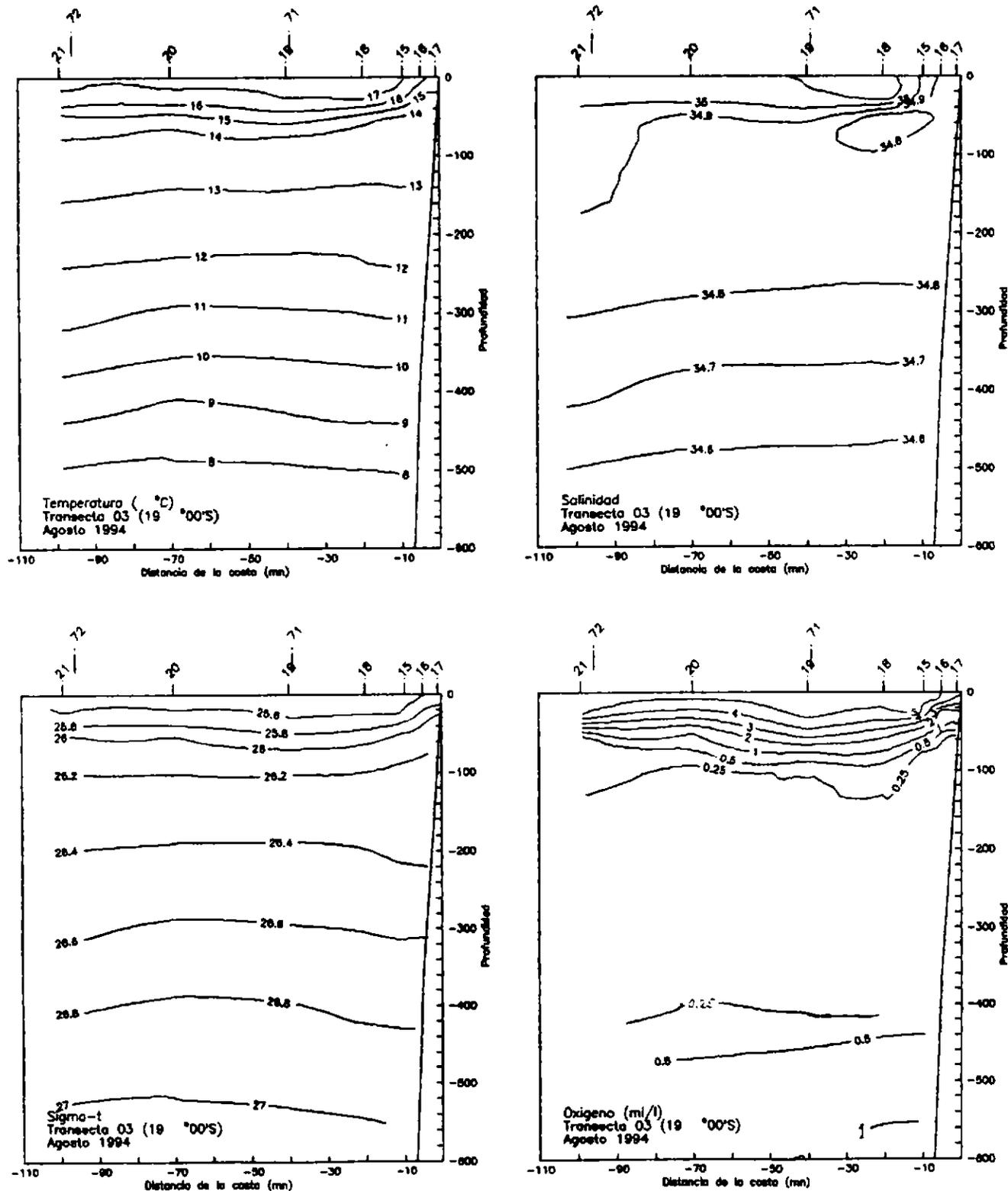


Figura 7. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 3. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

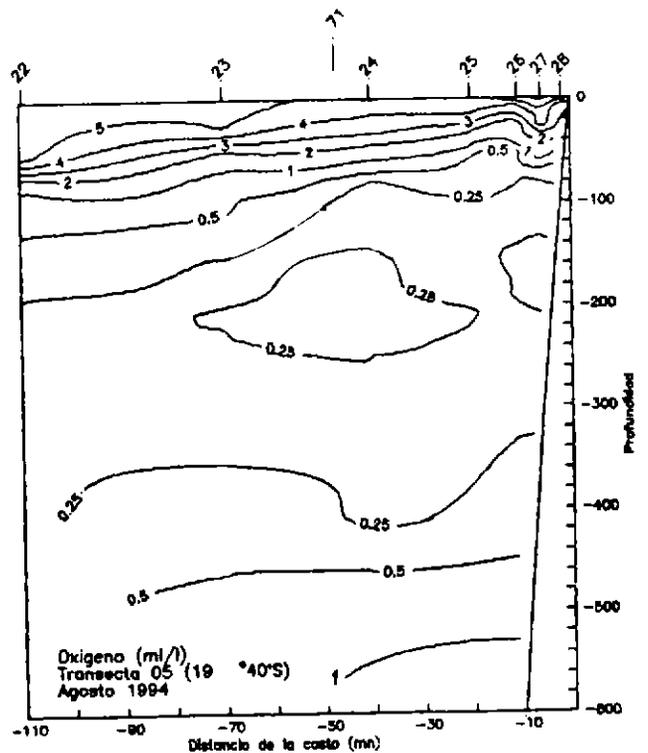
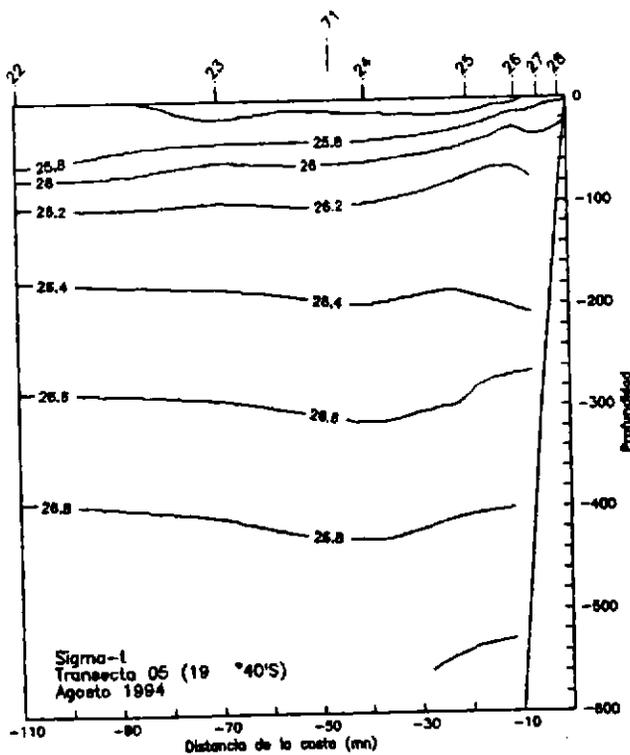
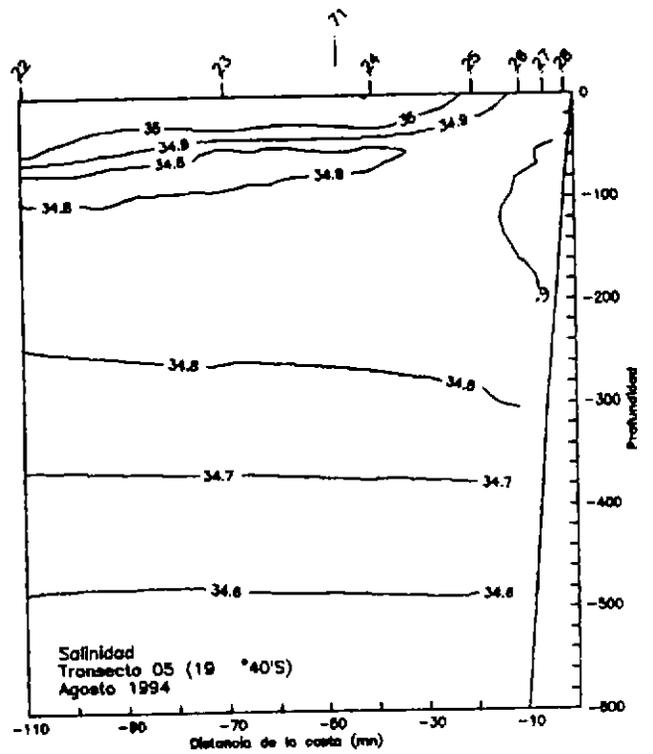
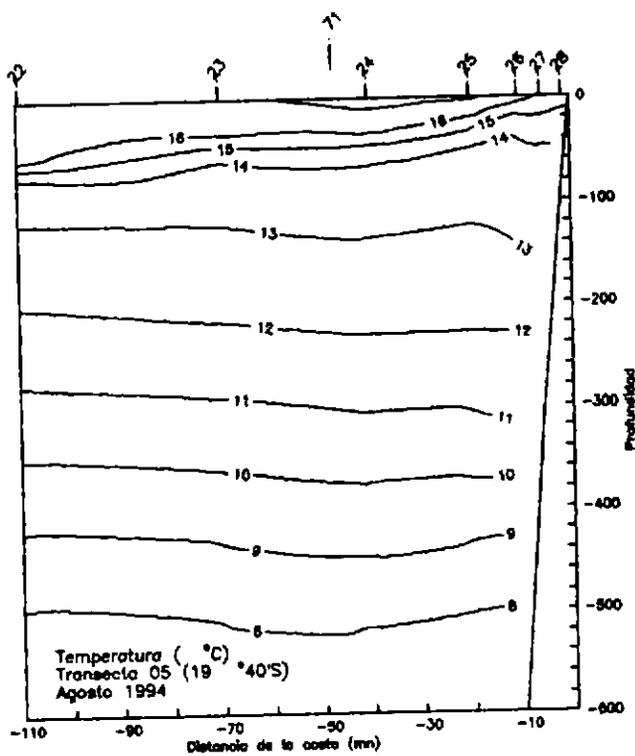


Figura 8. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 5. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

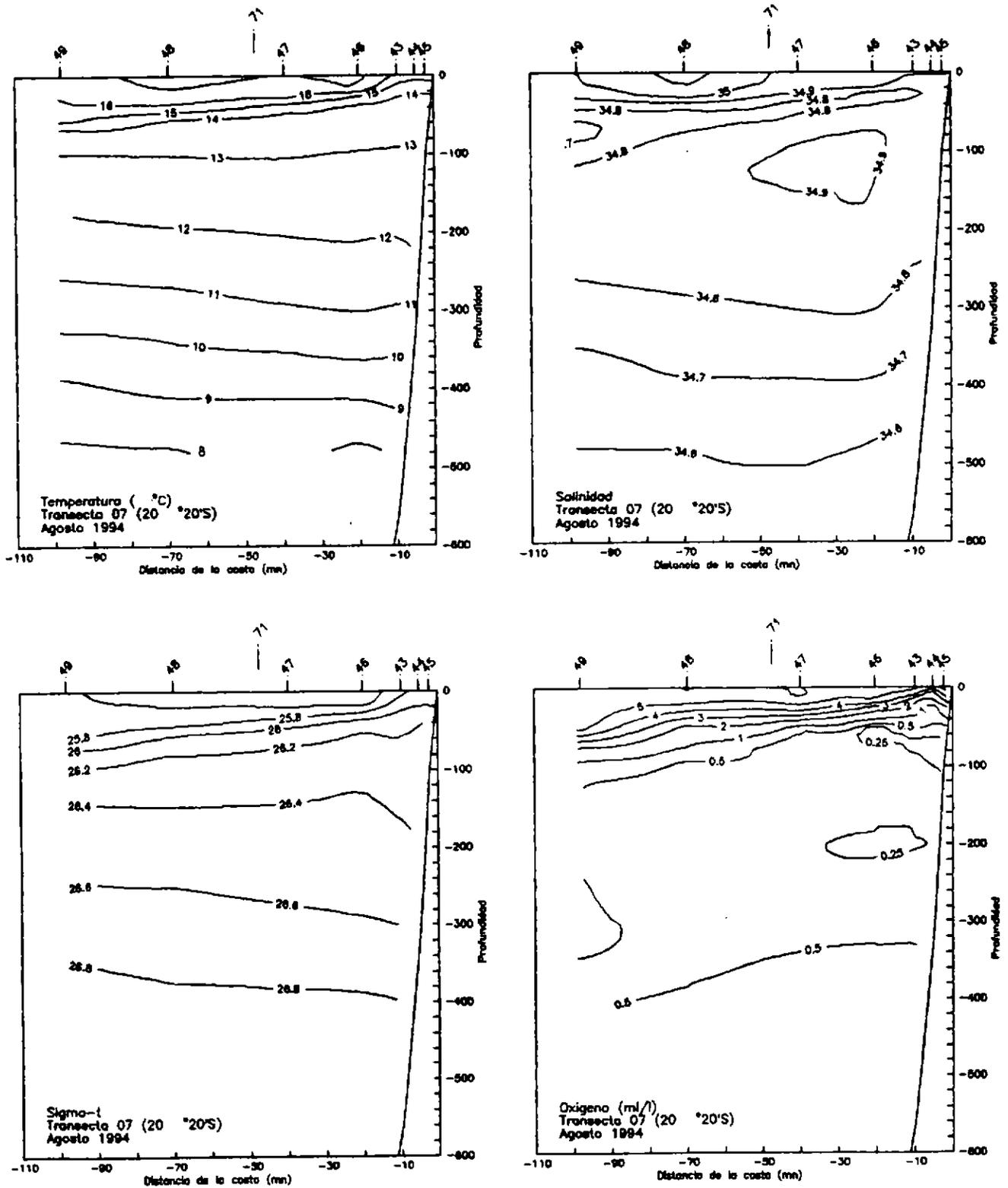


Figura 9. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 7. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

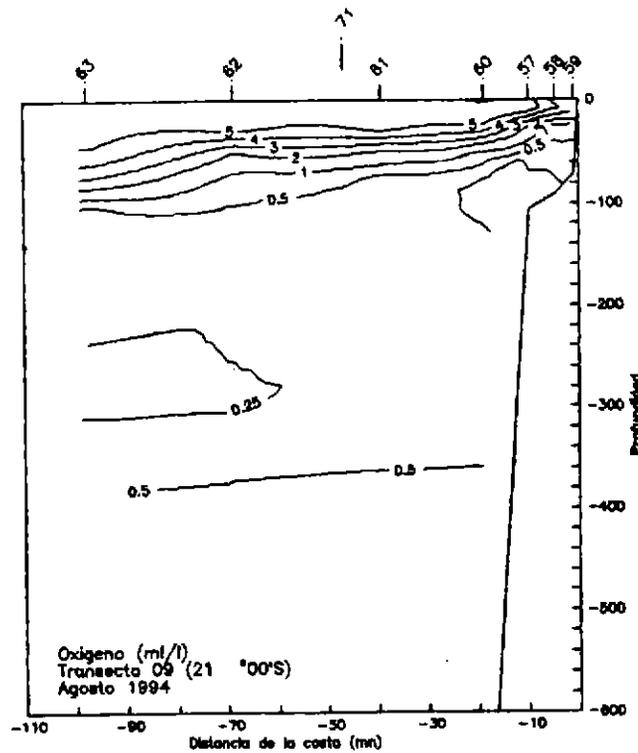
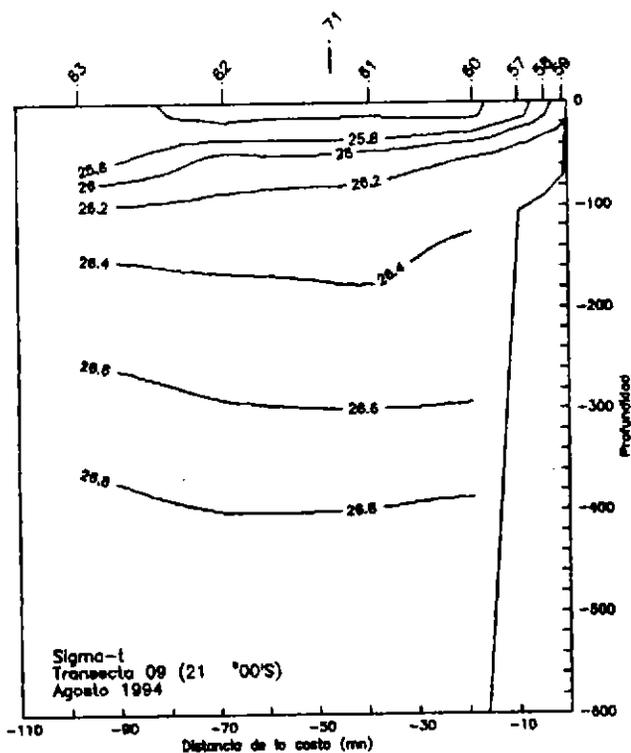
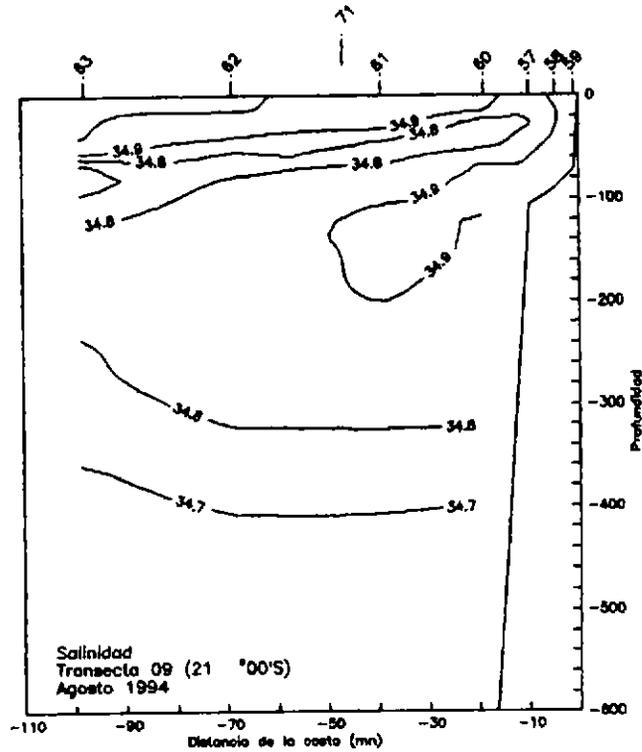
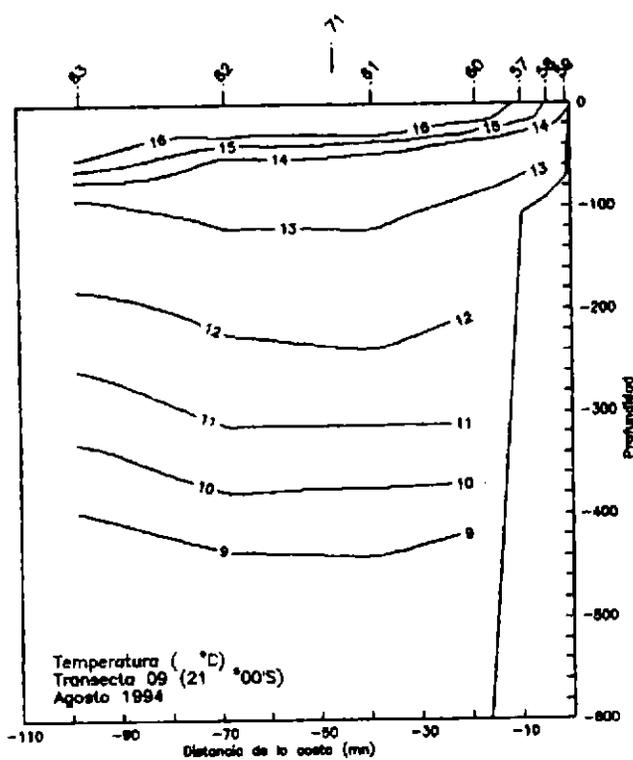


Figura 10. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 9. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

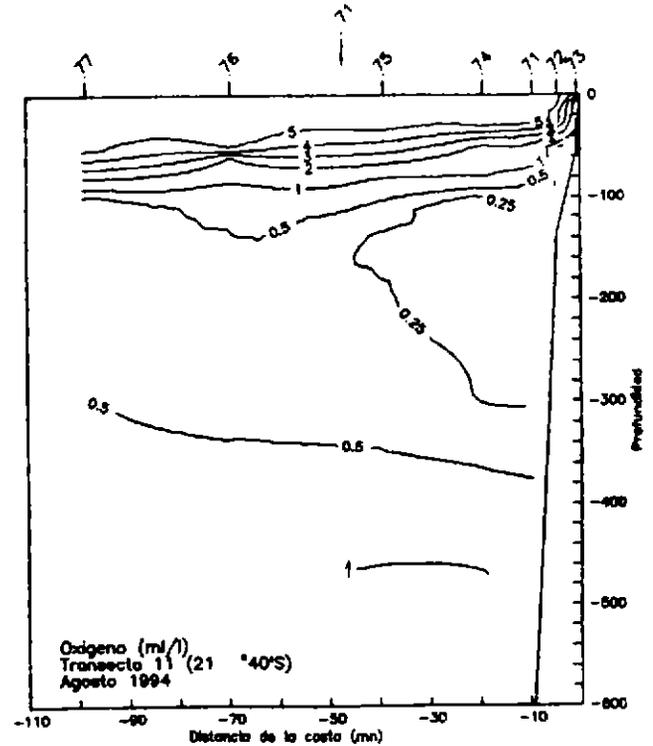
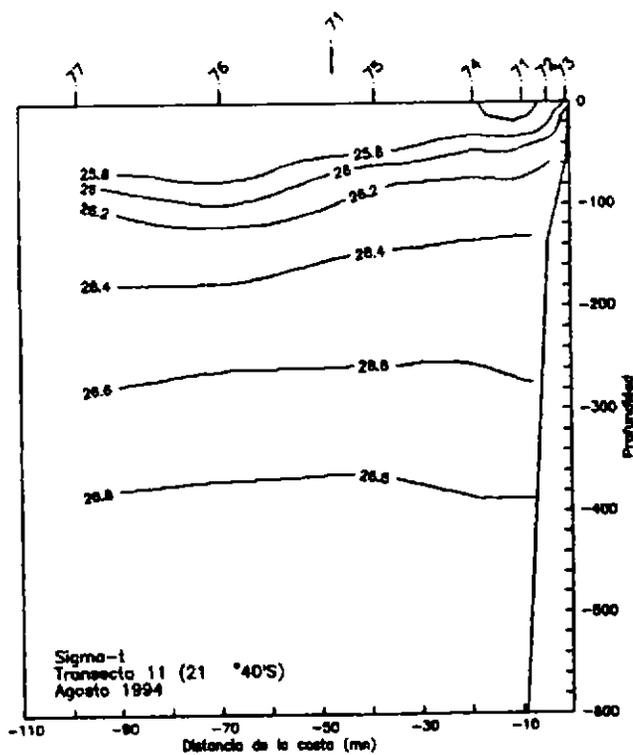
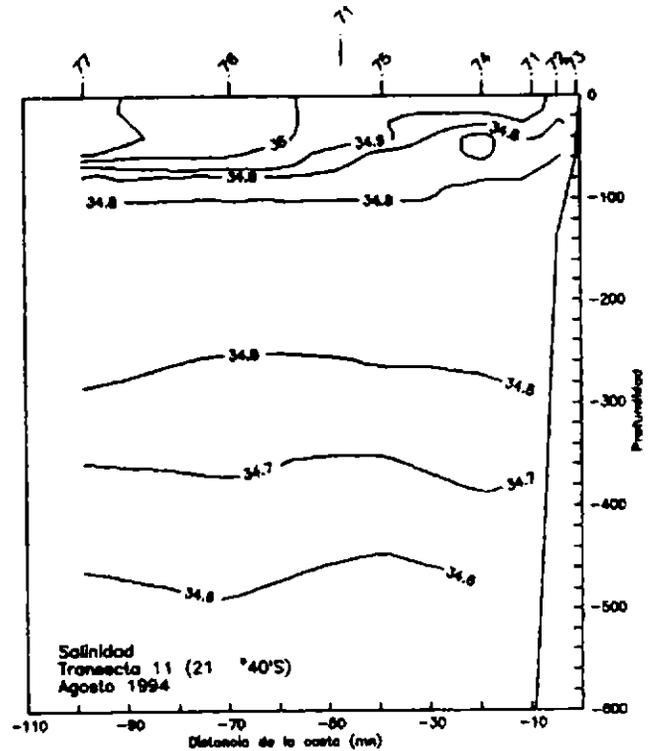
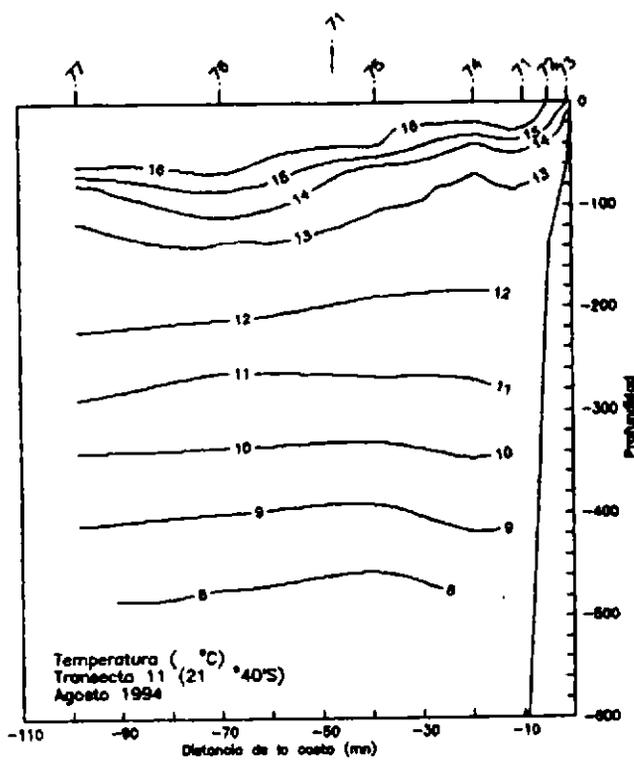


Figura 11. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 11. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

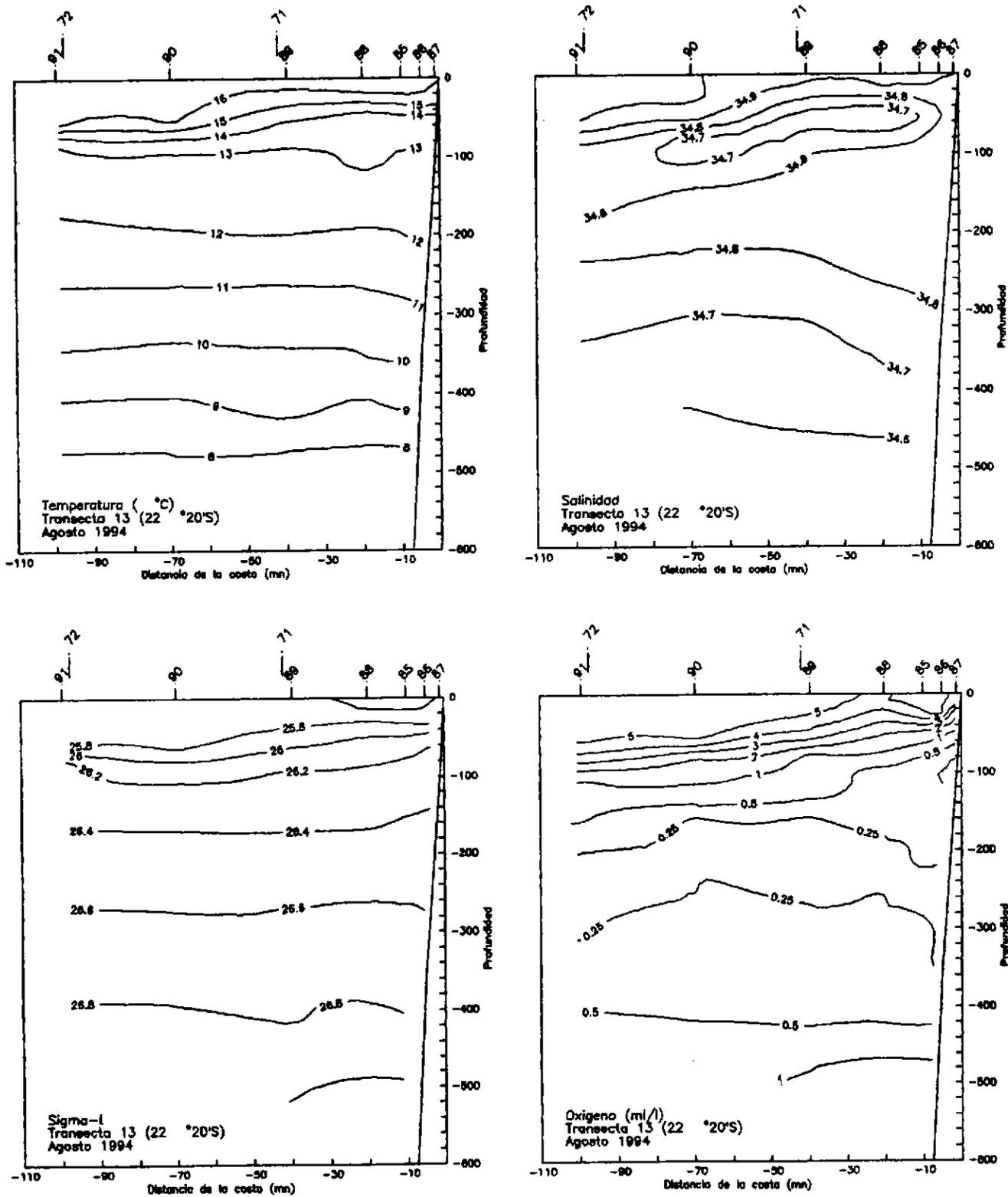


Figura 12. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 13. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

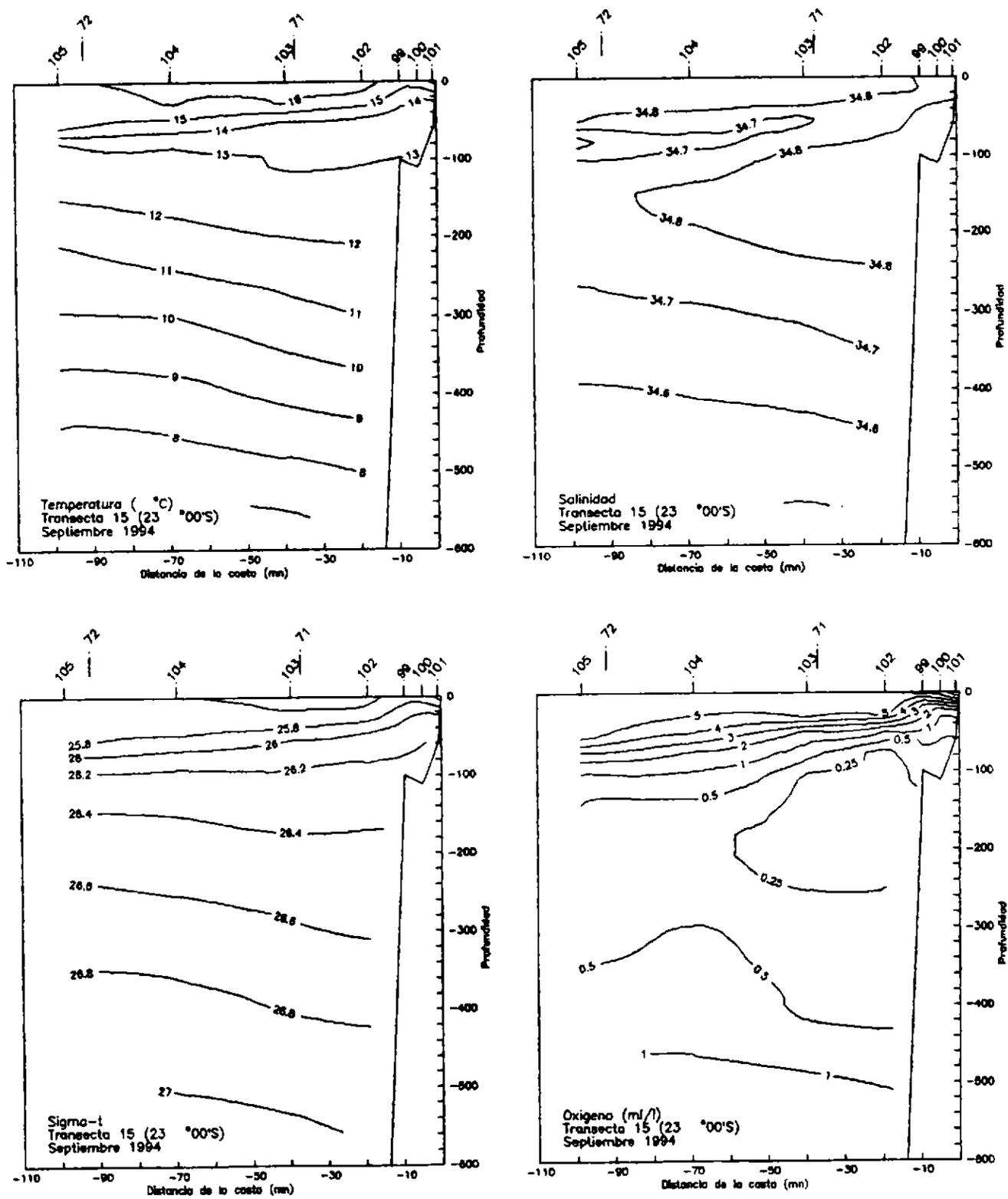


Figura 13. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 15. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

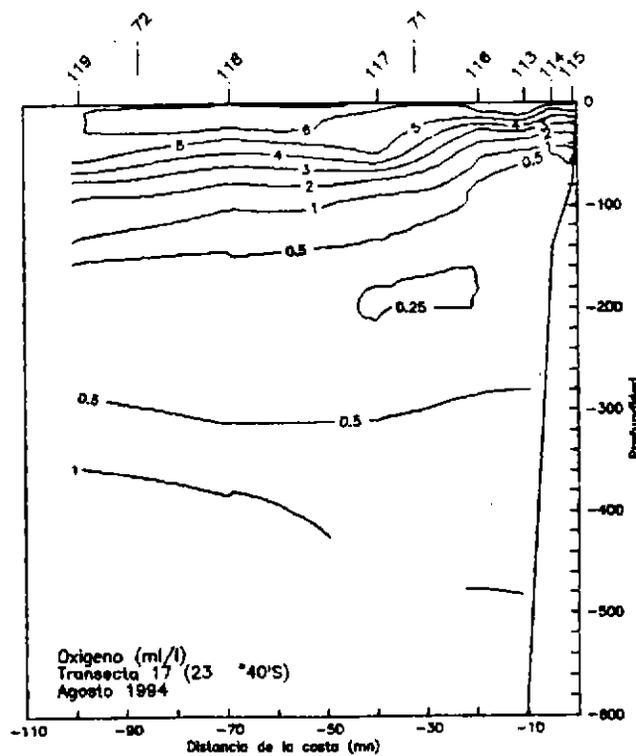
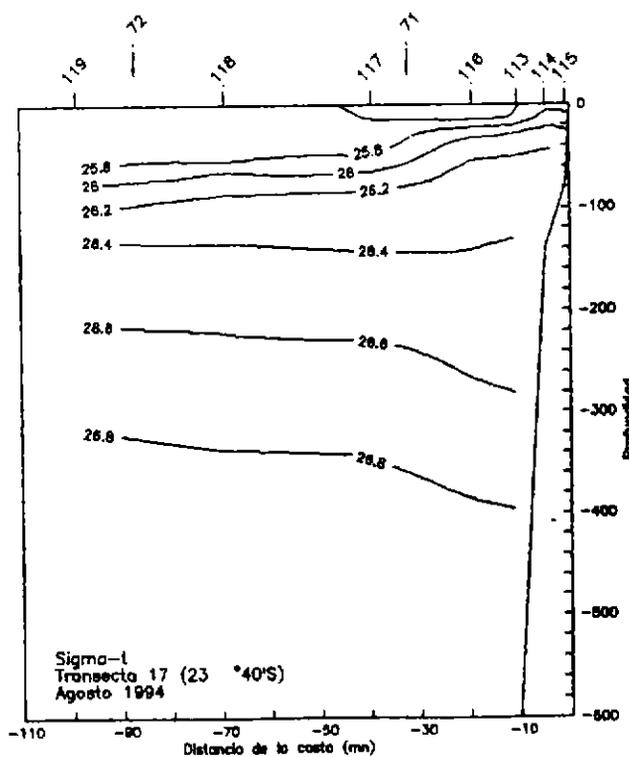
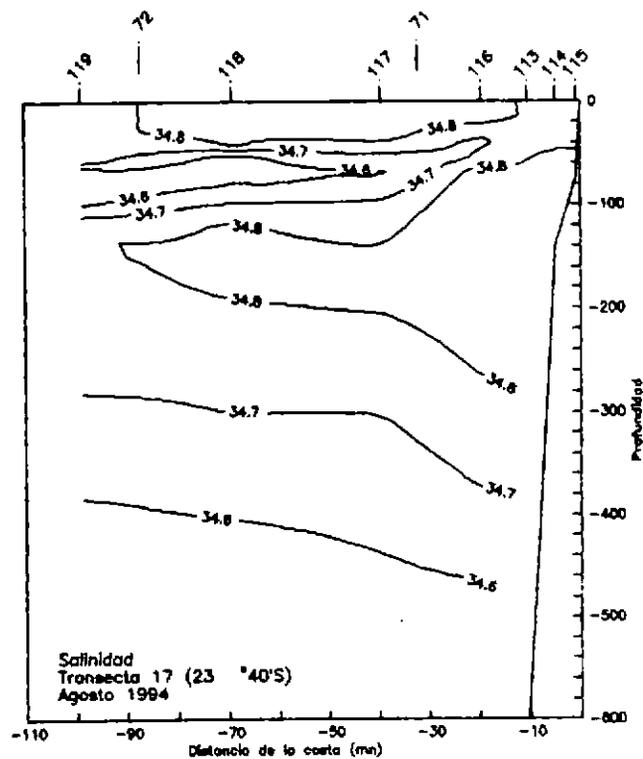
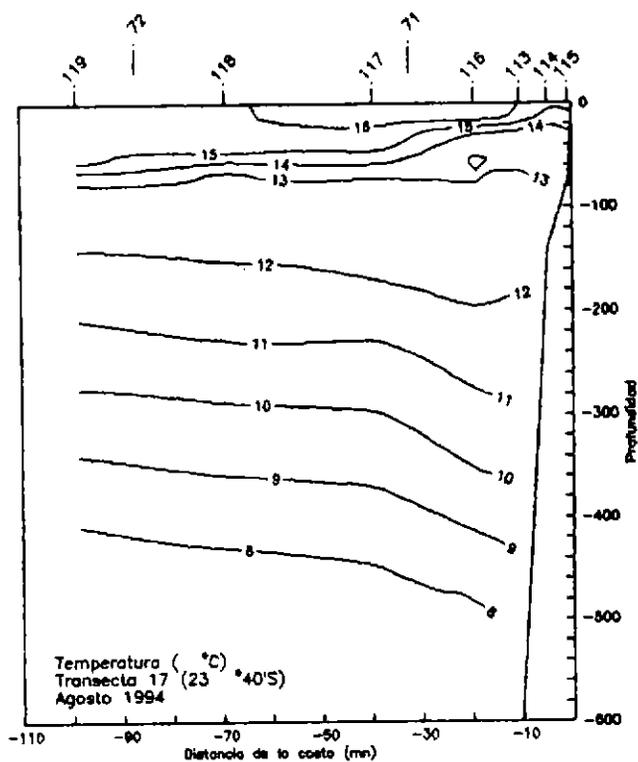


Figura 14. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 17. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

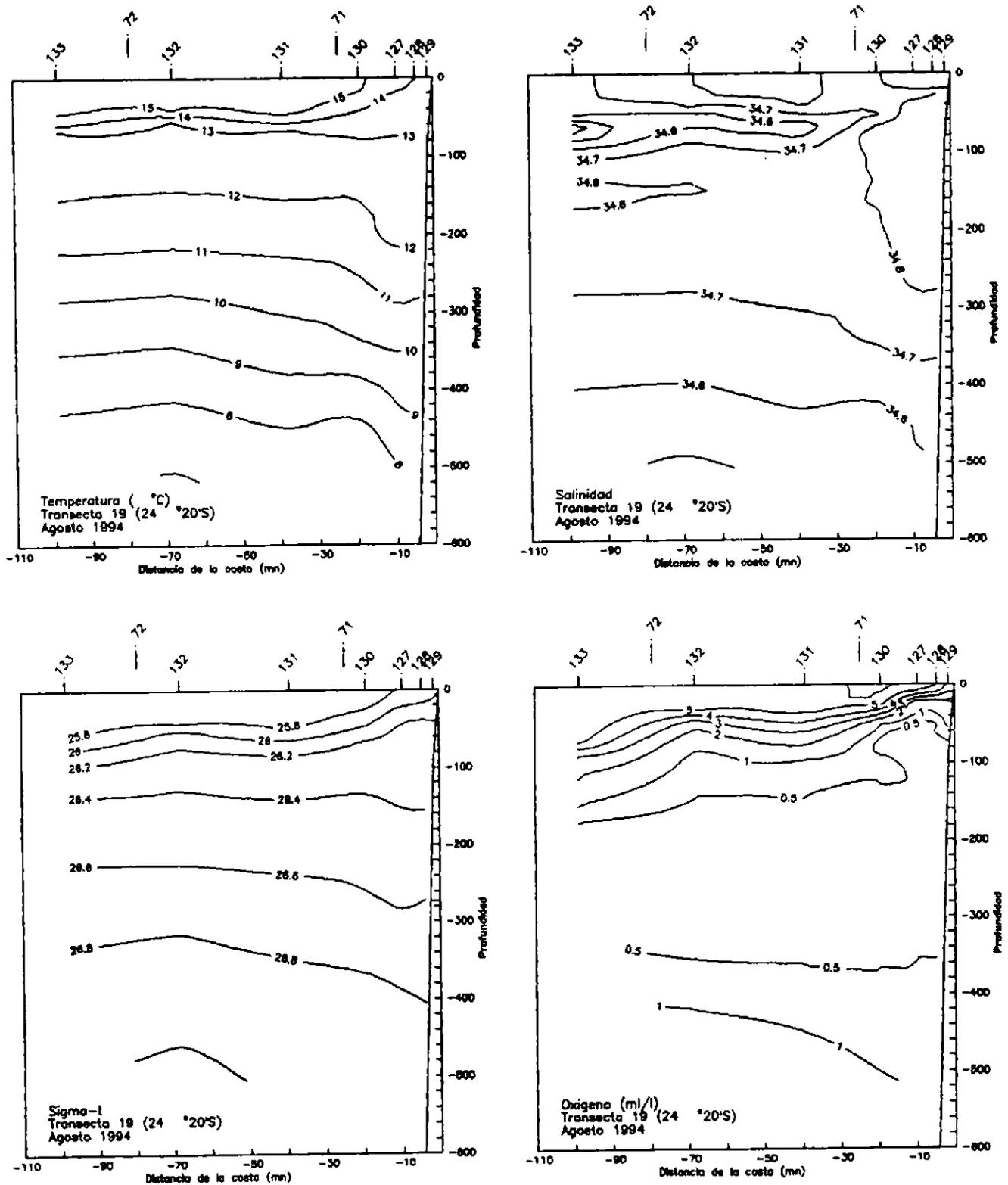


Figura 15. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 19. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

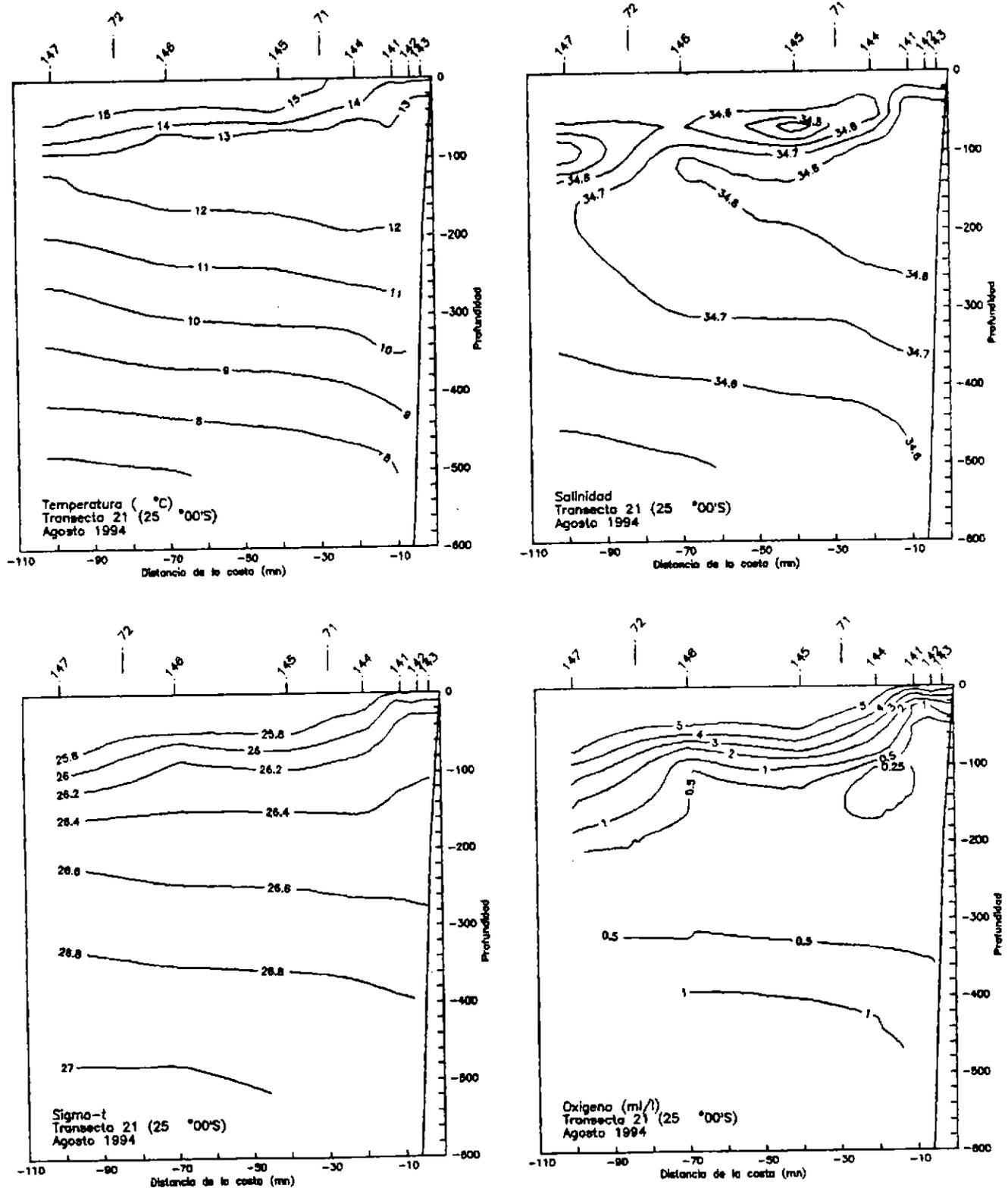


Figura 16. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 21. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

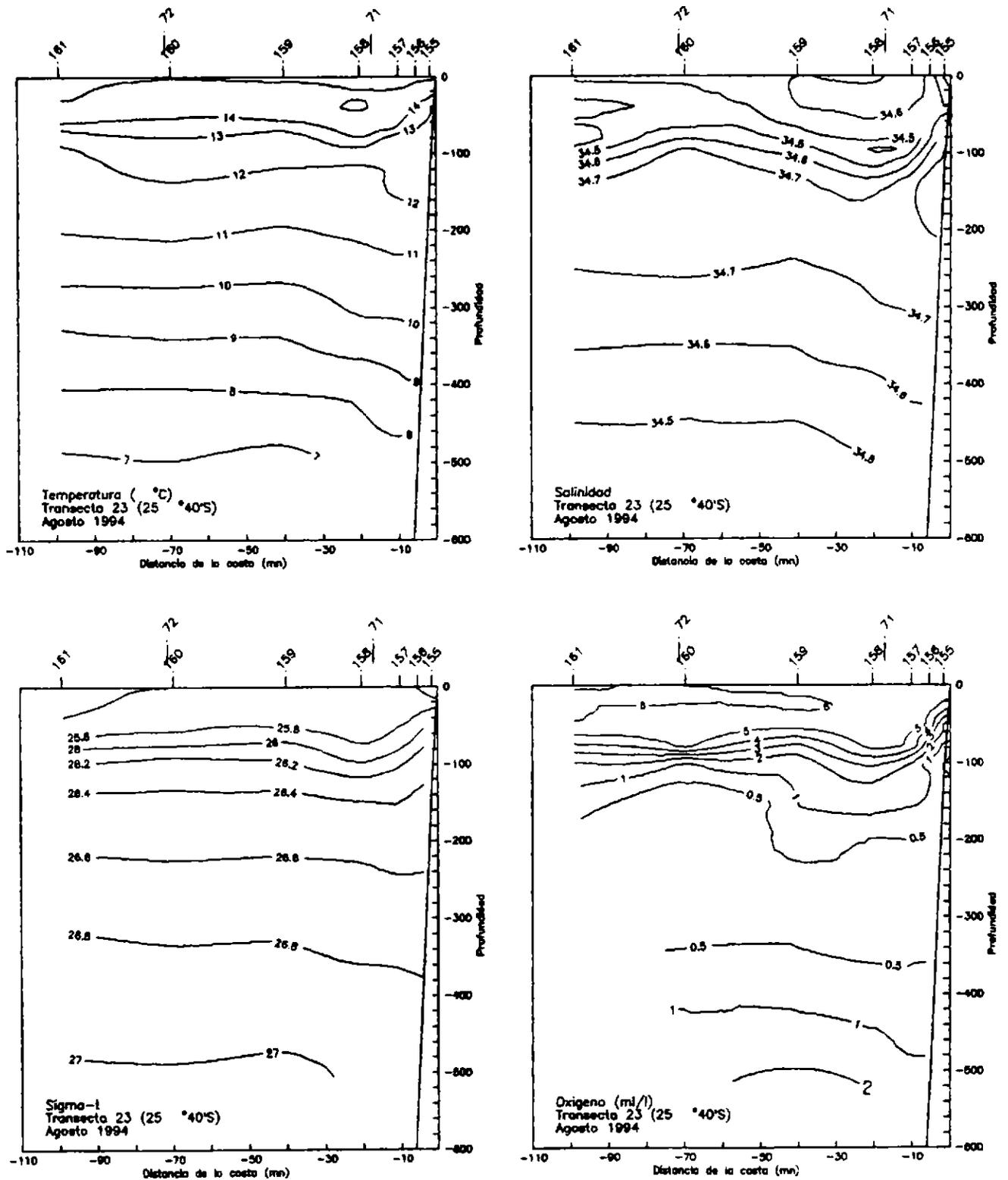


Figura 17. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 23. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

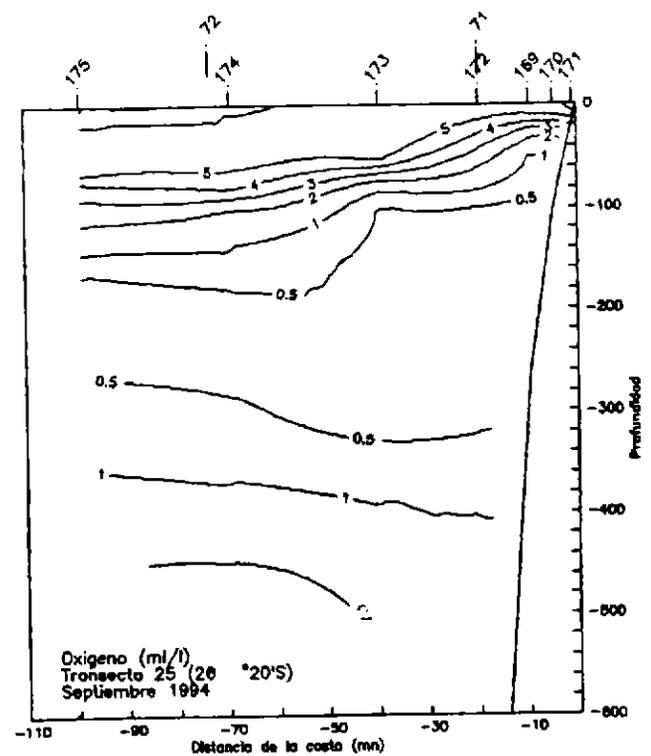
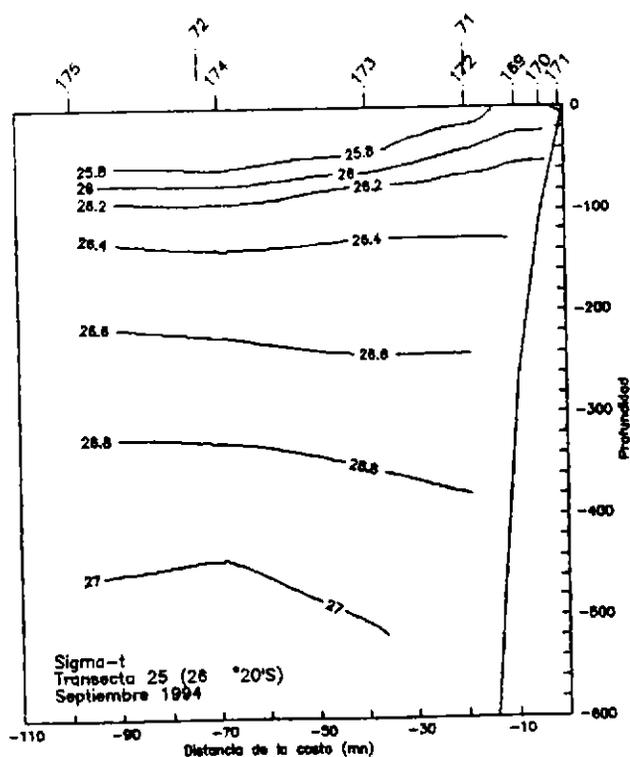
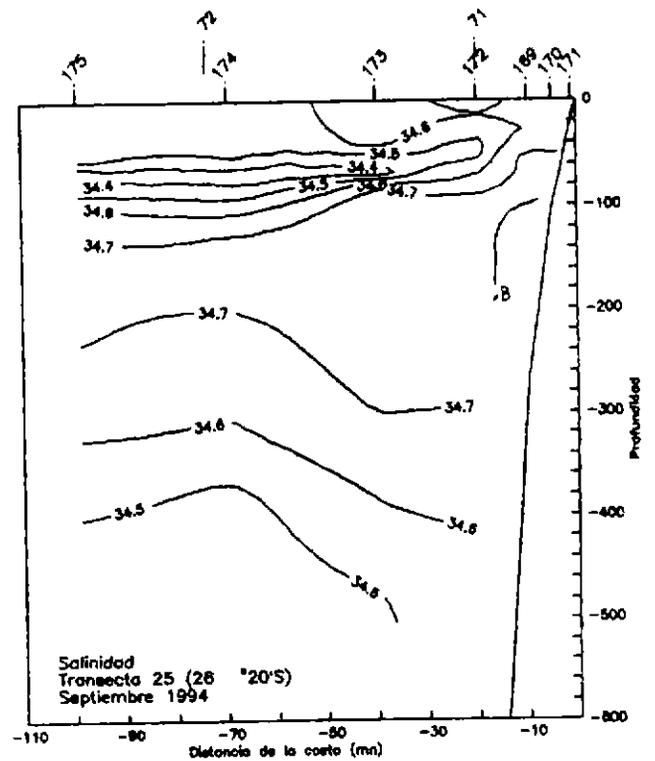
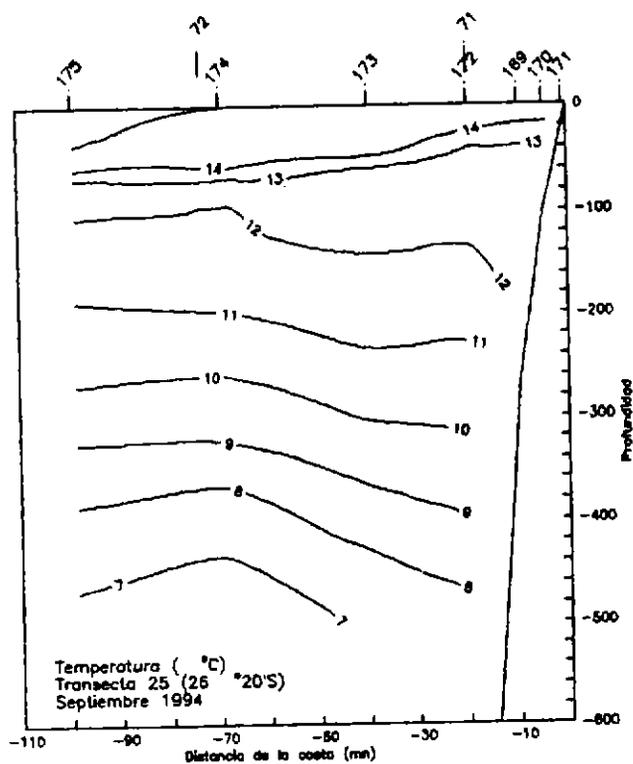


Figura 18. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 25. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

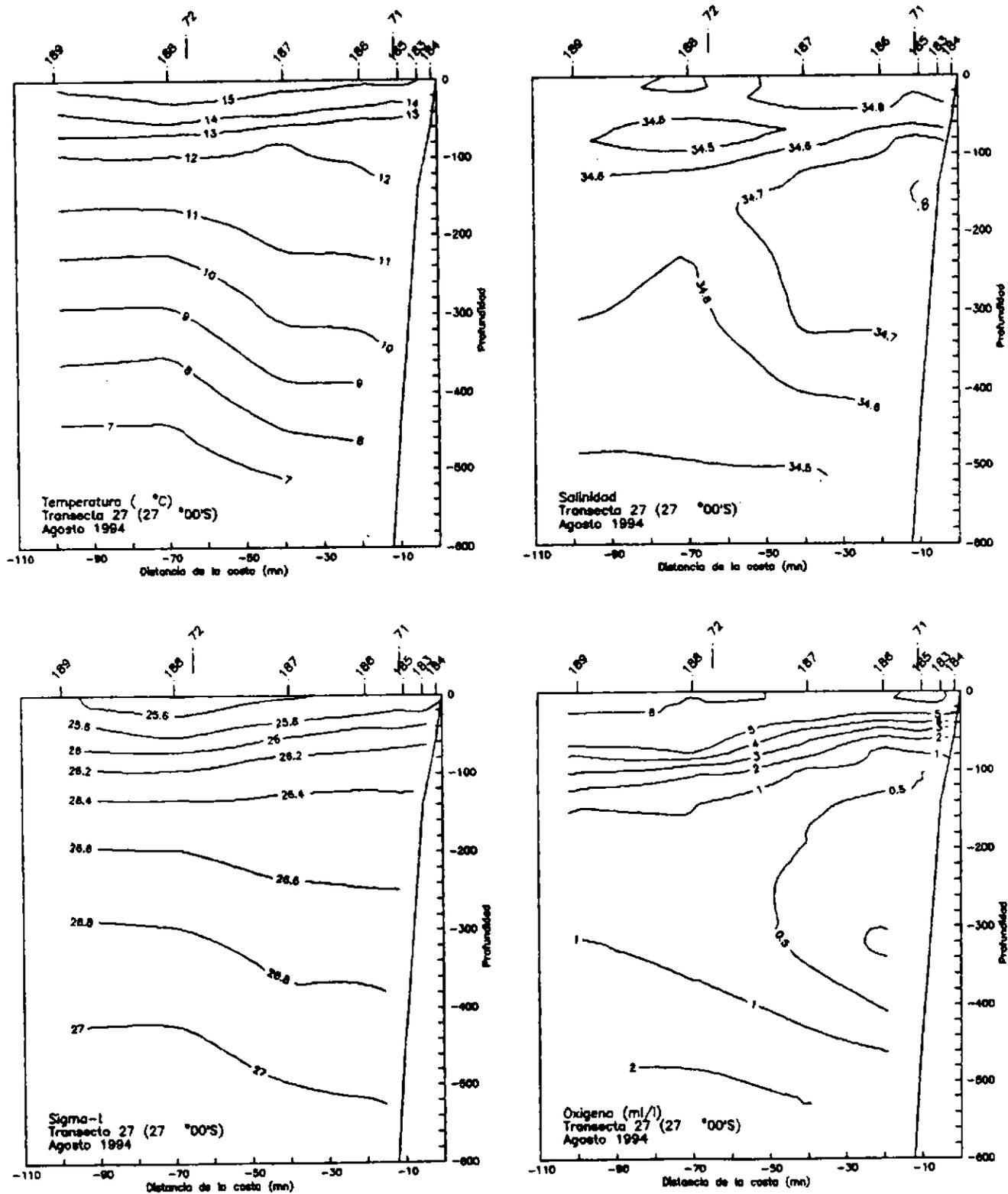


Figura 19. Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 27. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

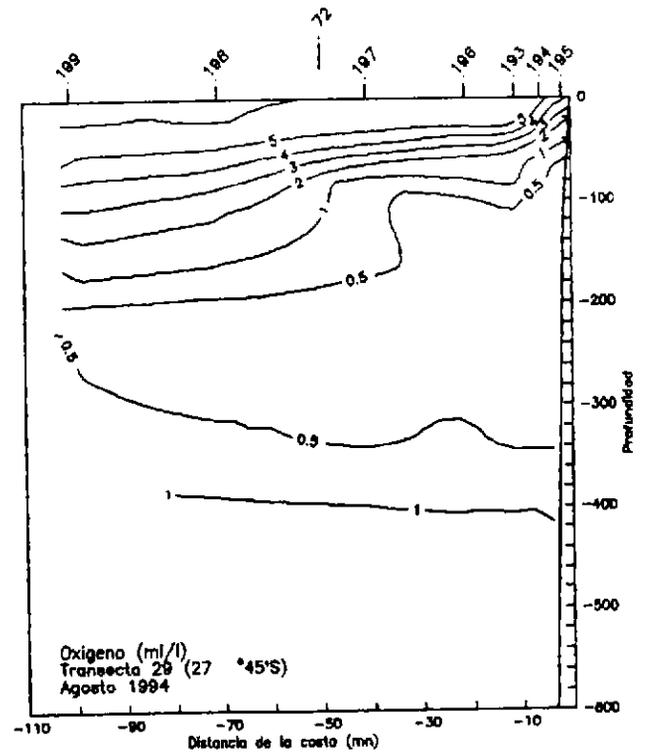
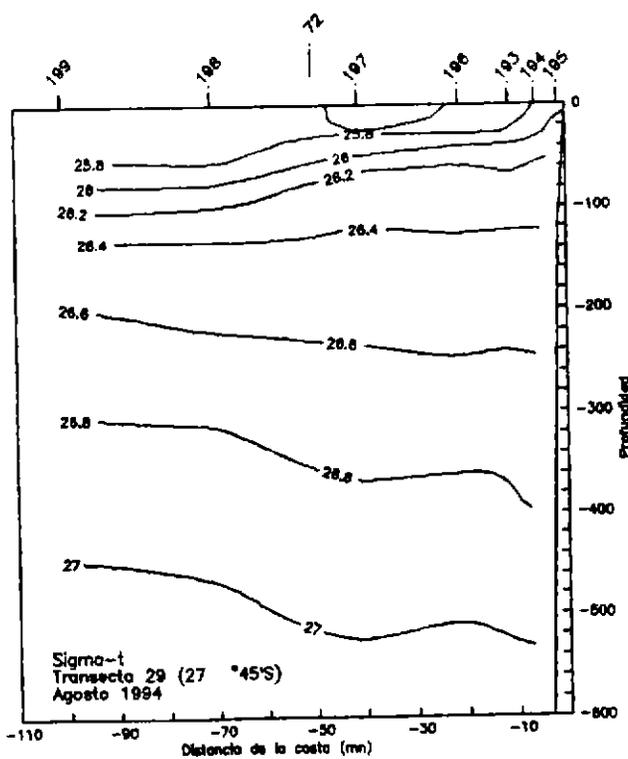
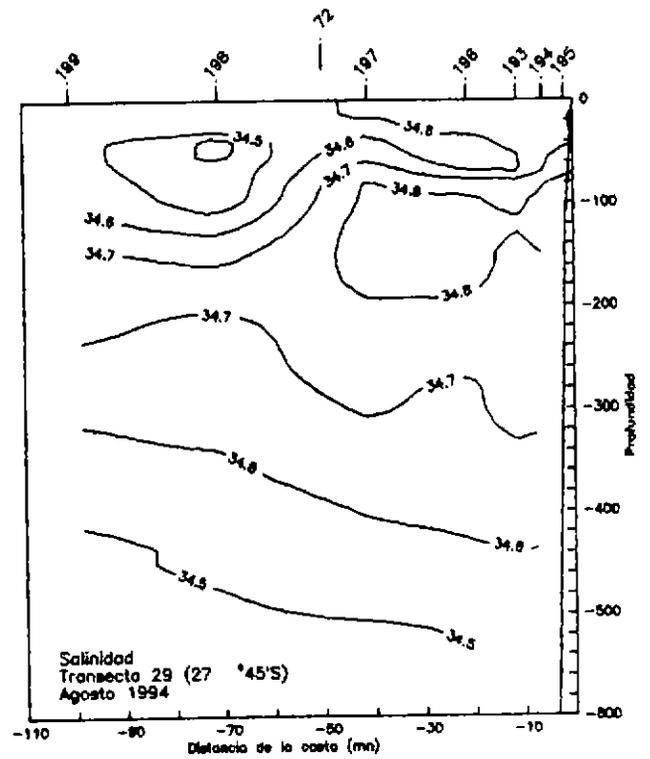
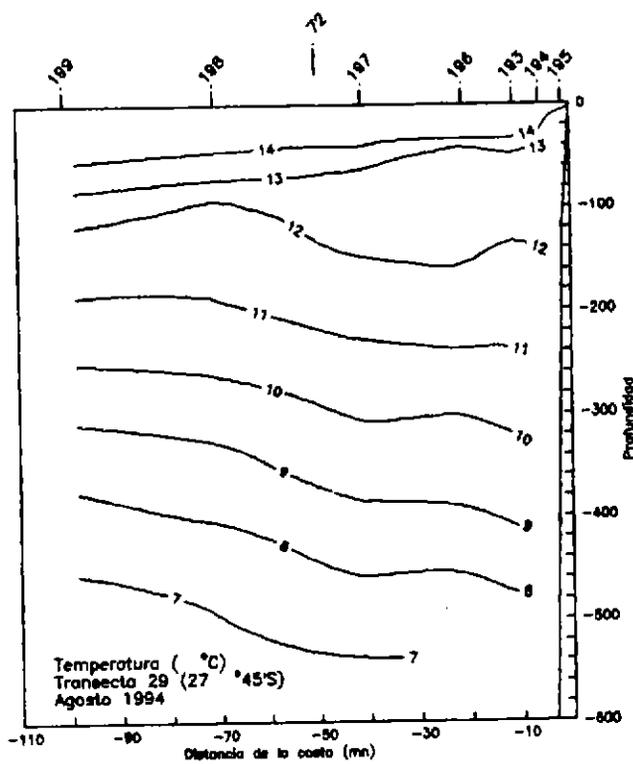


Figura 20. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 29. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

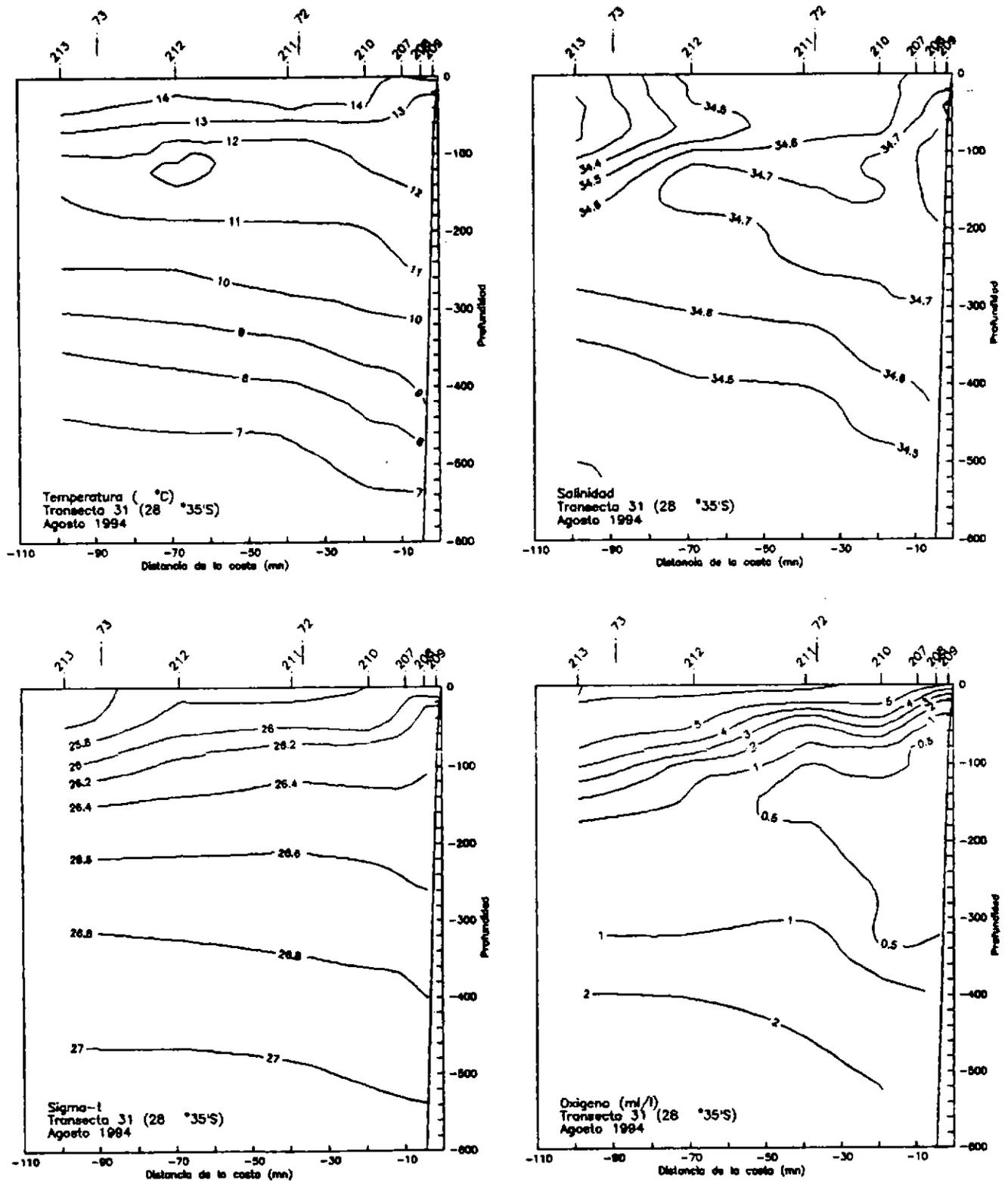


Figura 21. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 31. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

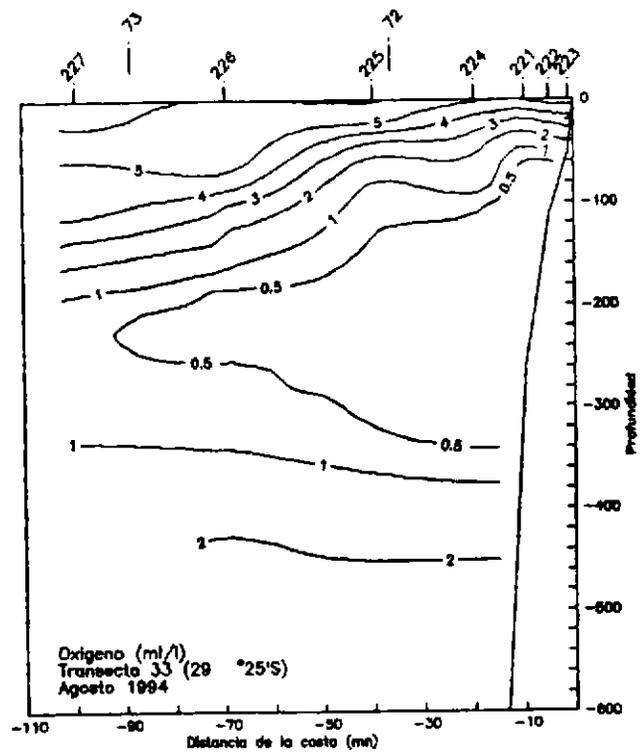
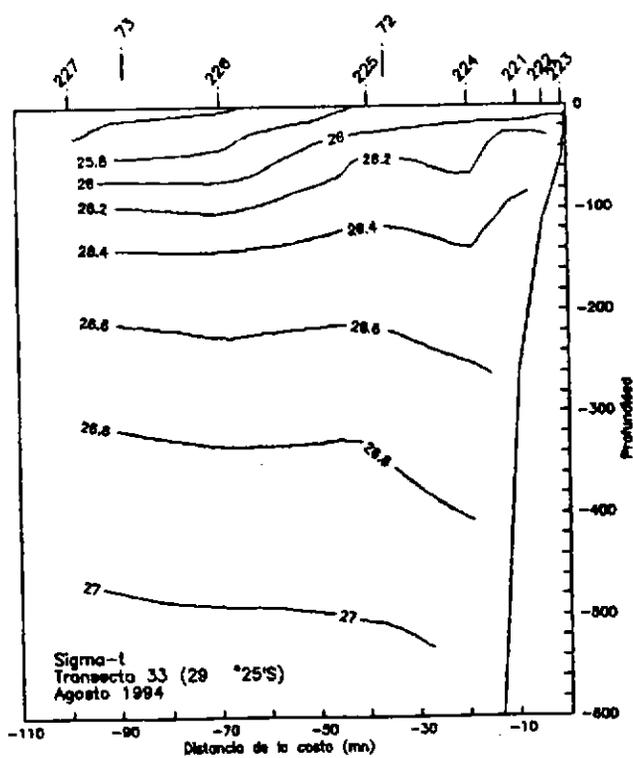
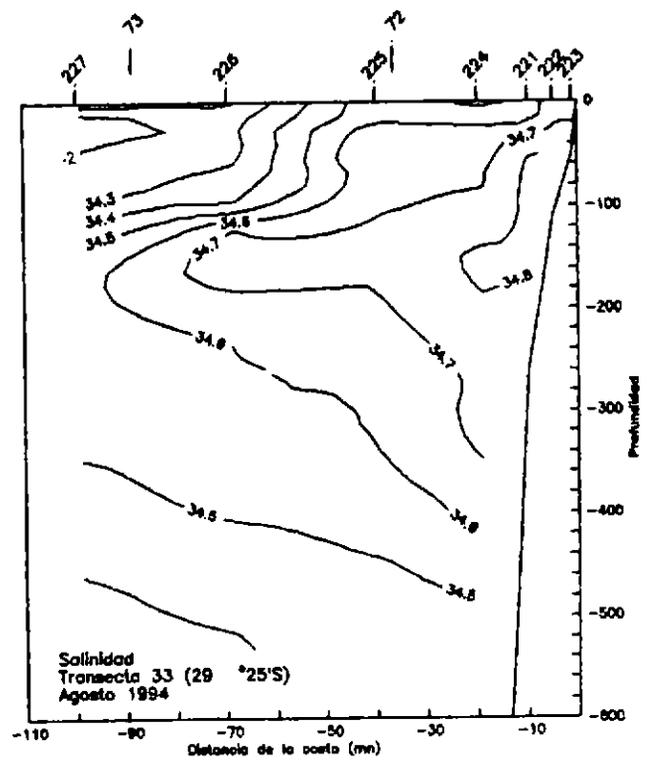
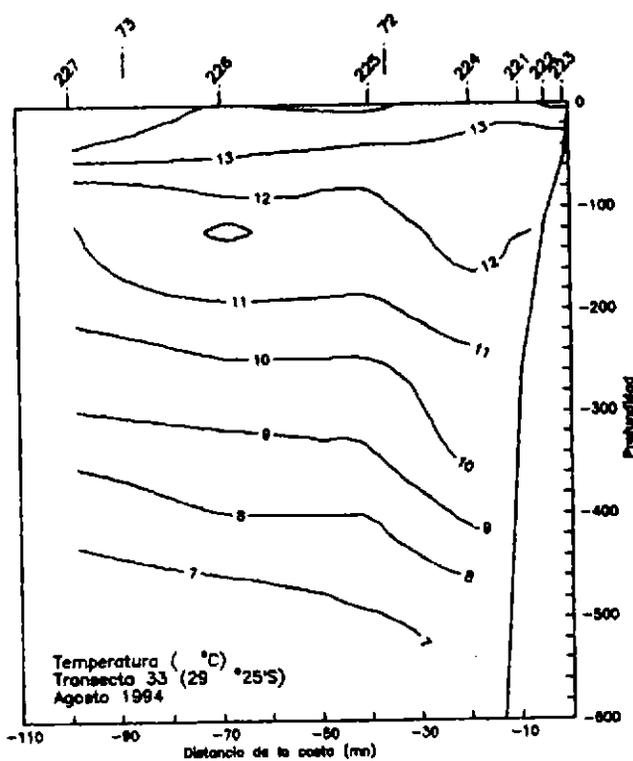


Figura 22. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 33. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

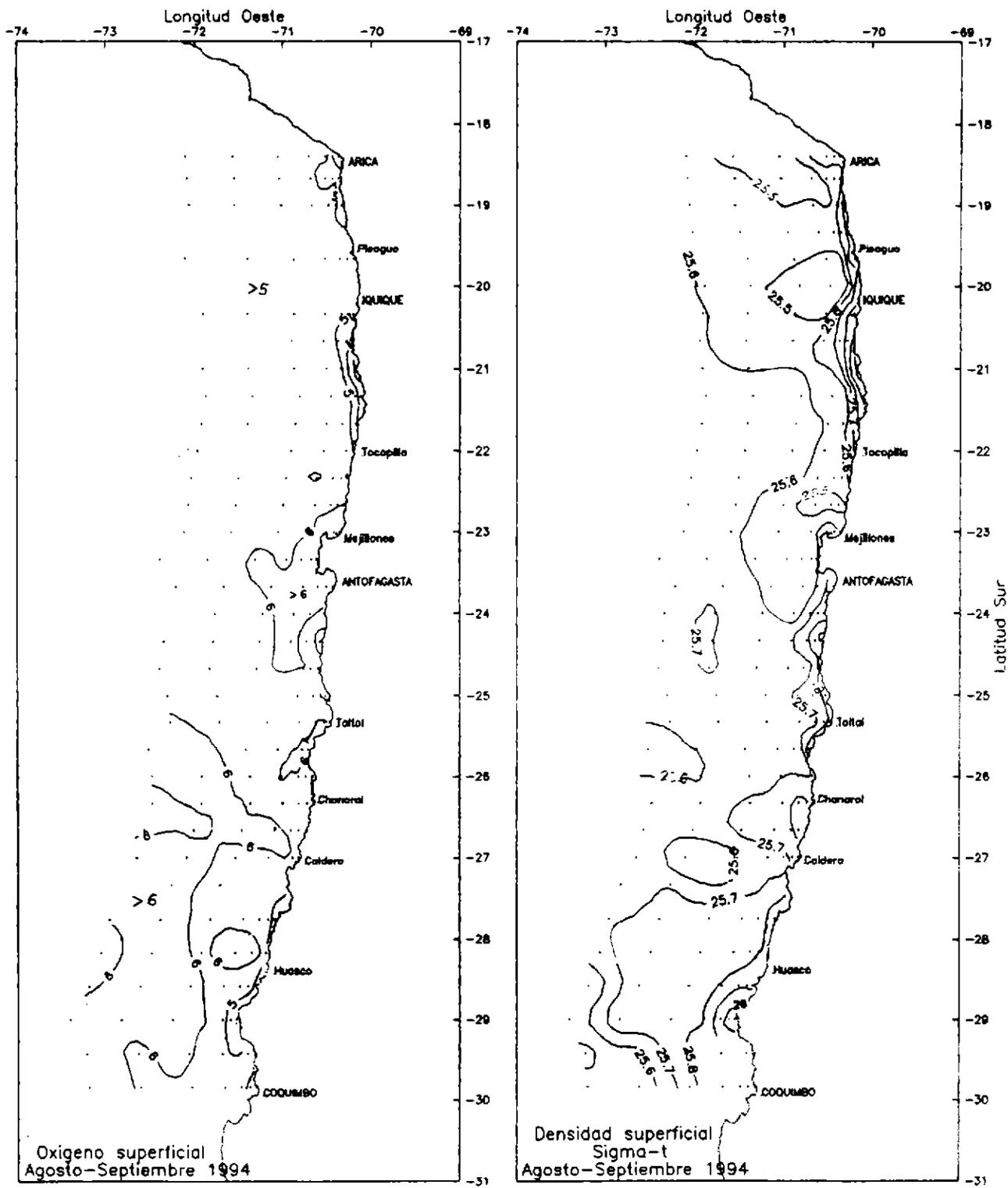


Figura 23. Distribución superficial de a) concentración de oxígeno disuelto (ml/l) y b) densidad. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

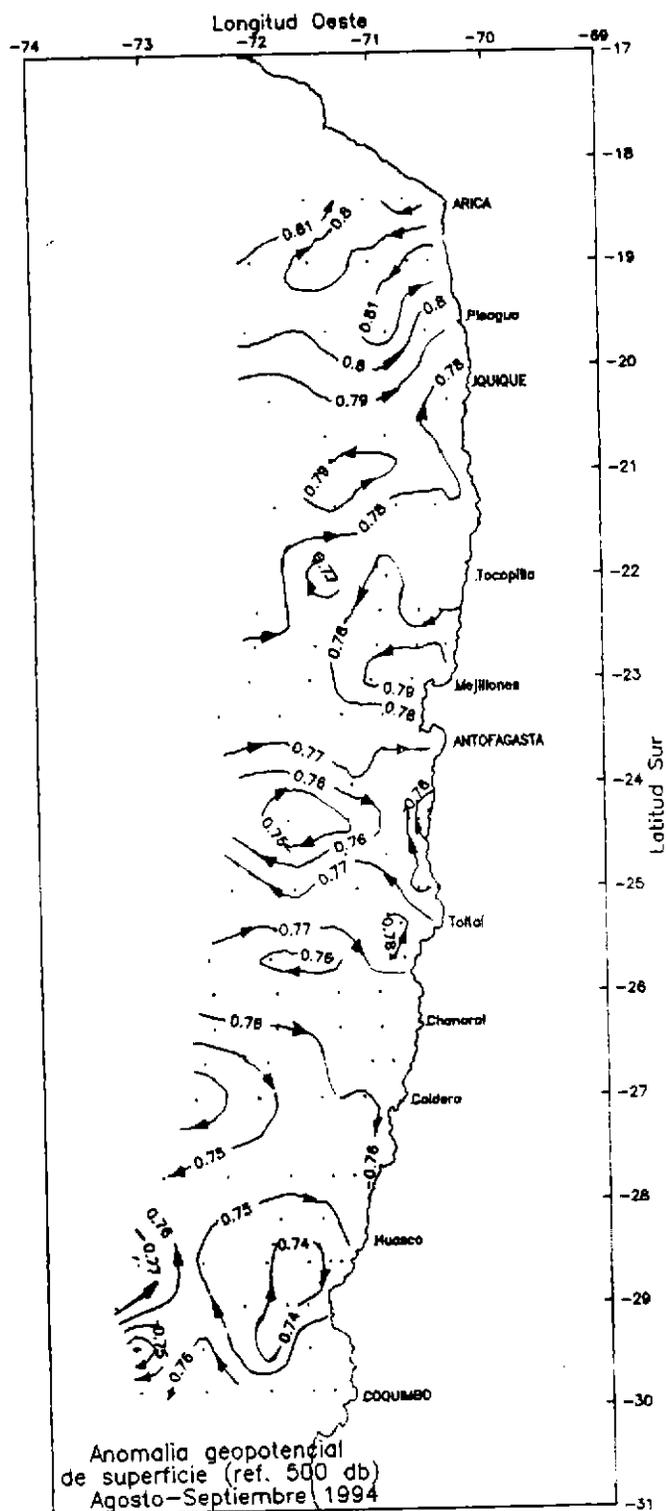


Figura 24. Distribución de la anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db, durante Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

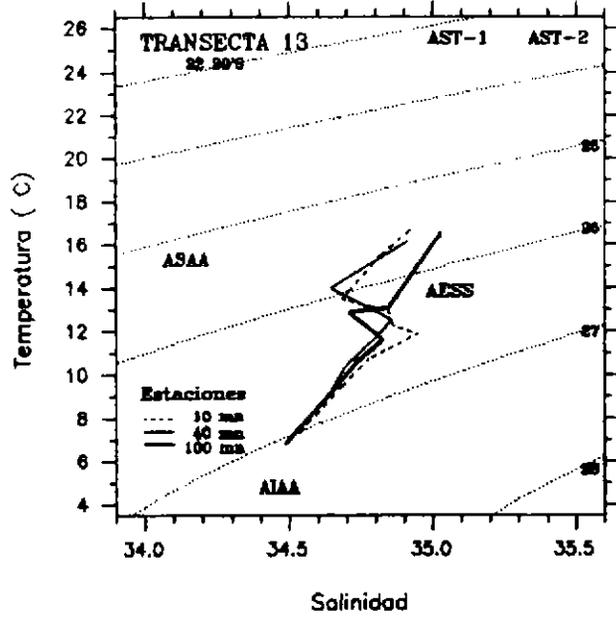
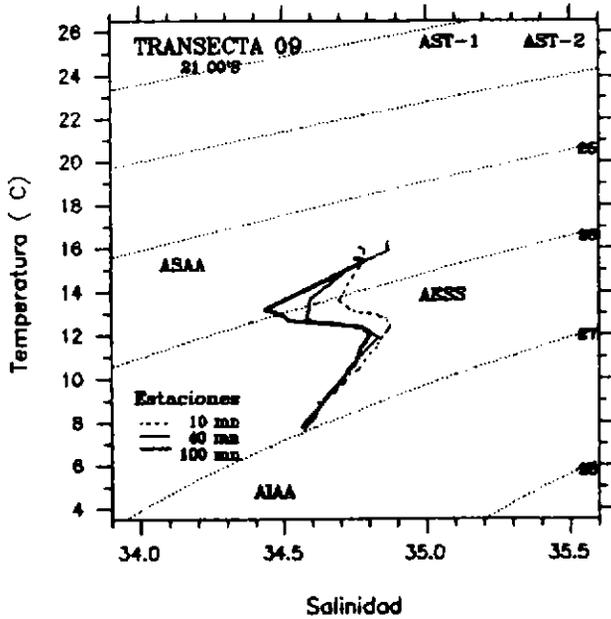
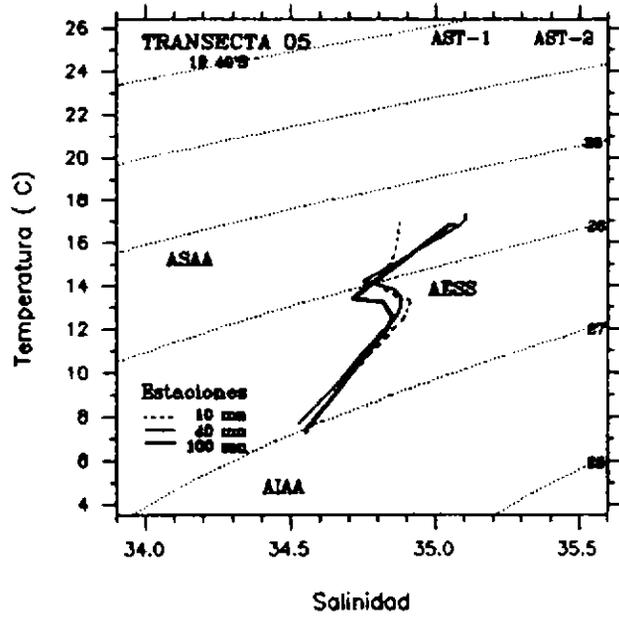
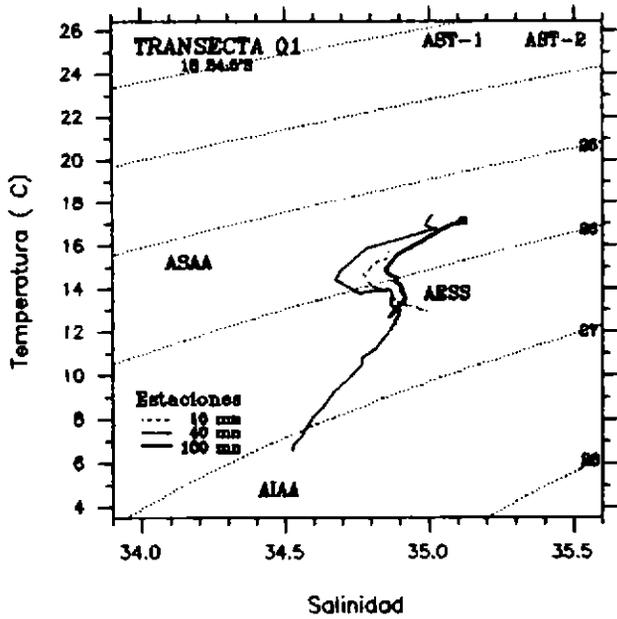


Figura 25. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 1, 5, 9 y 13. CRUCERO PELANOR 9408-09.

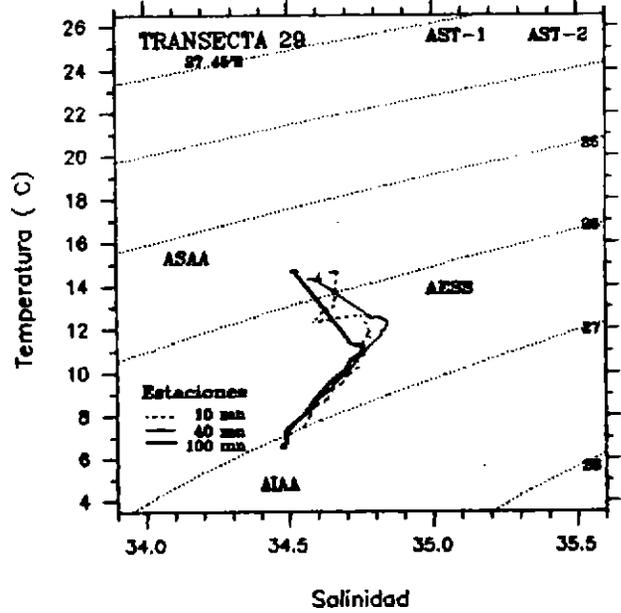
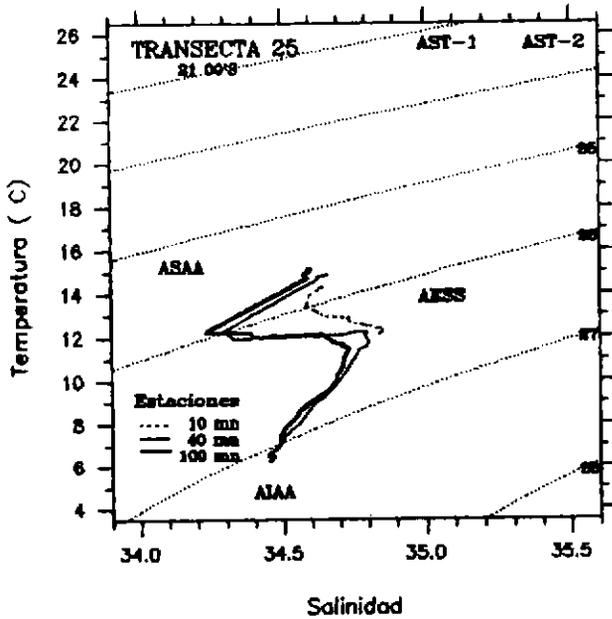
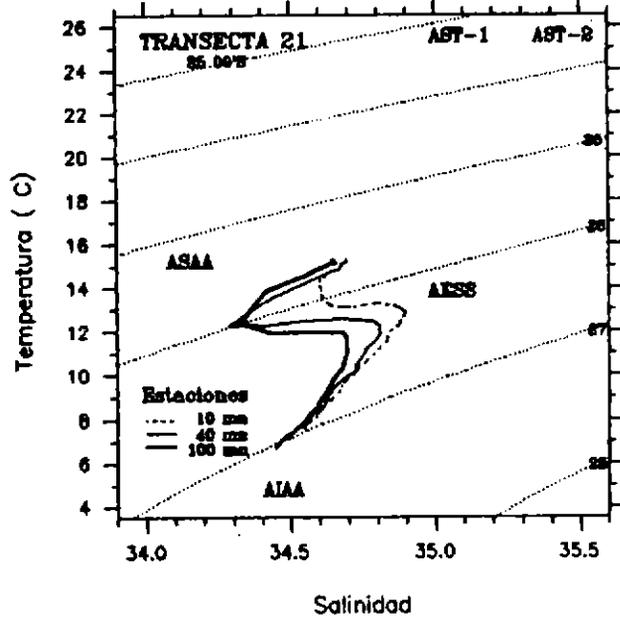
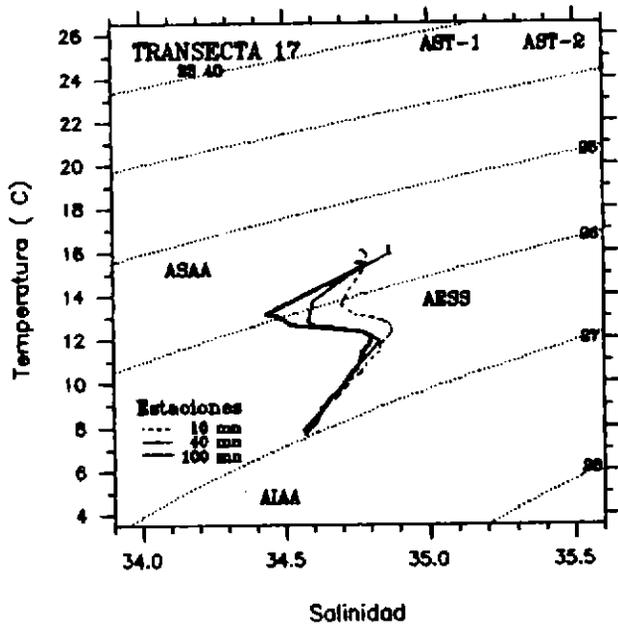


Figura 26. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 17, 21, 25 y 29. CRUCERO PELANOR 9408-09.

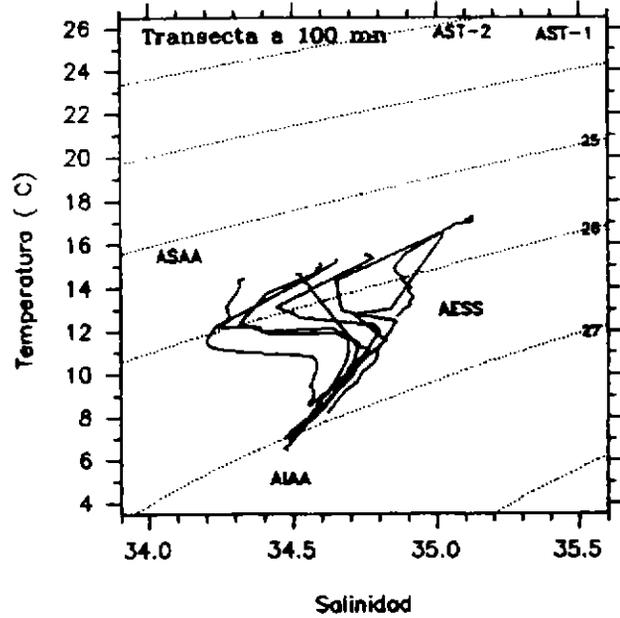
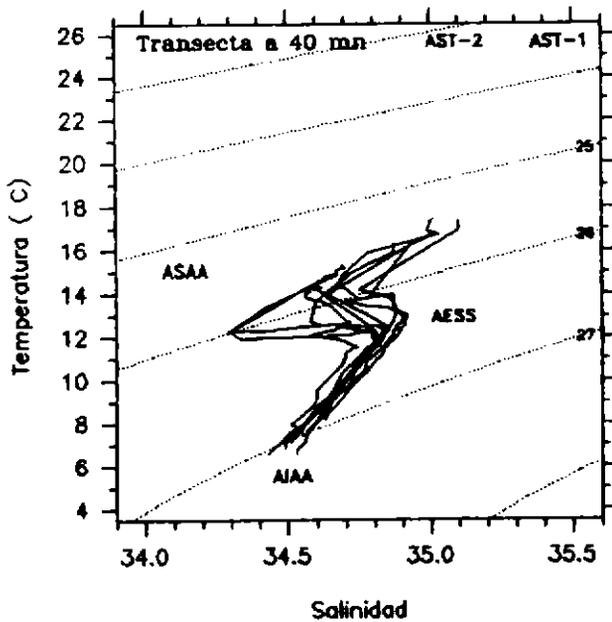
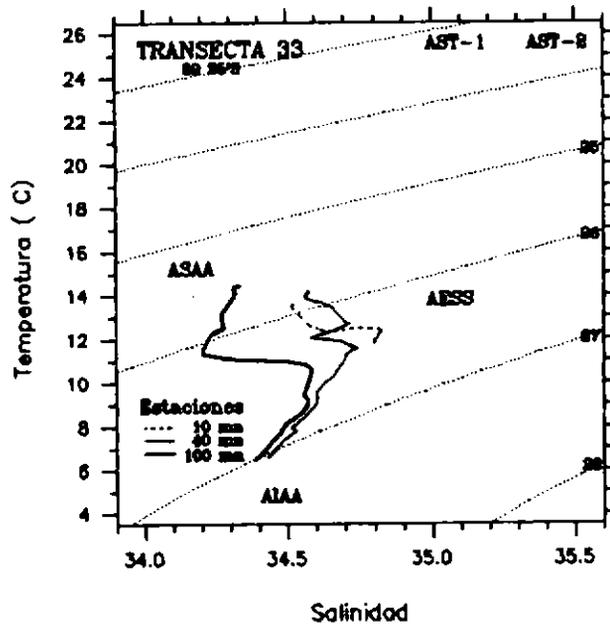


Figura 27. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transecta 33 y de 9 estaciones a lo largo de la sección a 40 y 100 millas de la costa. CRUCERO PELANOR 9408-09.

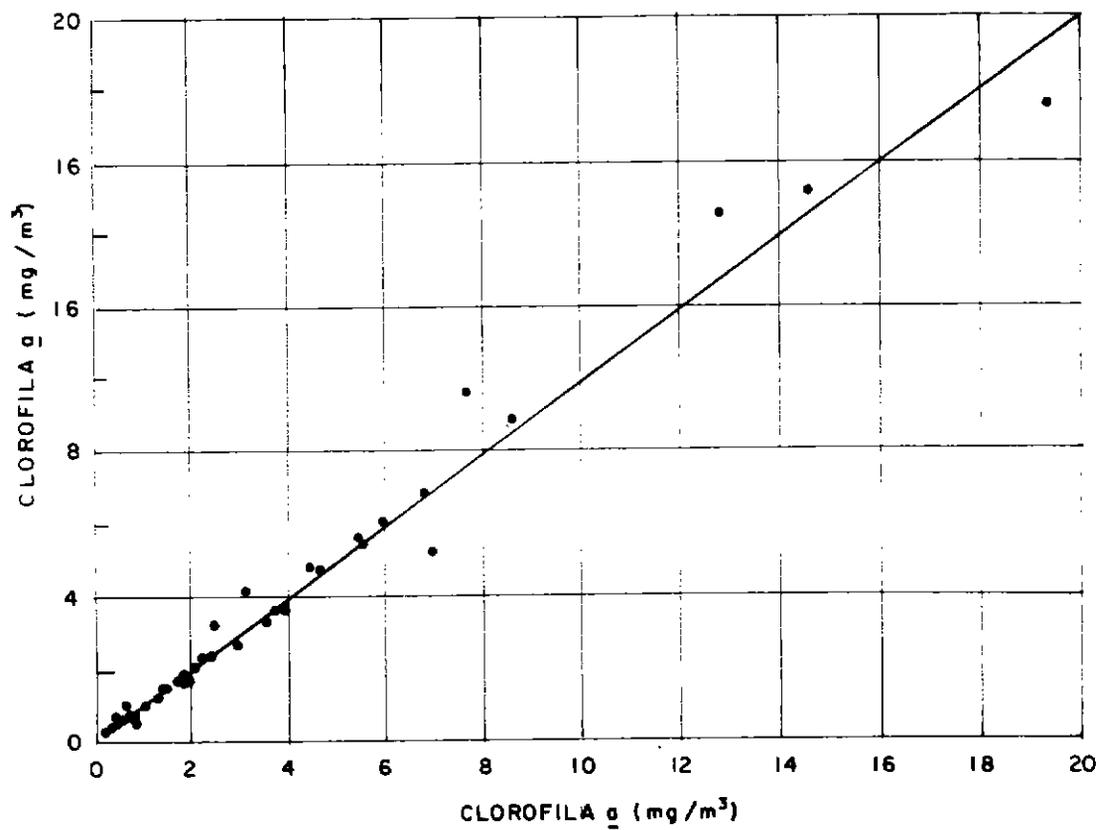


Figura 28. Diagrama de dispersión de duplicados de clorofila a, con el valor de correlación y la ecuación lineal que la representa.

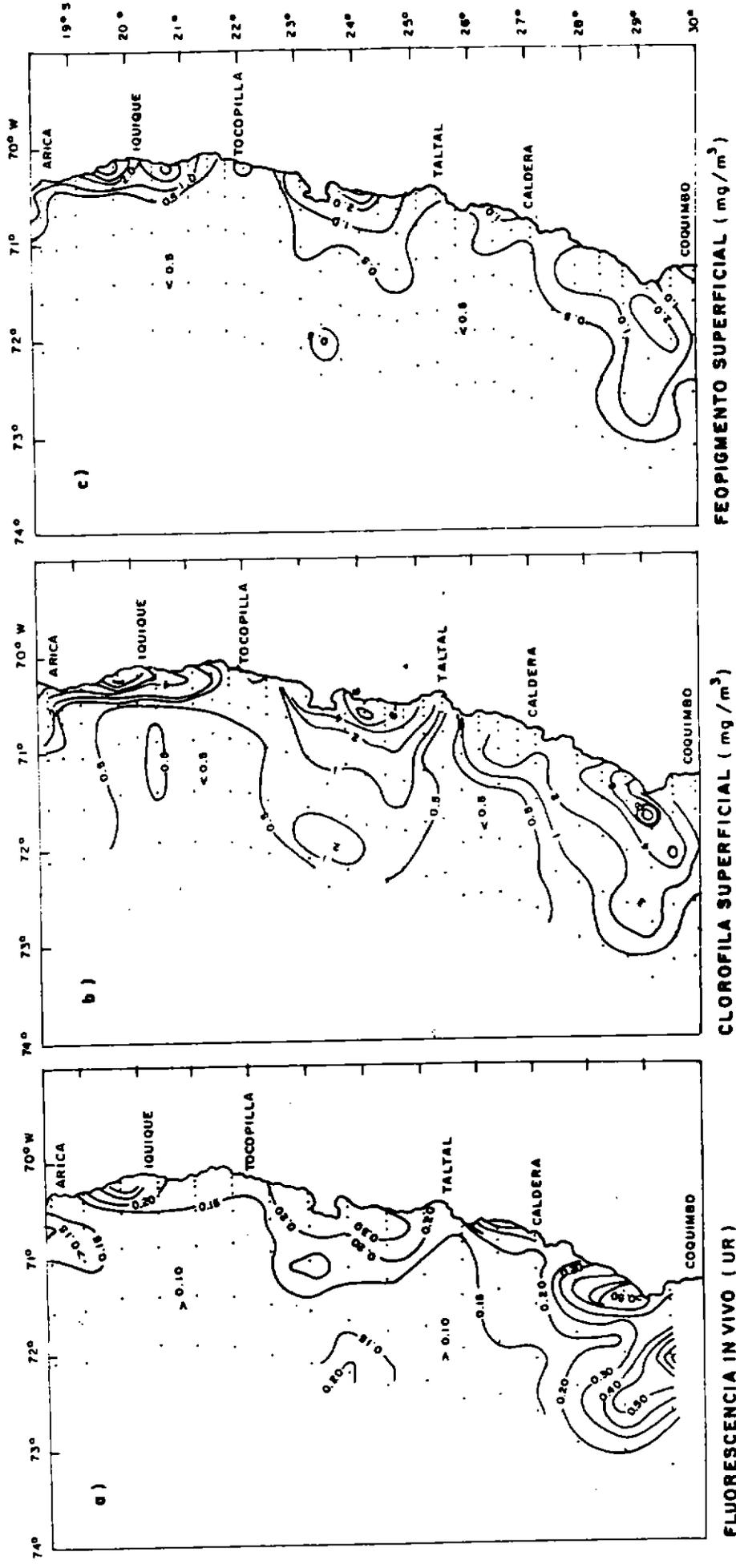
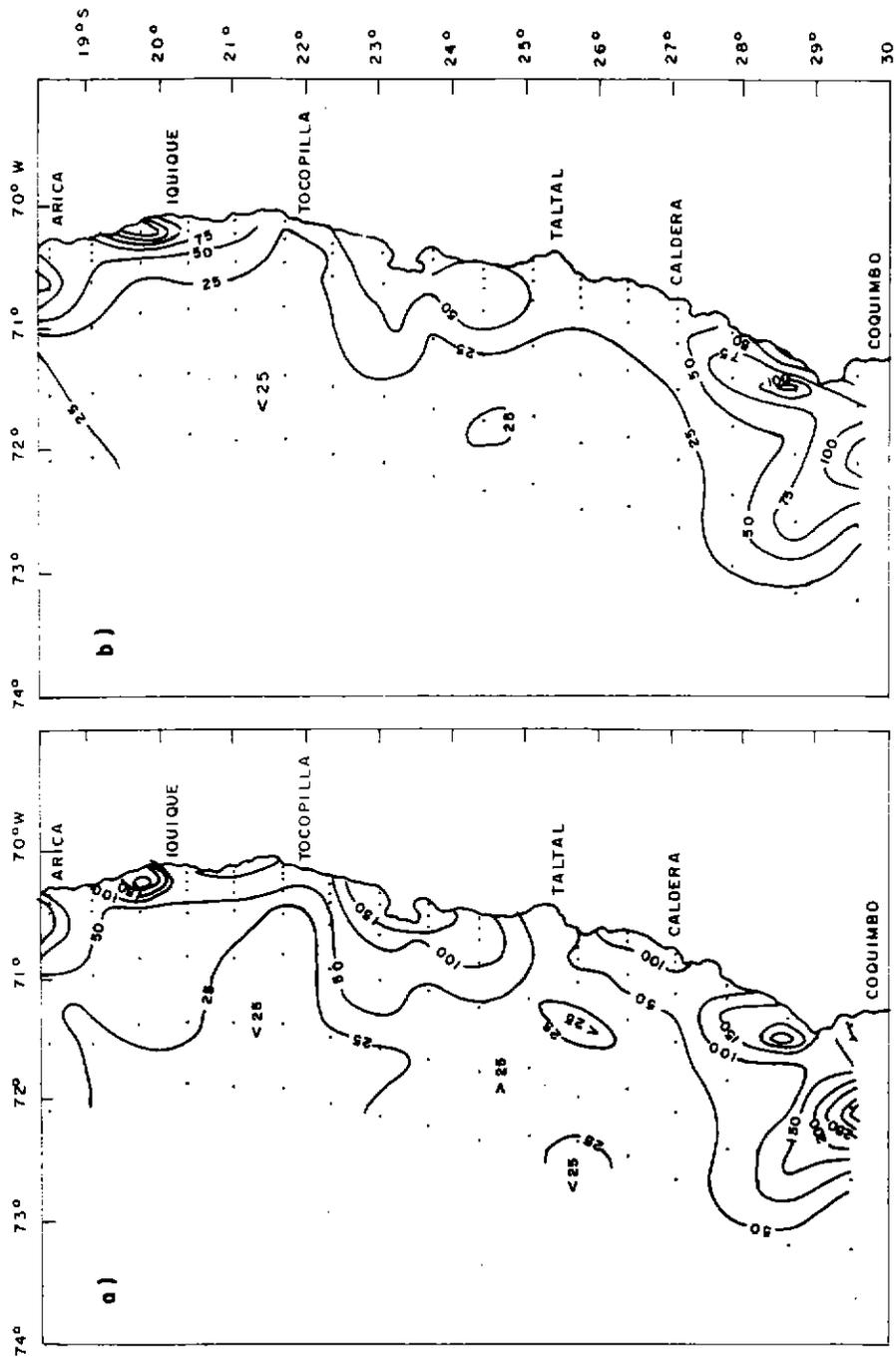


Figura 29. Distribución superficial de fluorescencia in vivo (UR), clorofila  $a$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Grucero PELANOR 370(3)94 CP.



**FEOPIGMENTOS INTEGRADOS ( $\text{mg/m}^2$ )**

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

Figura 30. Distribución de la clorofila a y feopigmentos integrados entre la superficie y 100 m, en  $\text{mg/m}^2$ .

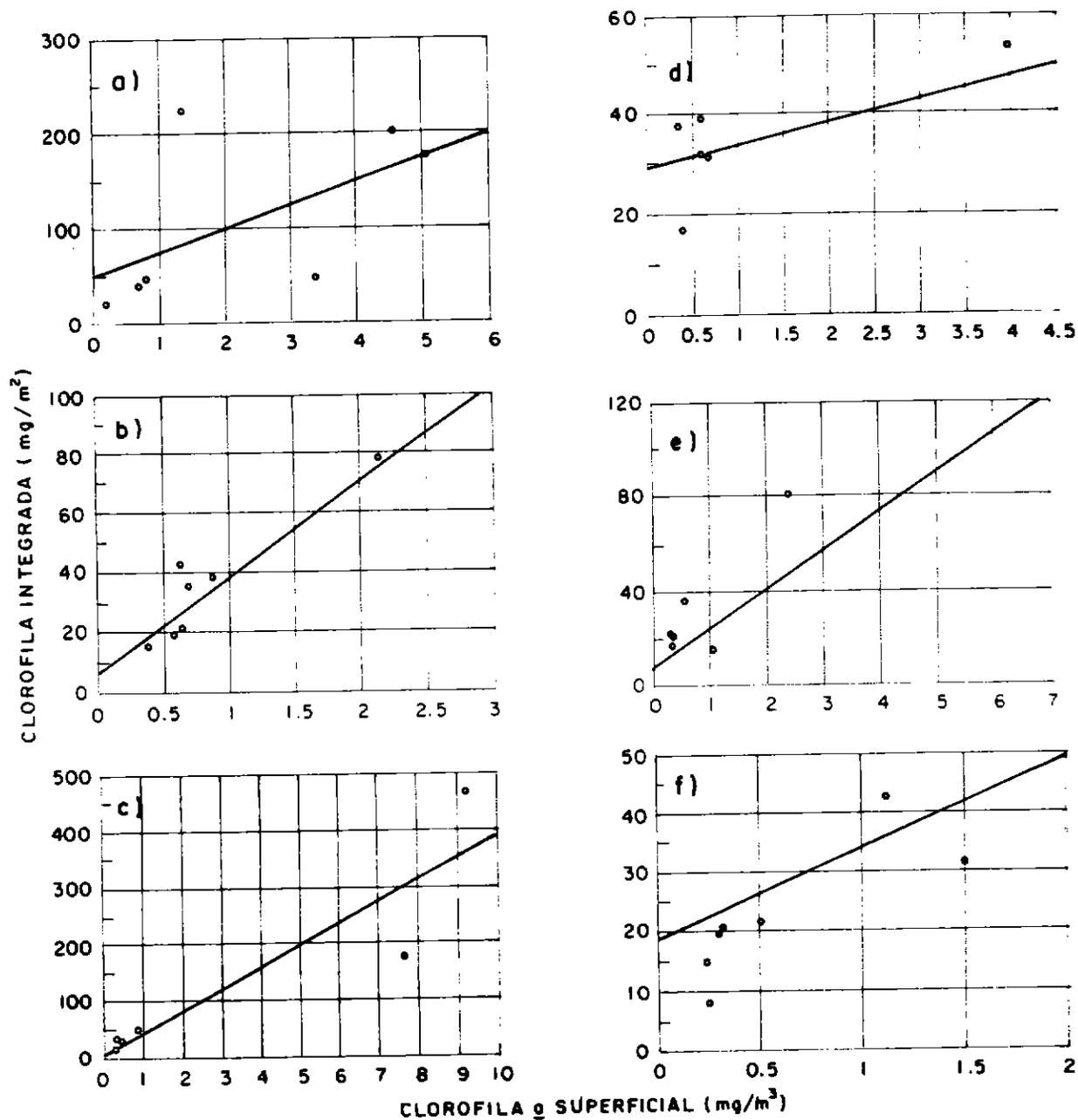


Figura 31. Relación entre la clorofila a superficial e integrada, para las transectas (T): T1 (a), T3 (b), T5 (c), T7 (d), T9 (e), T11 (f).

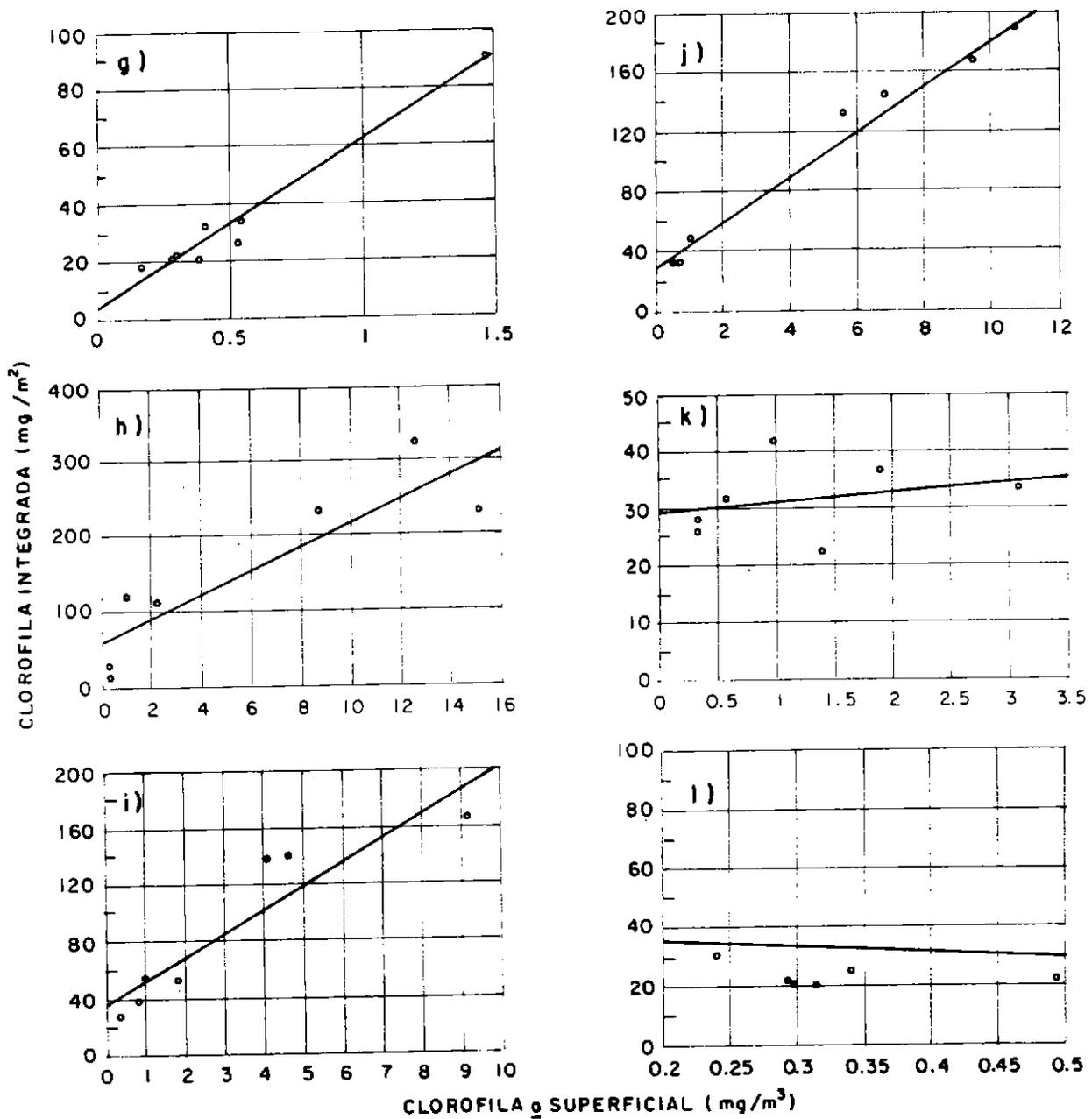


Figura 32. Relación entre la clorofila a superficial e integrada, para las transectas (T): T13 (g), T15 (h), T17 (i), T19 (j), T21 (k), T23 (l).

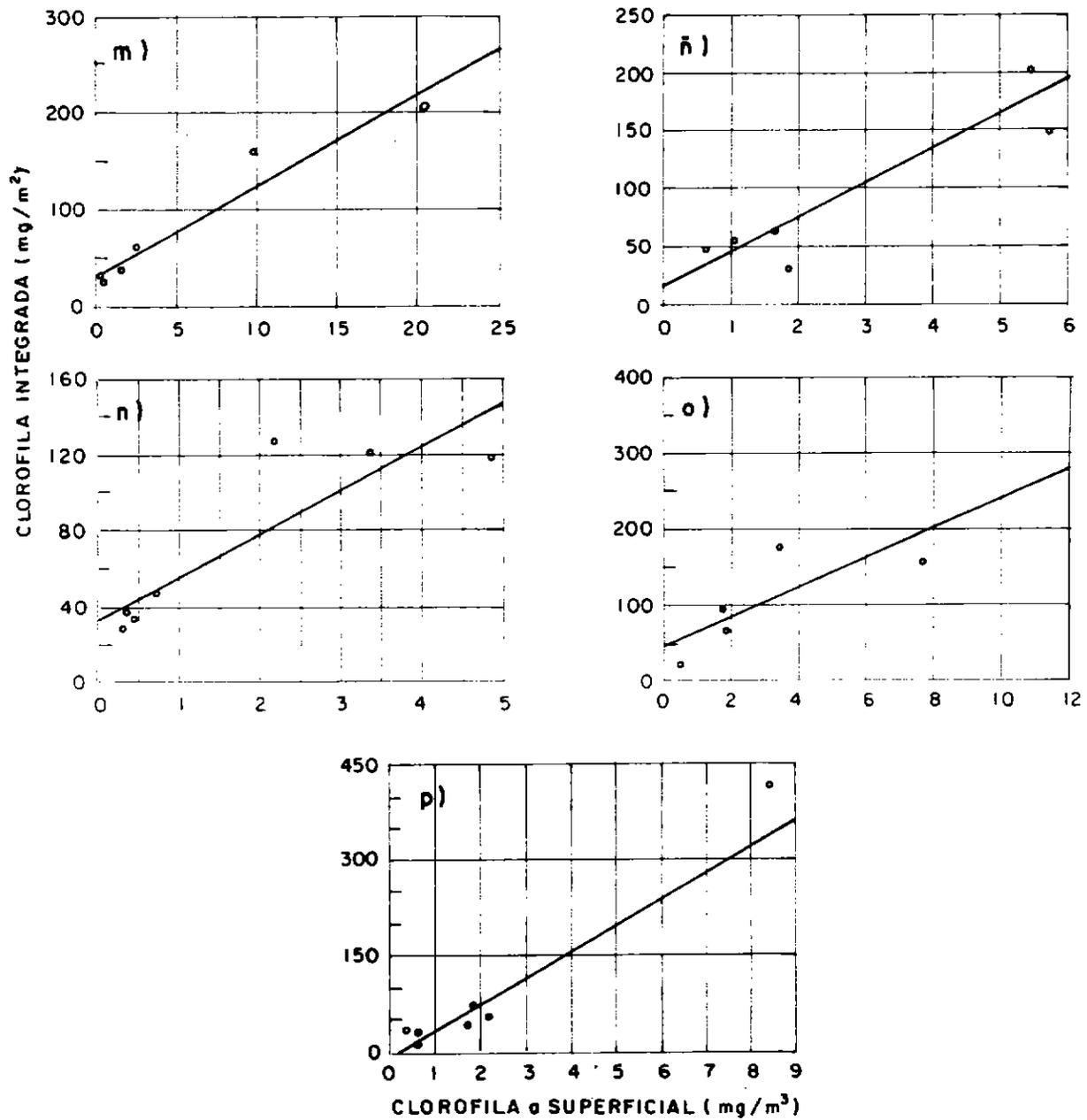


Figura 33. Relación entre la clorofila a superficial e integrada, para las transectas (T): T25 (m), T27 (n), T29 (ñ), T31 (o) y T33 (p).

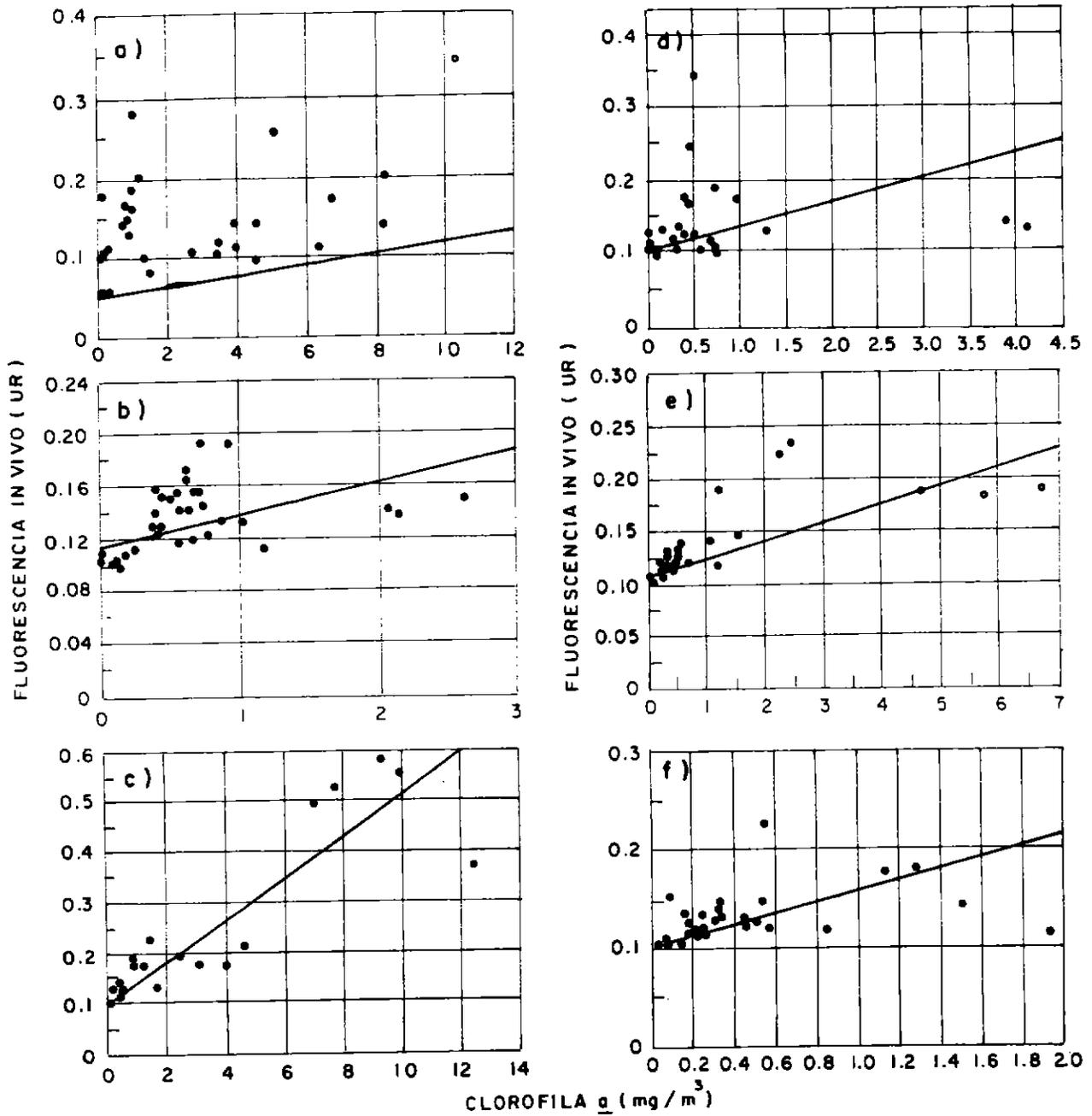


Figura 34. Relación entre la clorofila a y fluorescencia, para las transectas (T): T1 (a), T3 (b), T5 (c), T7 (d), T9 (e), T11 (f).

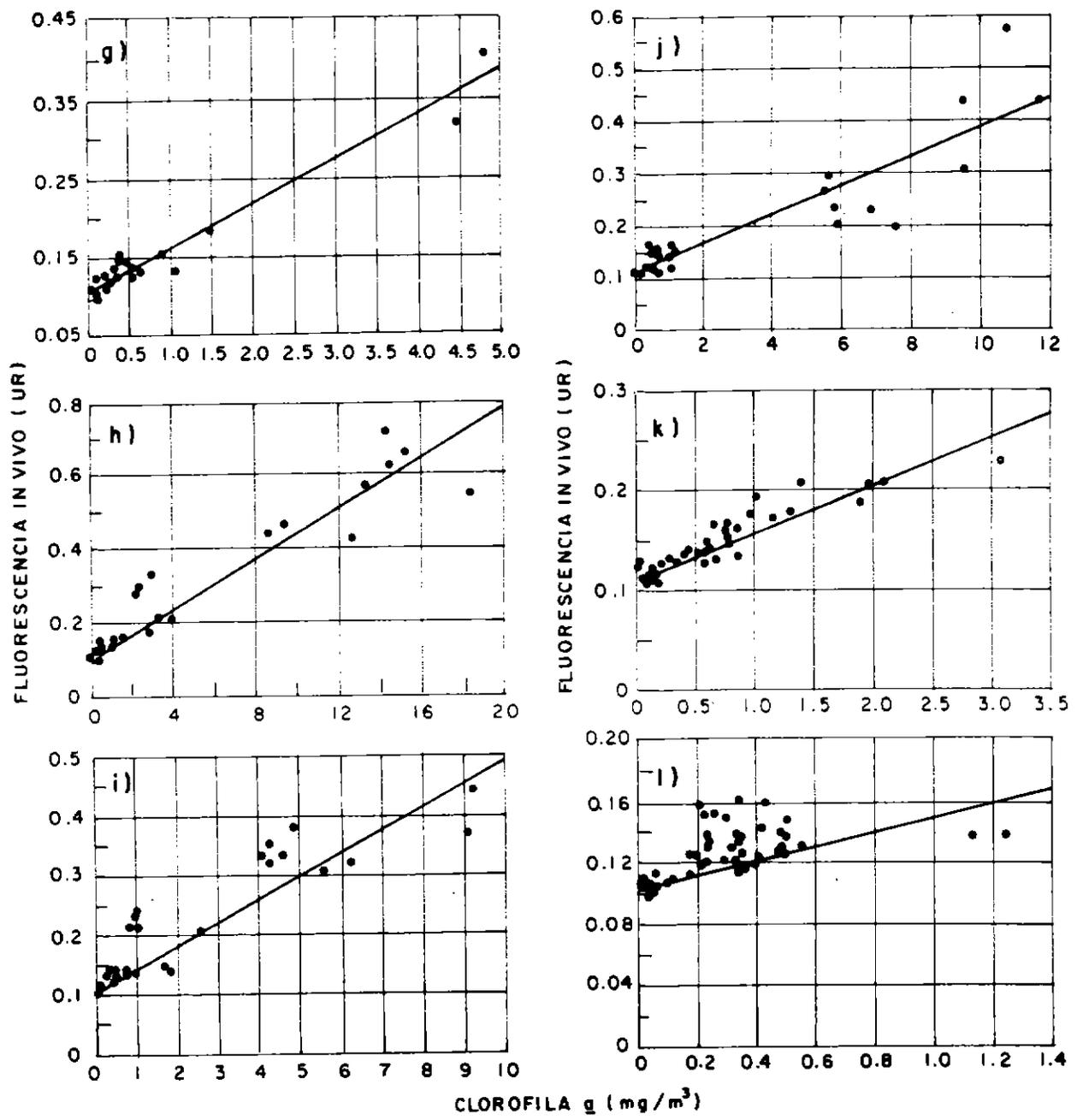


Figura 35. Relación entre la clorofila a y fluorescencia, para las transectas (T): T13 (g), T15 (h), T17 (i), T19 (j), T21 (k), T23 (l).

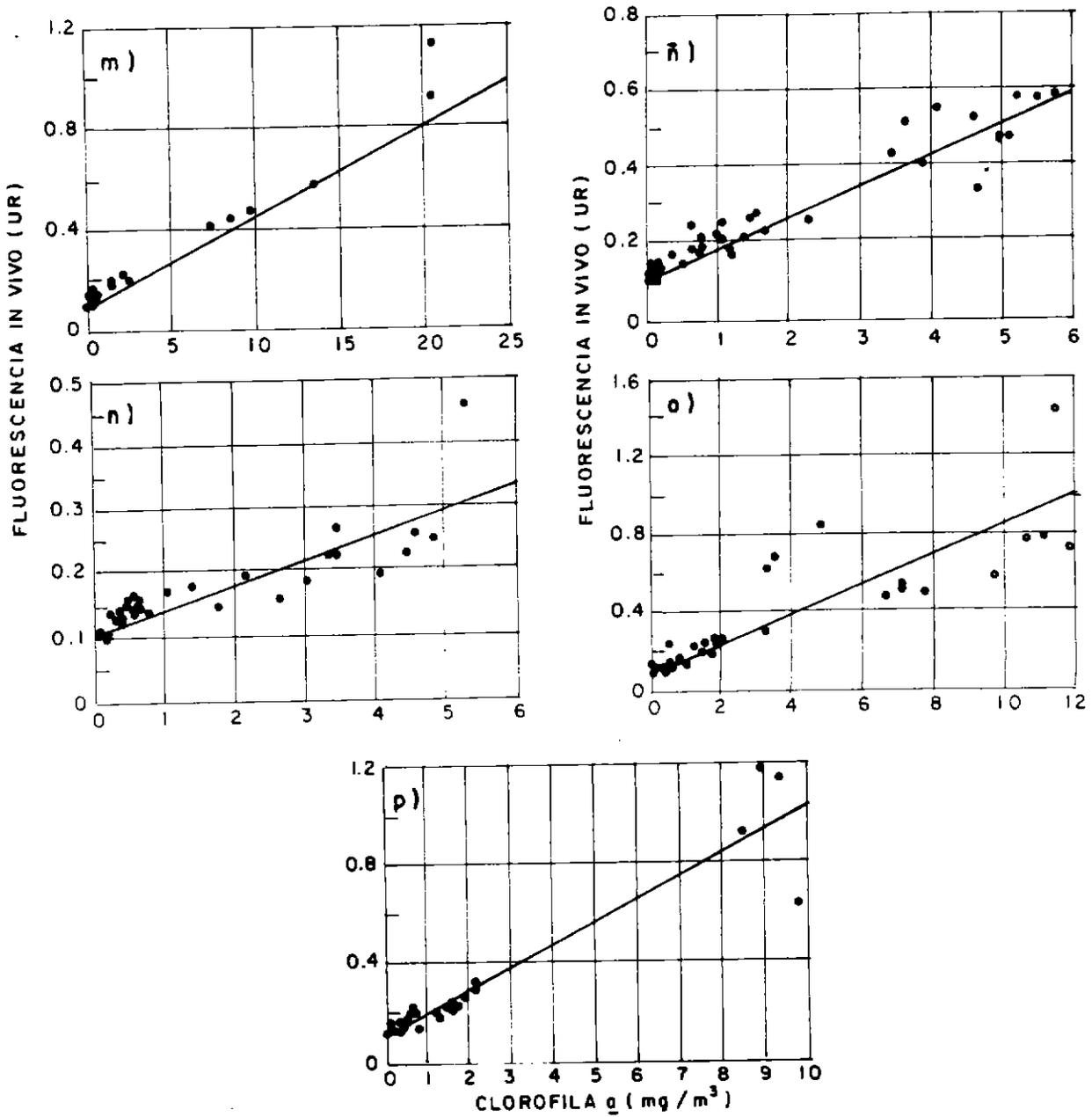


Figura 36. Relación entre la clorofila *a* y fluorescencia, para las transectas (T): T25 (m), T27 (n), T29 (ñ), T31 (o) y T33 (p).

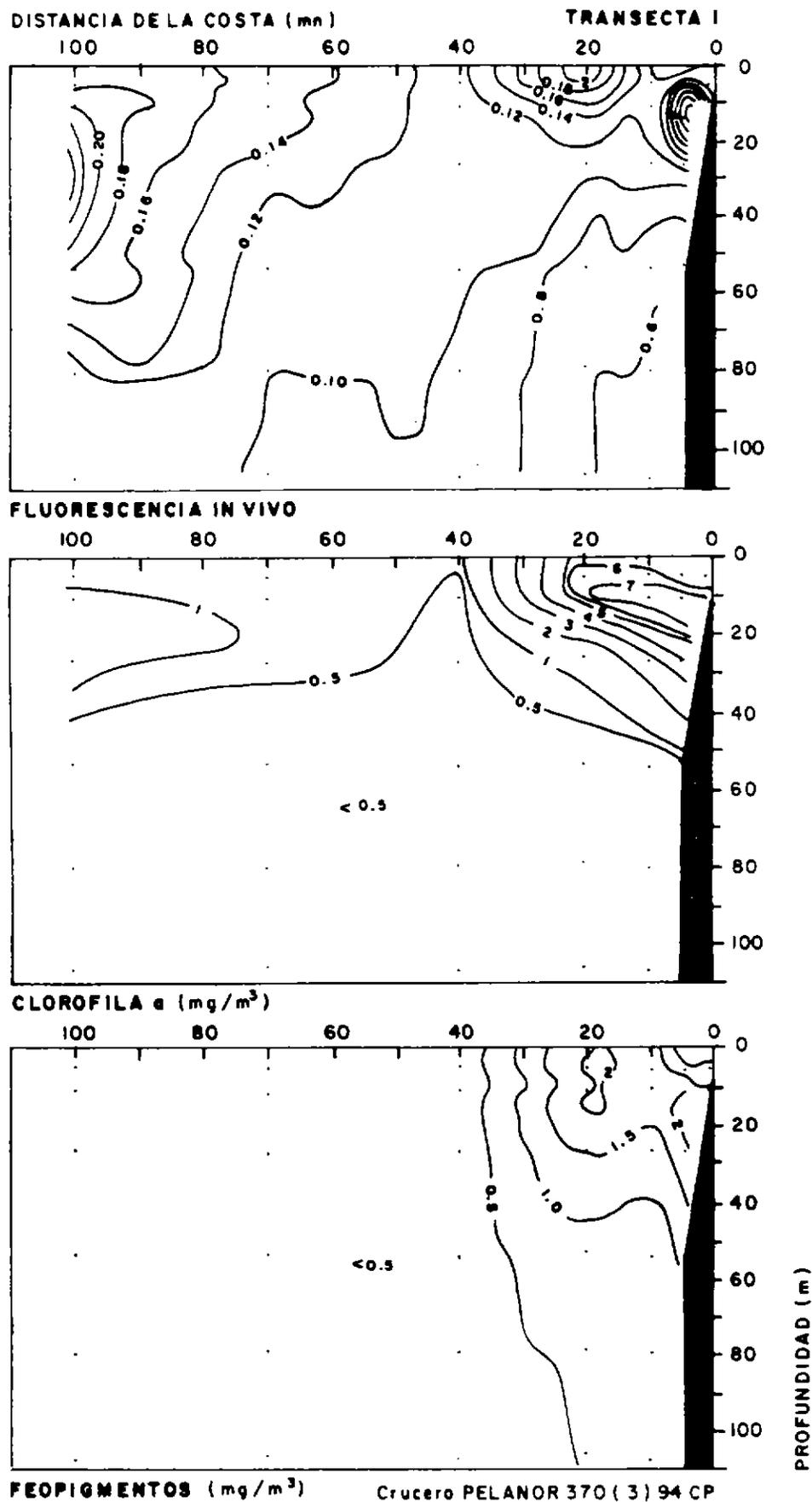


Figura 37. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila  $a$  ( $mg/m^3$ ) y feopigmentos ( $mg/m^3$ ) en la transecta 1. (Lat.  $18^{\circ} 24.5'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.



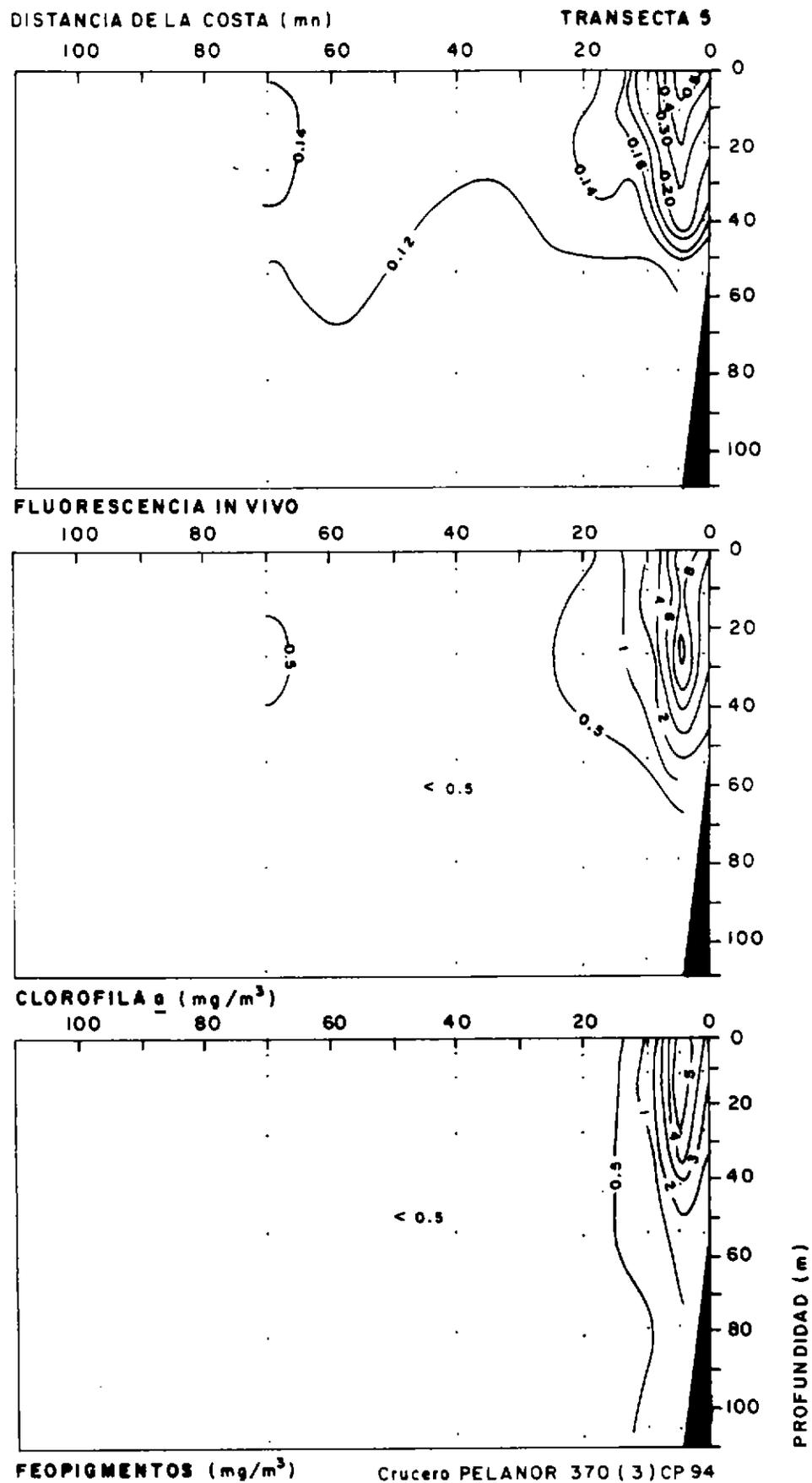


Figura 39. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 5. (Lat. 19° 40'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

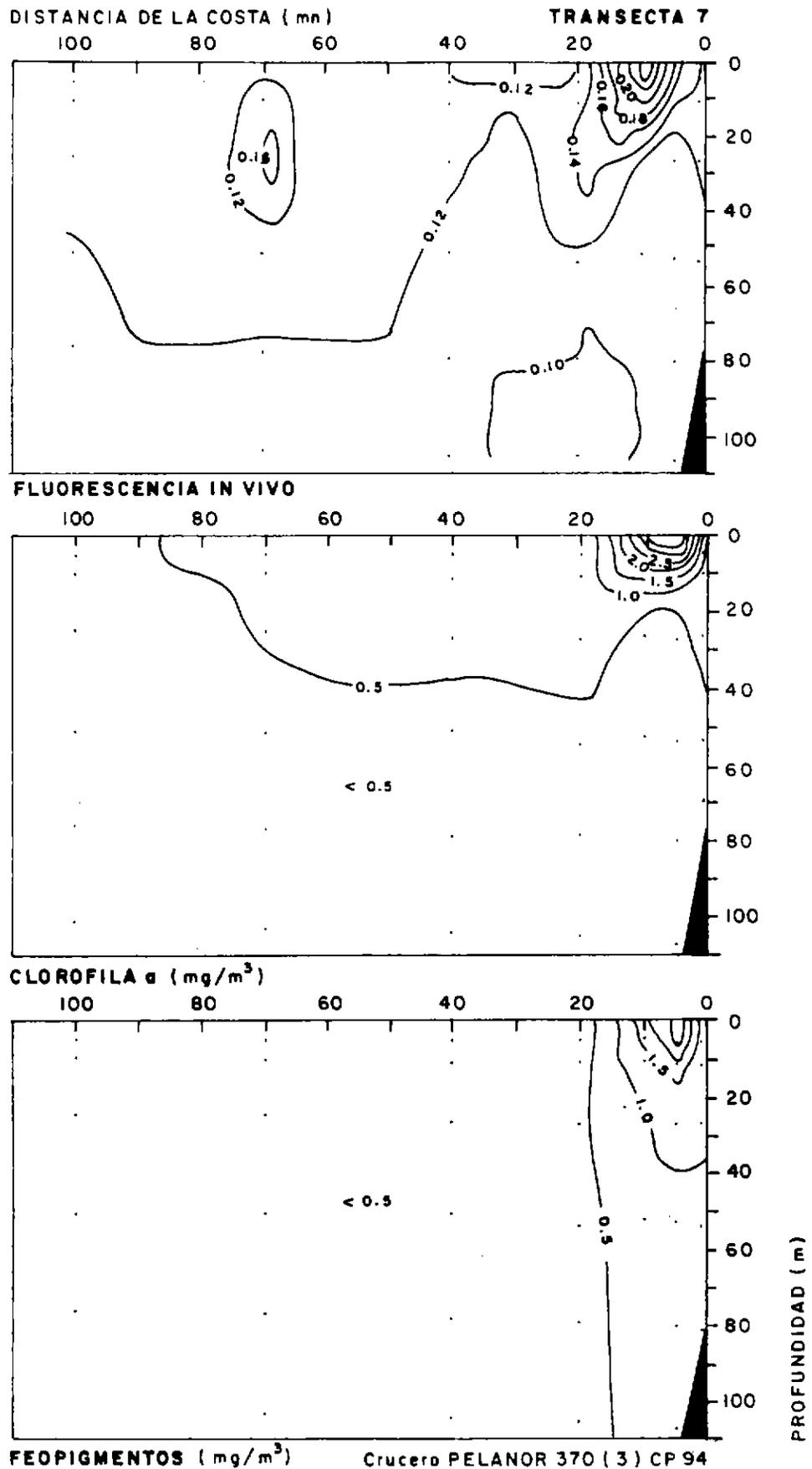


Figura 40. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 7. (Lat. 20° 20'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

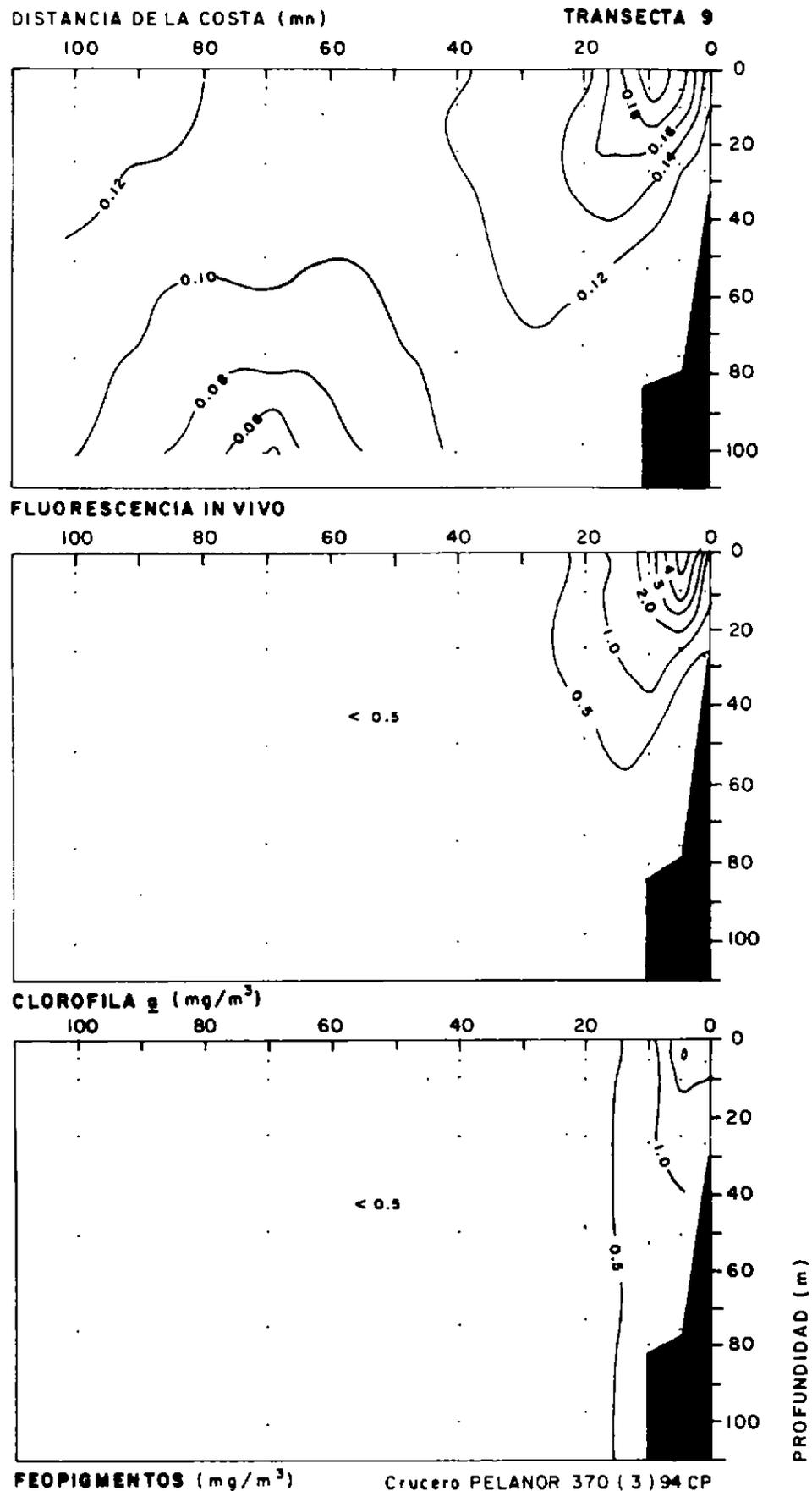


Figura 41. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 9. (Lat. 21° 00'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

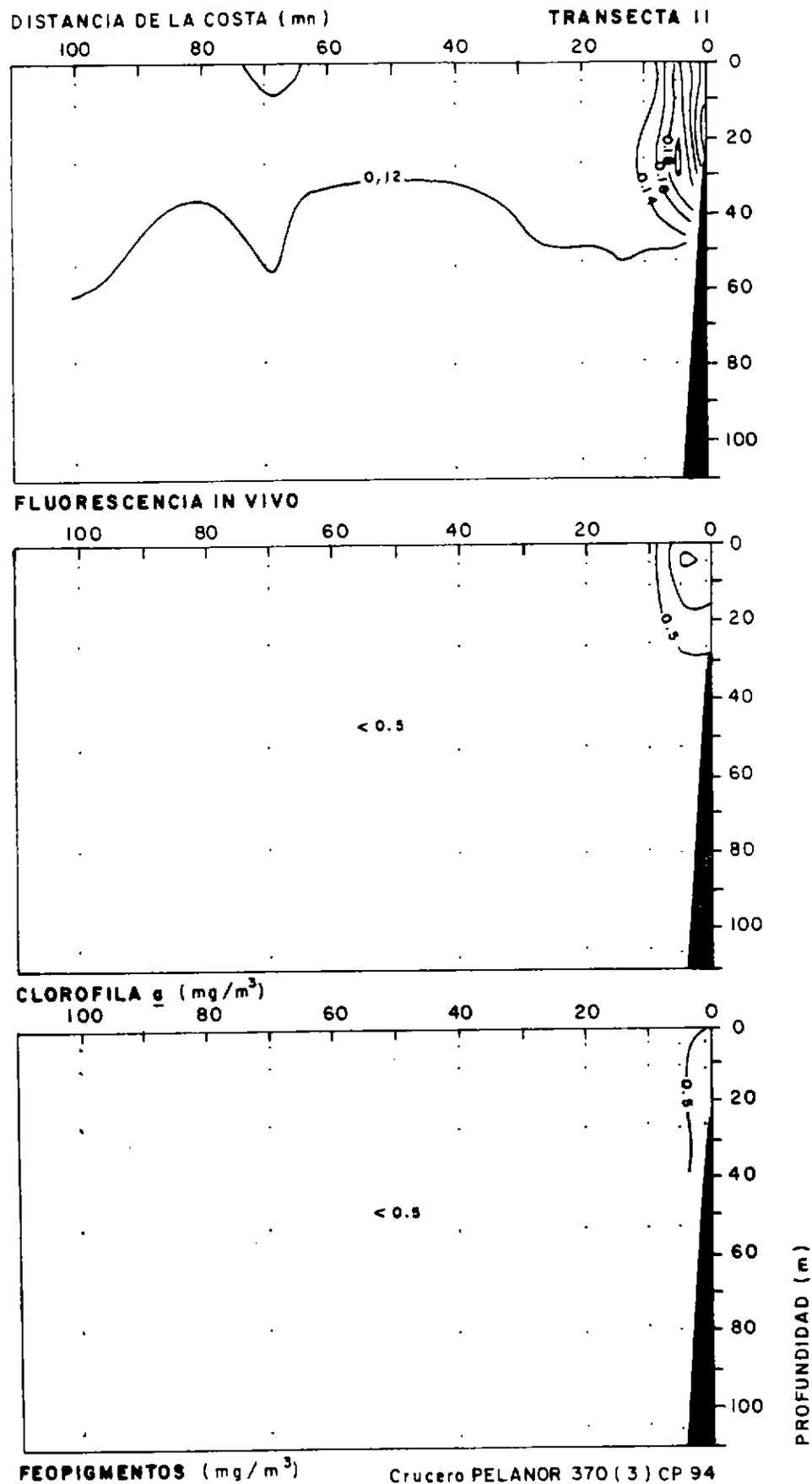


Figura 42. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 11. (Lat. 21° 40'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

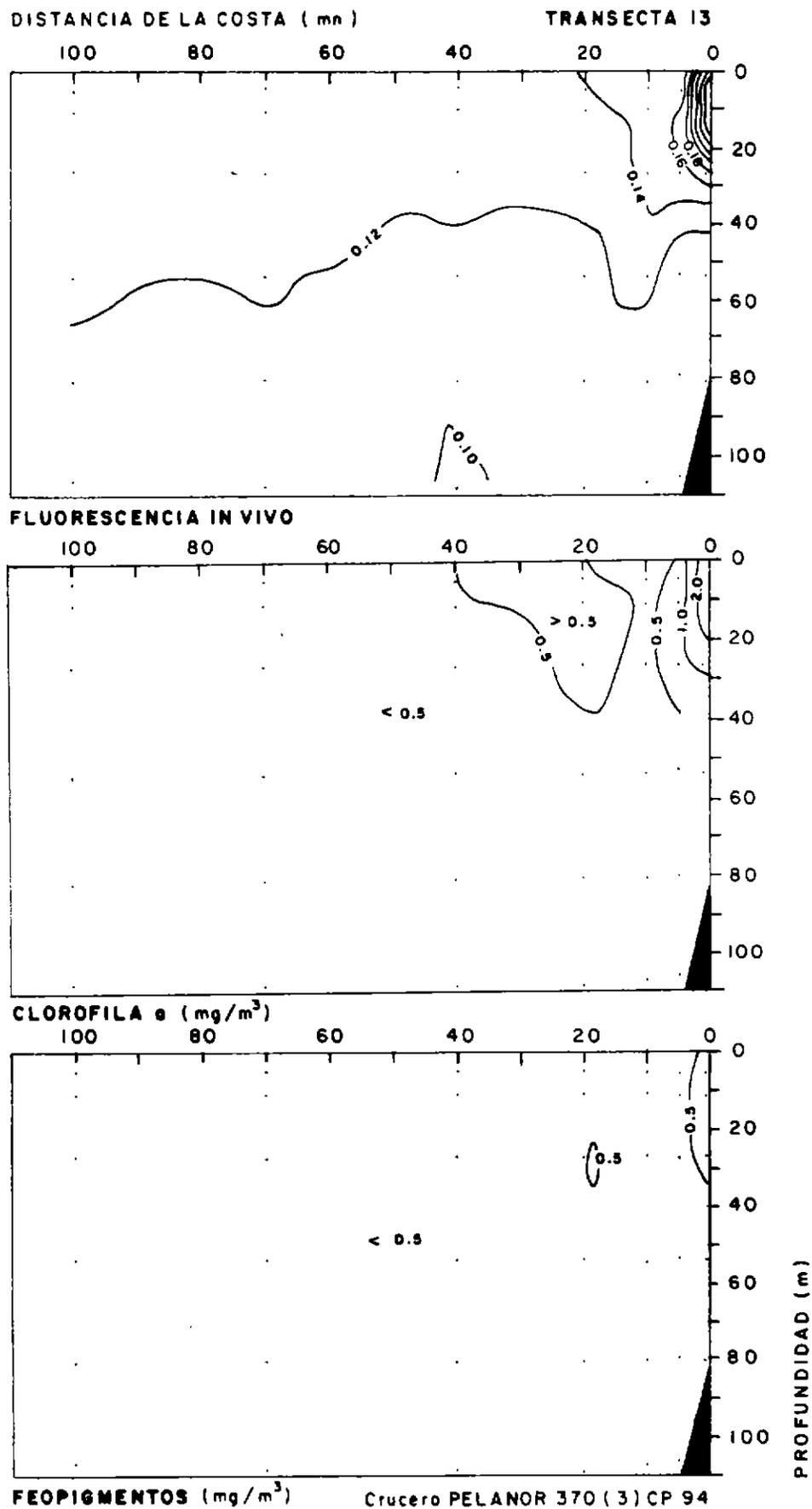


Figura 43. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 13. (Lat. 22° 20'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.



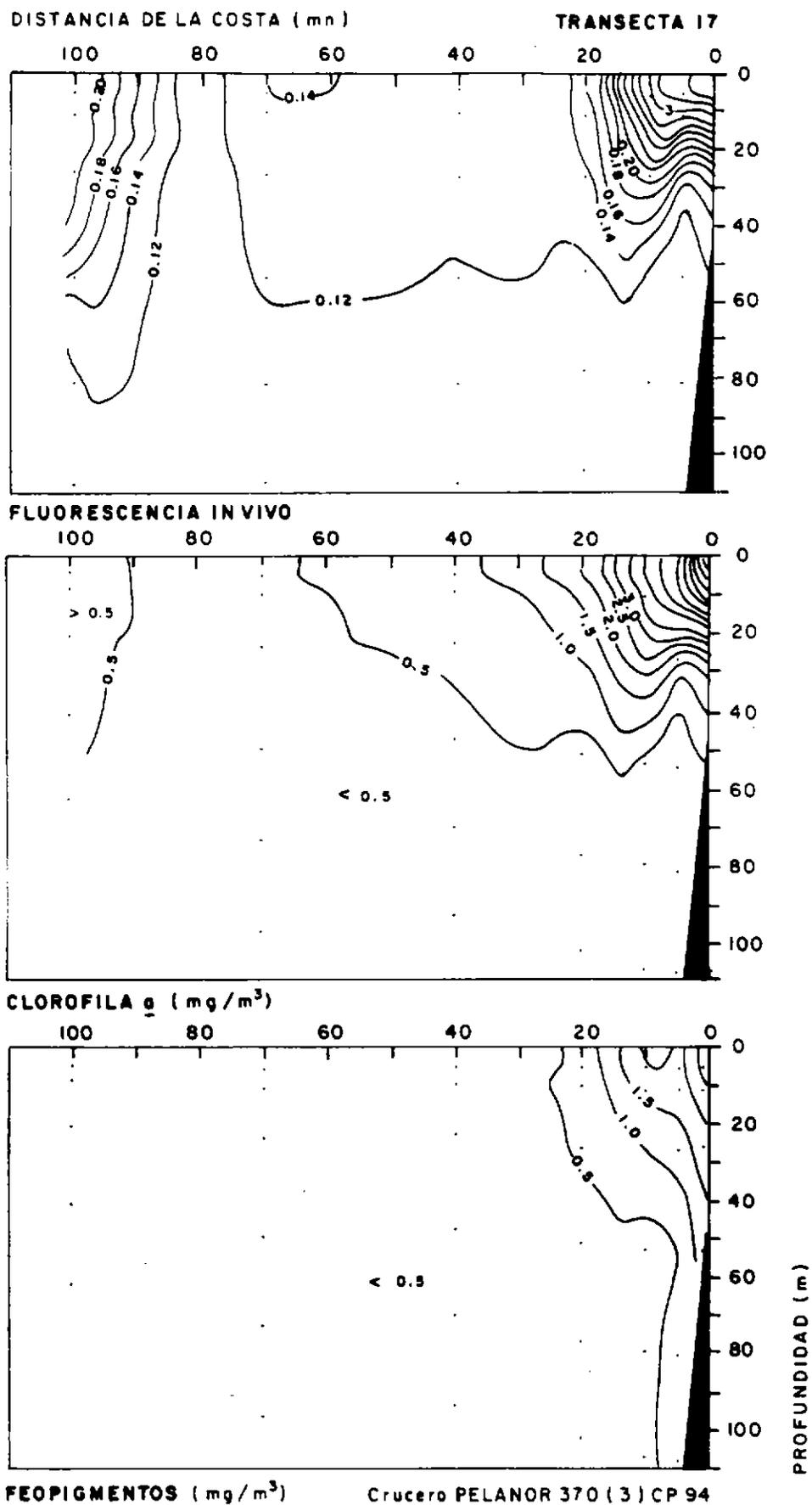


Figura 45. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila  $a$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 17. (Lat.  $23^\circ 40'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

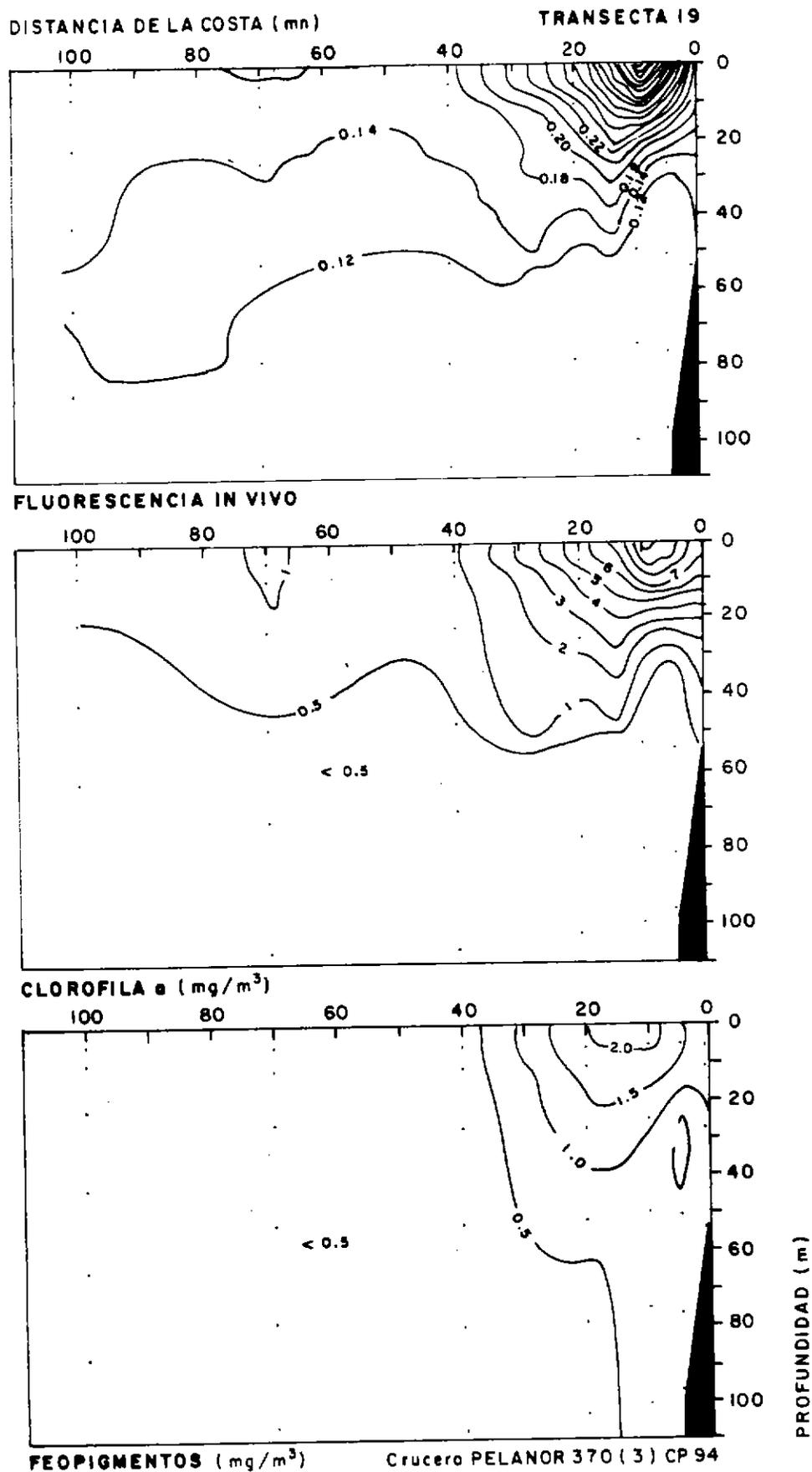


Figura 46. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 19. (Lat. 24° 20'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

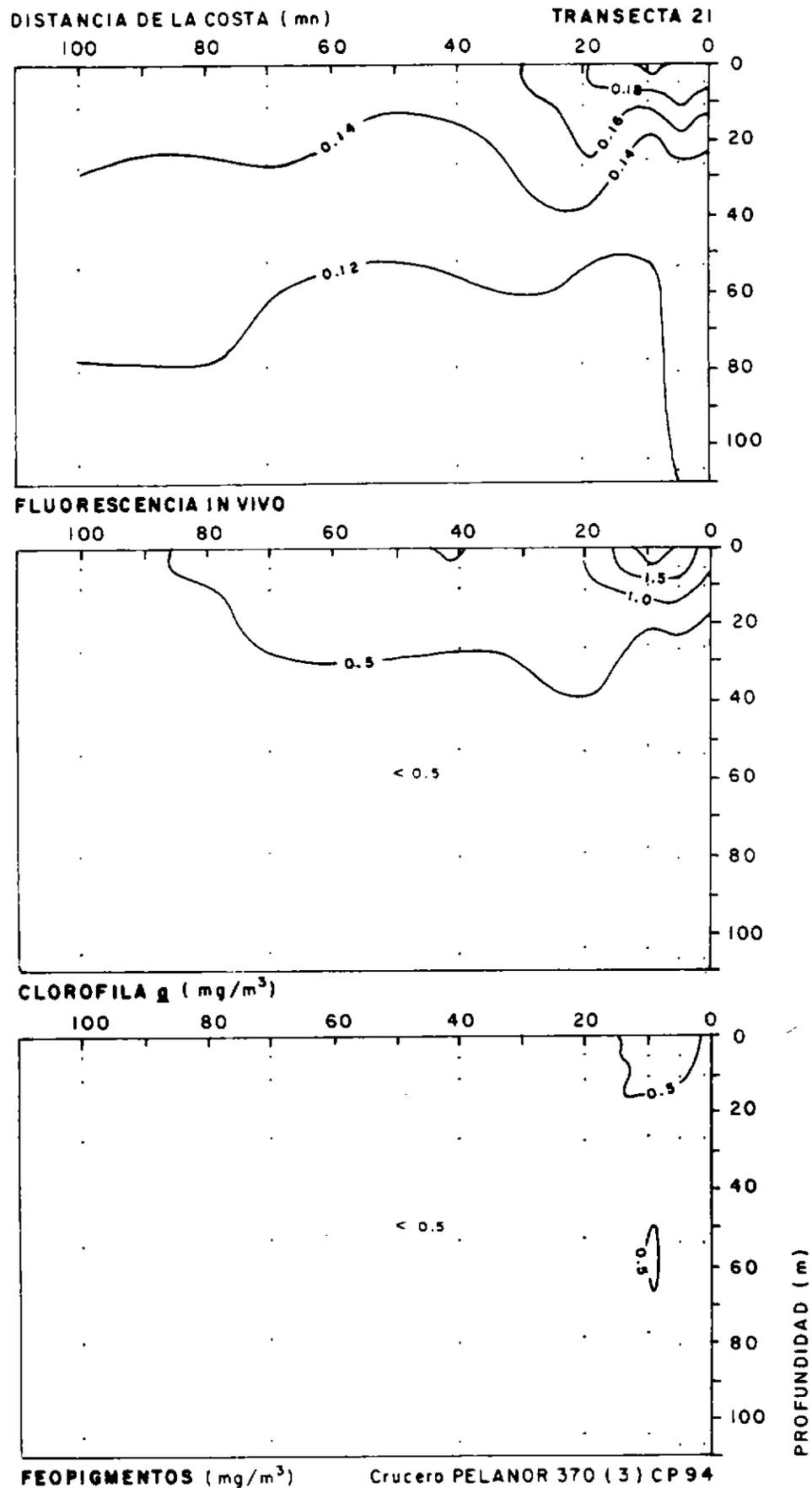


Figura 47. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 21. (Lat. 25° 00'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

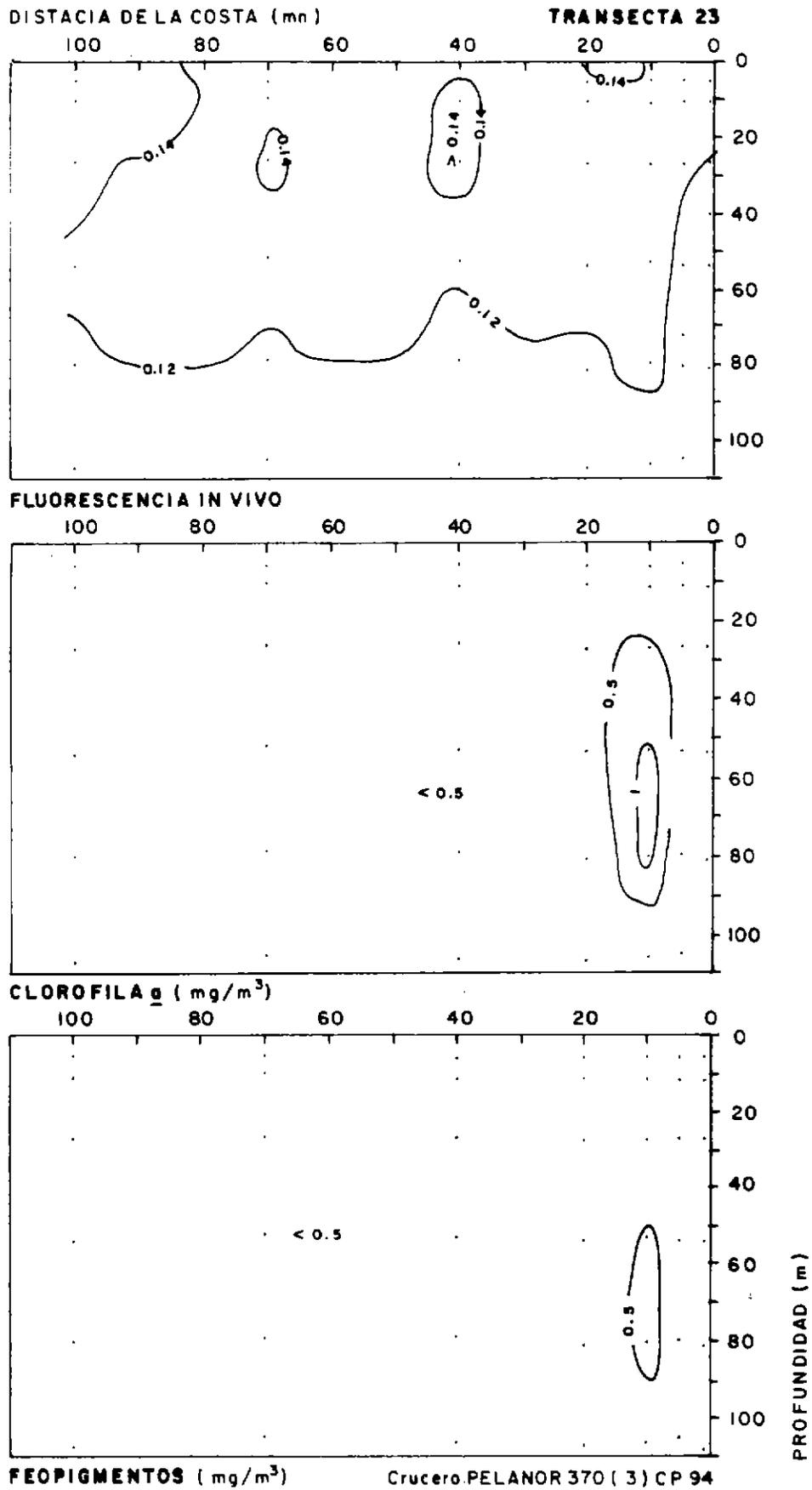


Figura 48. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 23. (Lat. 25° 40'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.



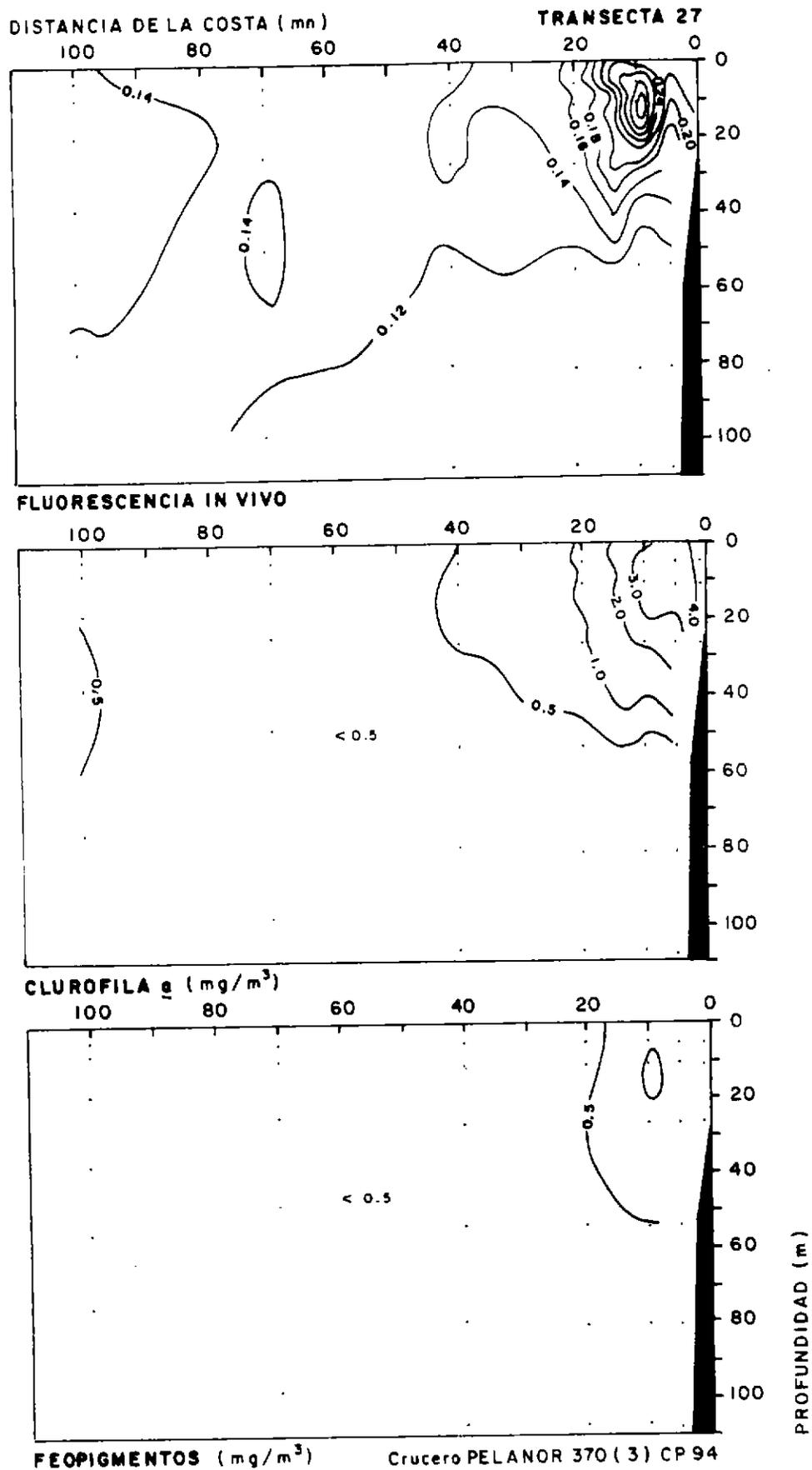


Figura 50. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 27. (Lat. 27° 00'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

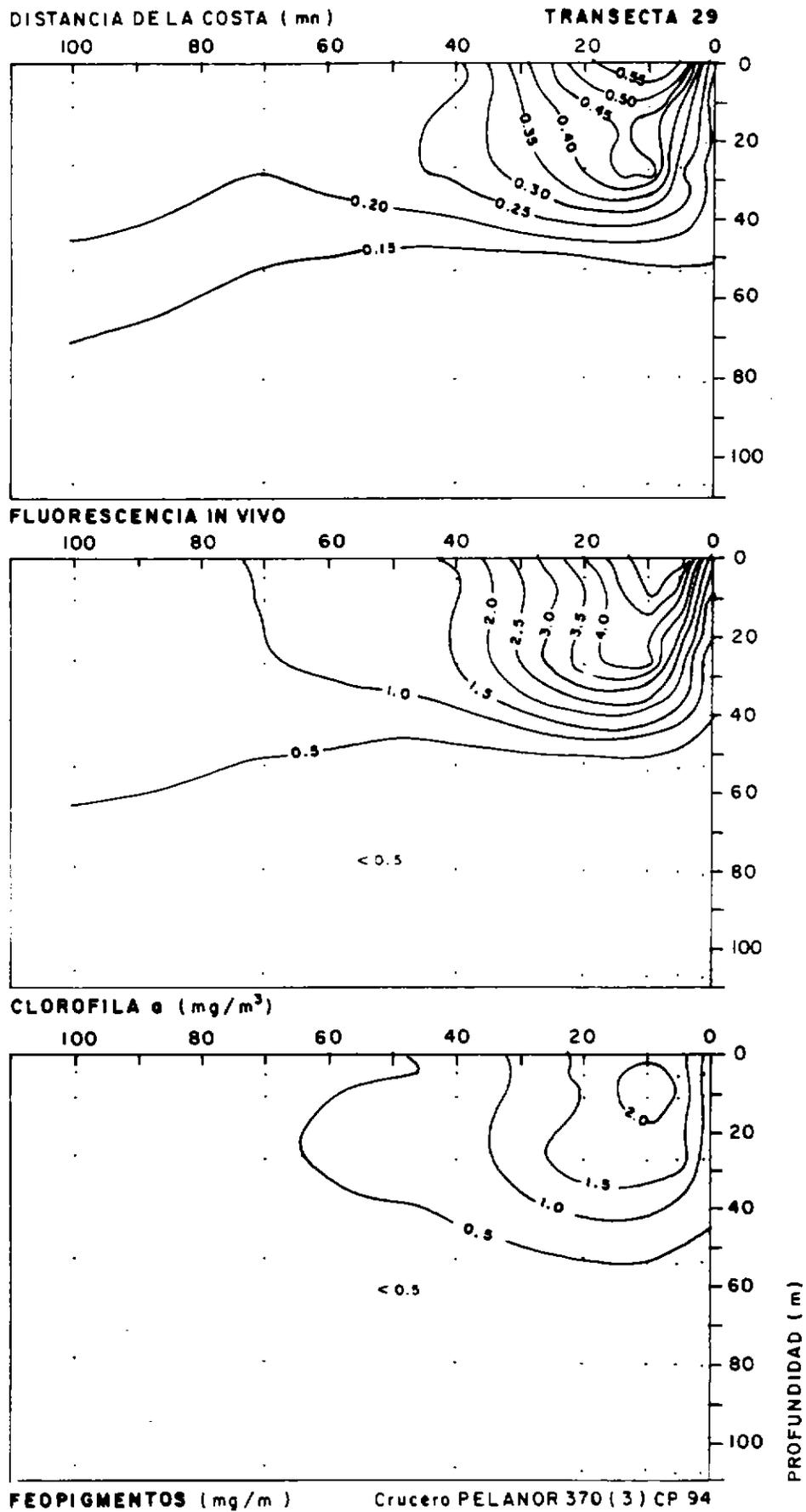


Figura 51. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 29. (Lat. 27° 45'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

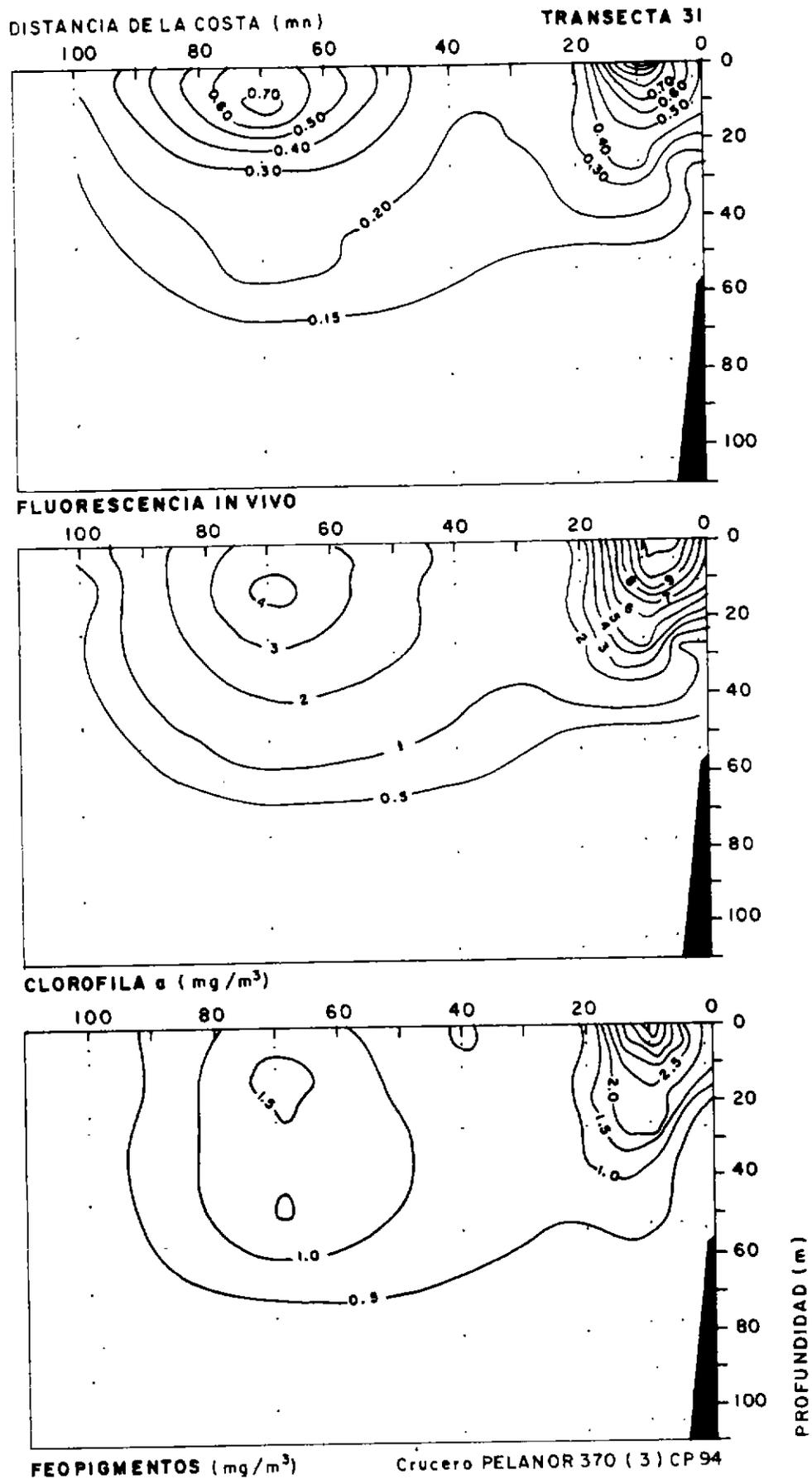


Figura 52. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) y feopigmentos (mg/m<sup>3</sup>) en la transecta 31. (Lat. 28° 35'S). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

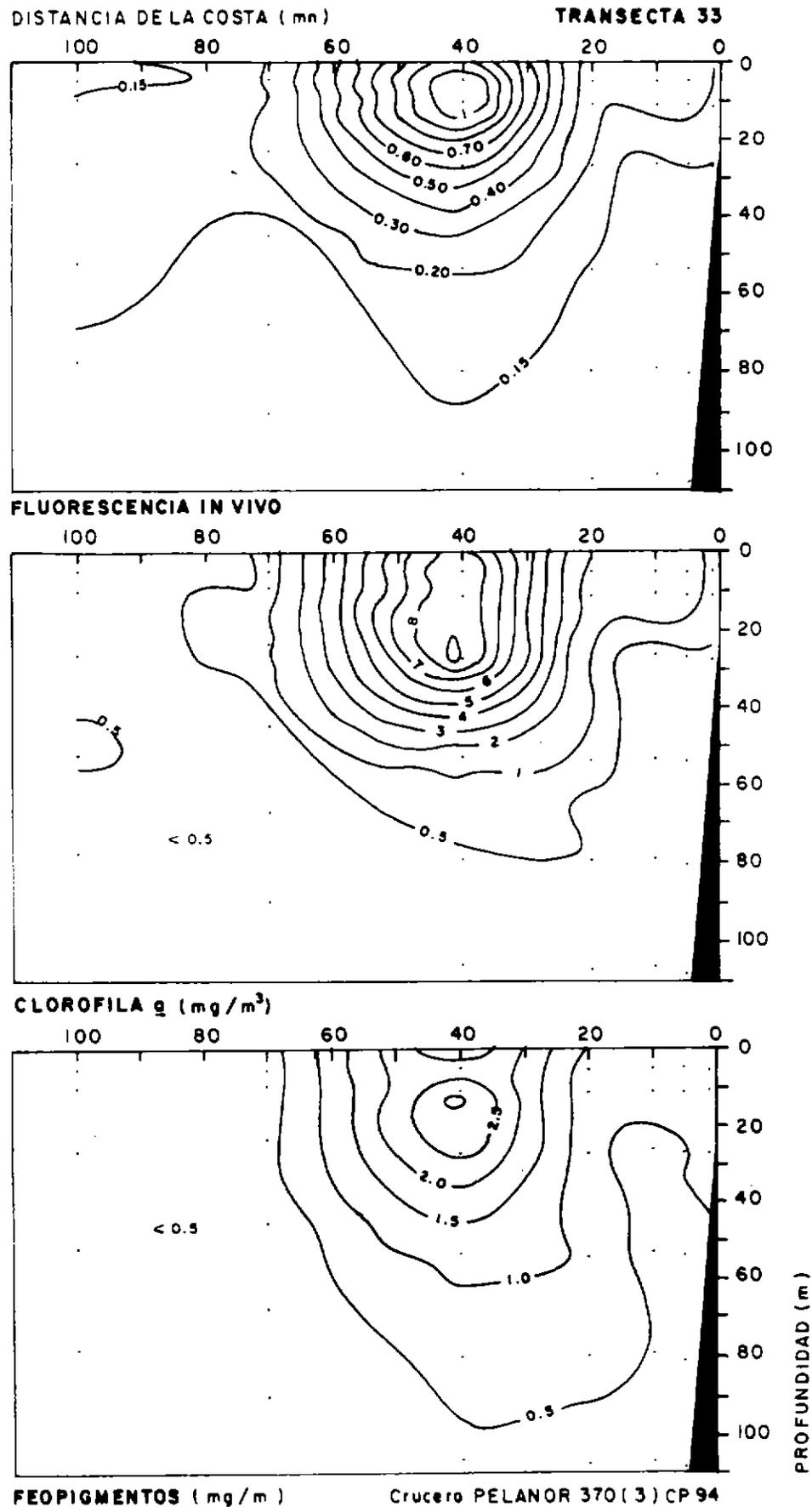


Figura 53. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila  $a$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y feopigmentos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la transecta 33. (Lat.  $29^{\circ} 25'S$ ). Crucero PELANOR 370(3)94CP.

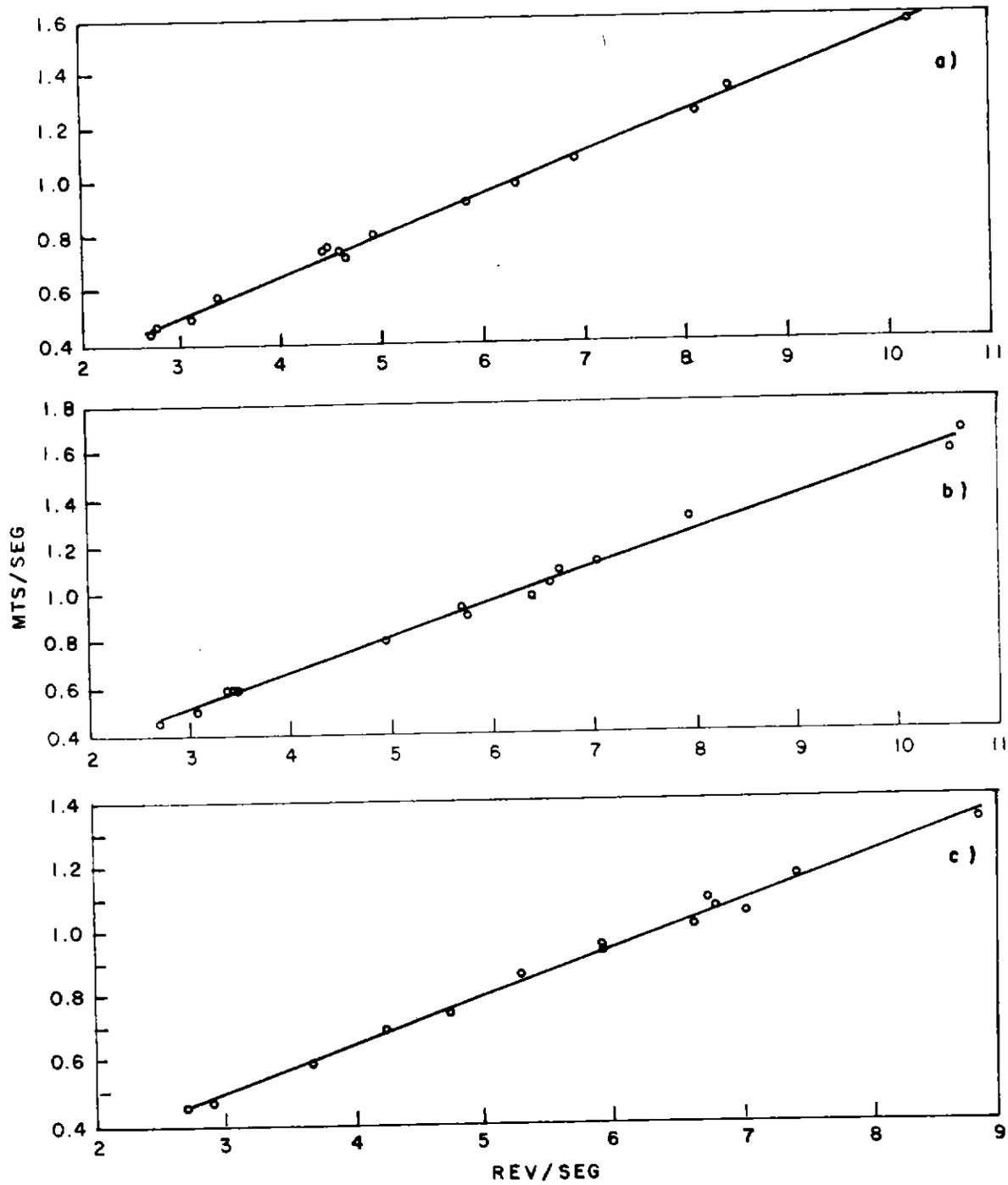


Figura 54. Curvas de calibración de flujómetros utilizados en crucero PELANOR 9408-09. TSK 4909, TSK 4456 y TSK 4763.

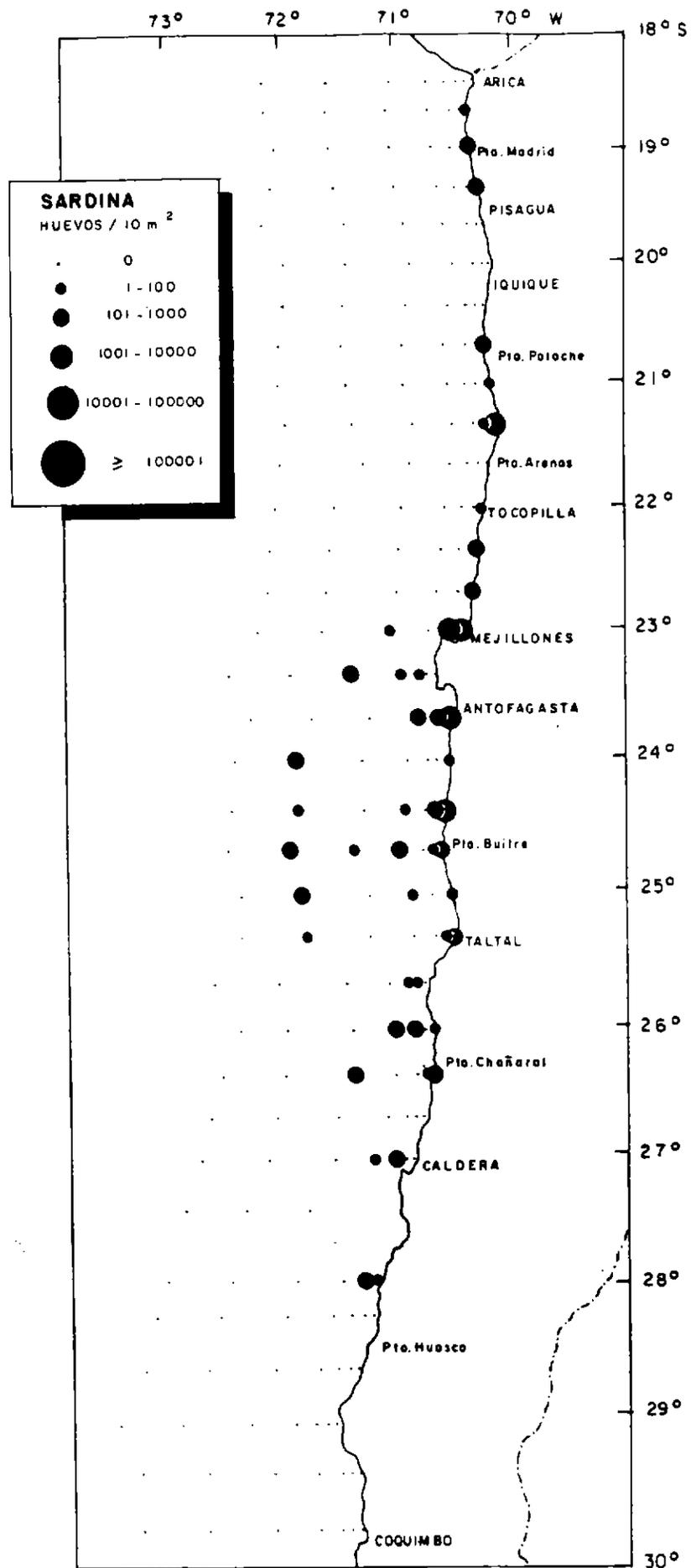


Figura 55. Distribución y abundancia de huevos de sardina, *Sardinops sagax*.

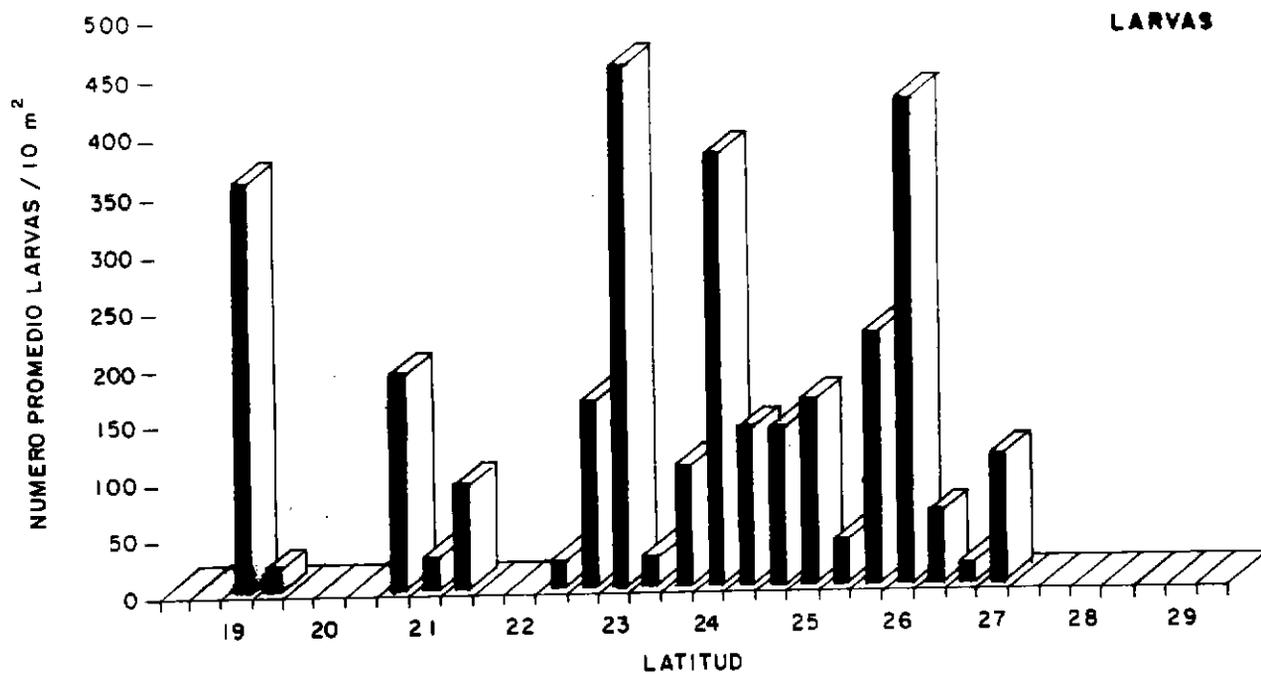
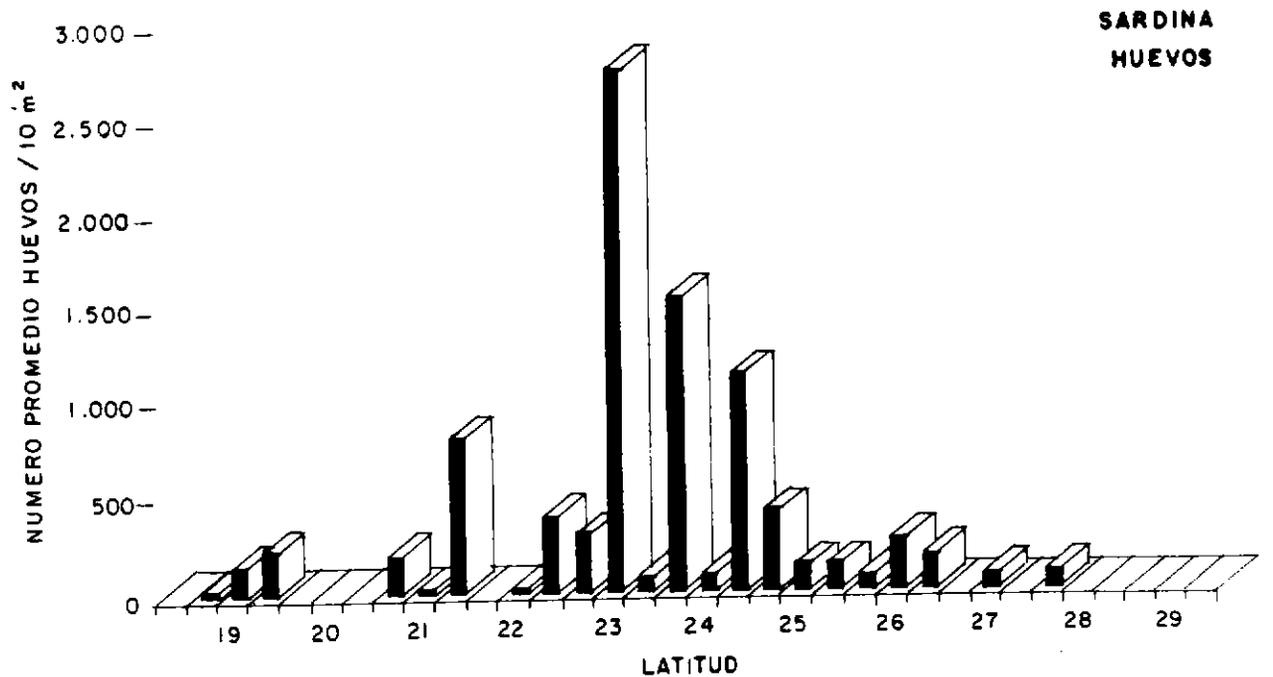


Figura 56. Abundancia promedio de huevos y larvas de sardina con respecto a la latitud.

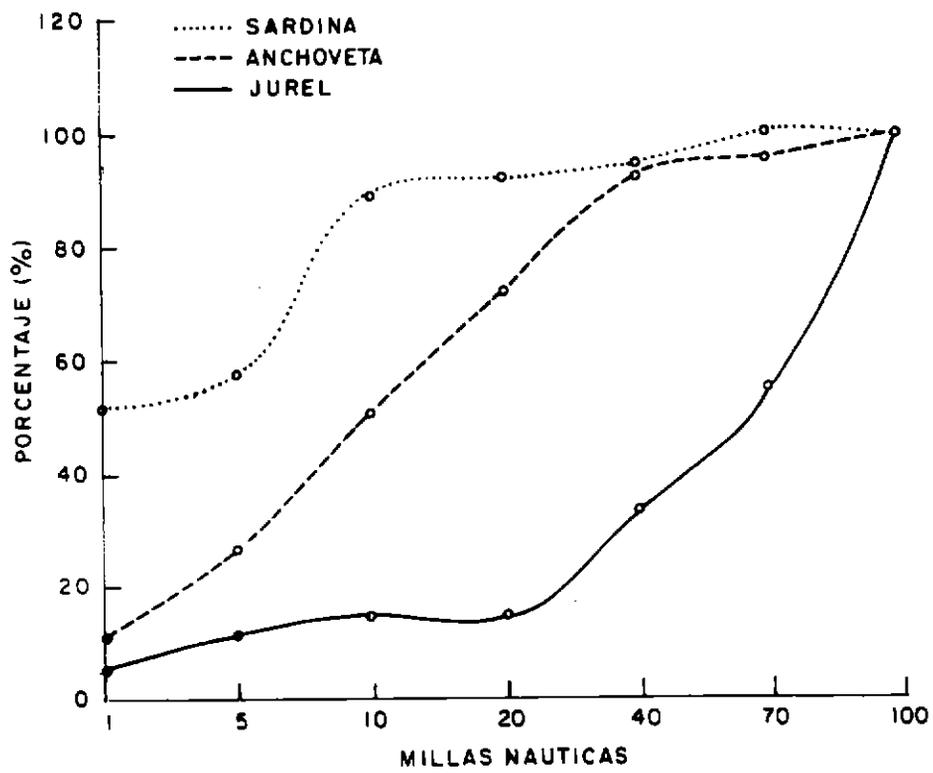


Figura 57. Frecuencia acumulada de huevos de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa.

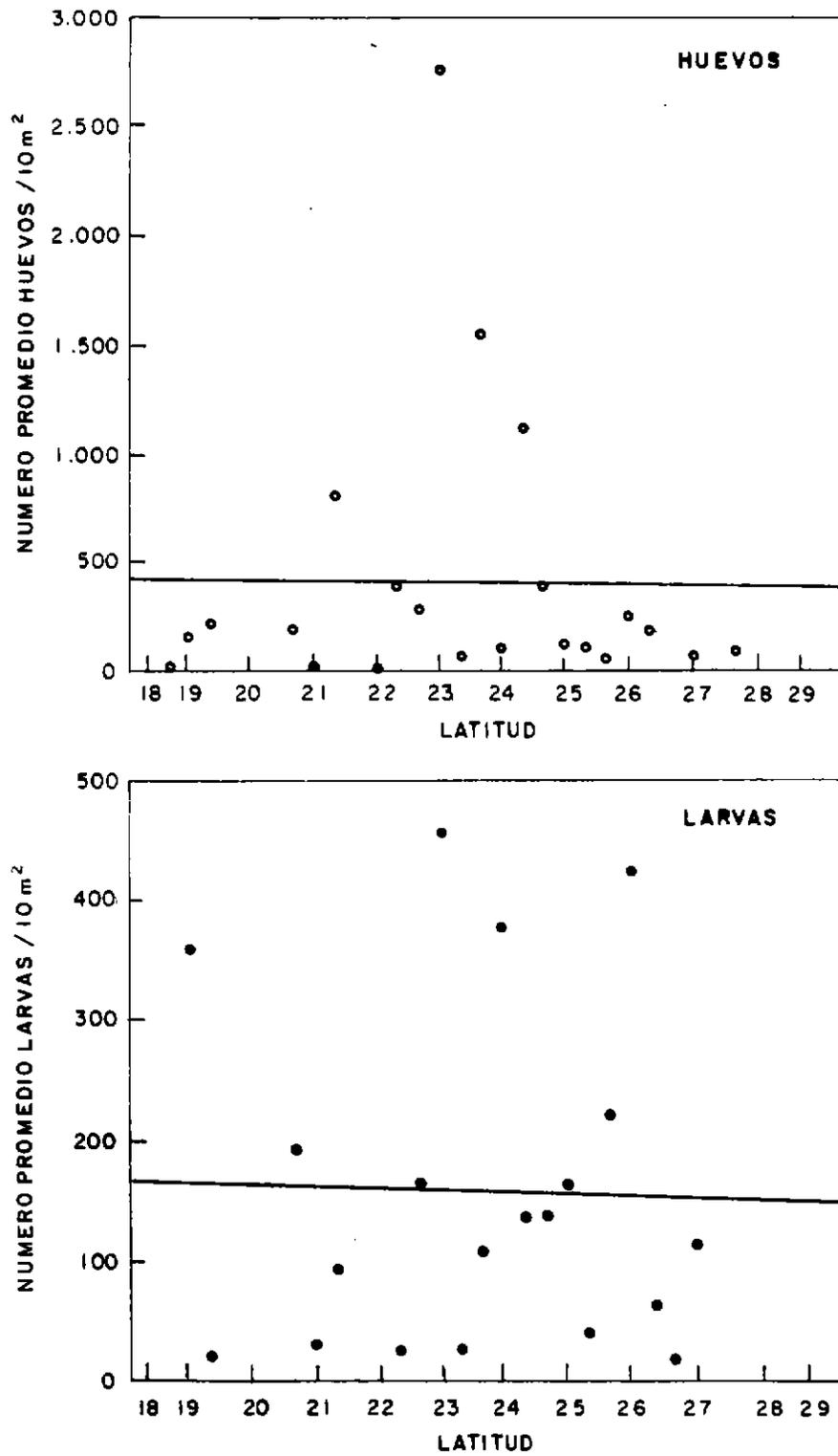


Figura 58. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina con respecto a la latitud.

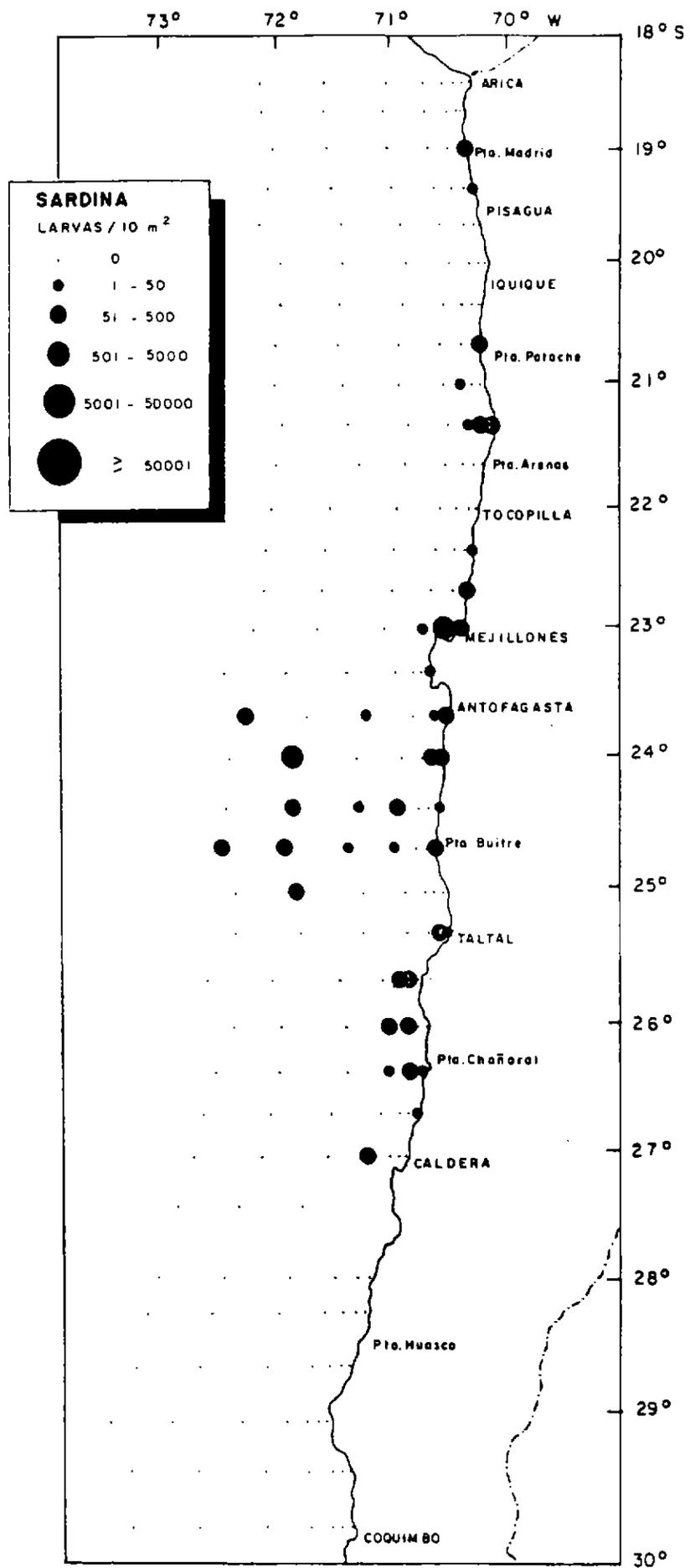


Figura 59. Distribución y abundancia de larvas de sardina, Sardinops sagax.

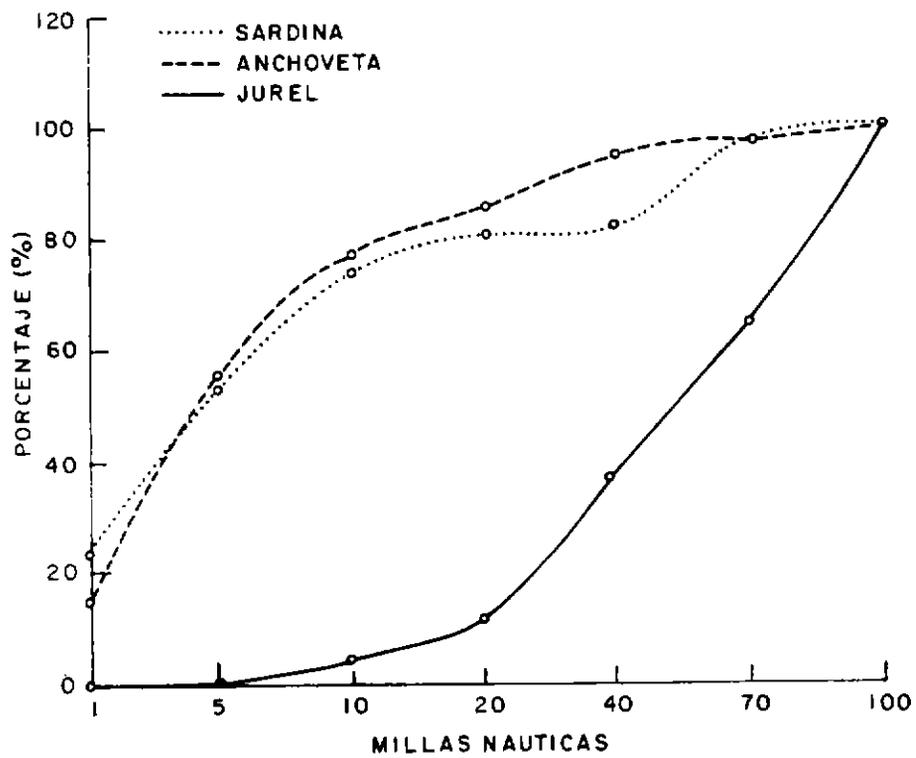


Figura 60. Frecuencia acumulada de larvas de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa.

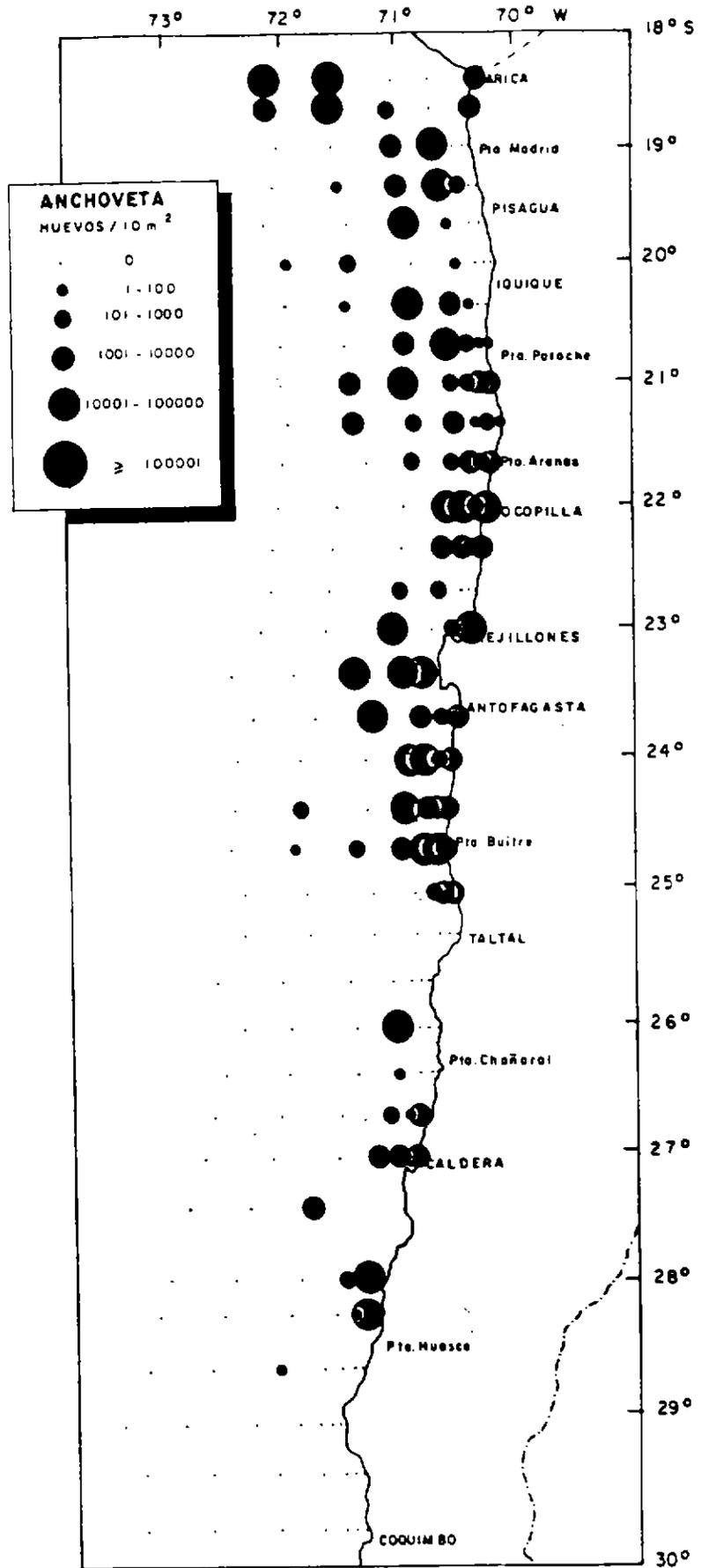


Figura 61. Distribución y abundancia de huevos de anchoveta, Engraulis ringens.

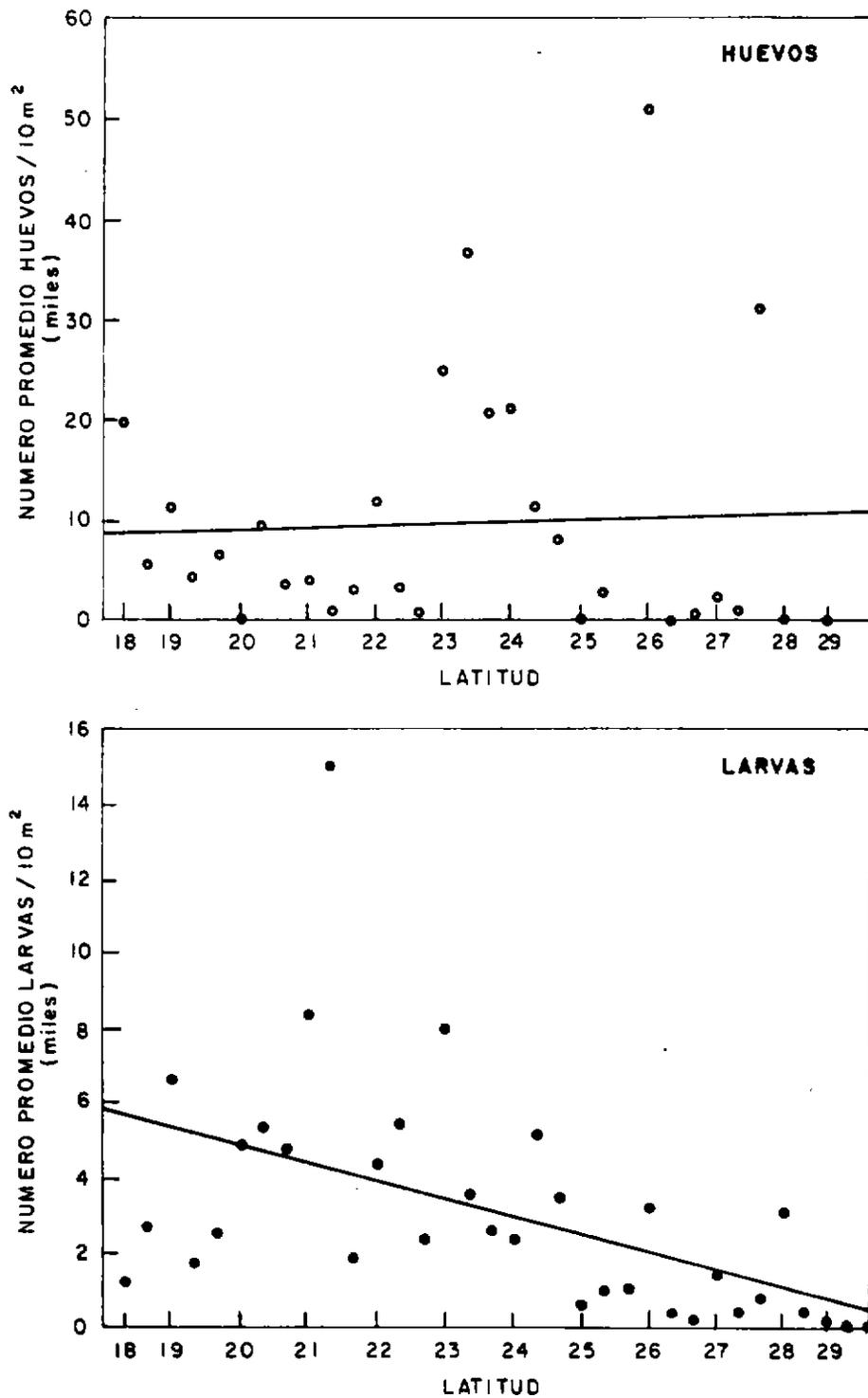


Figura 62. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la latitud.

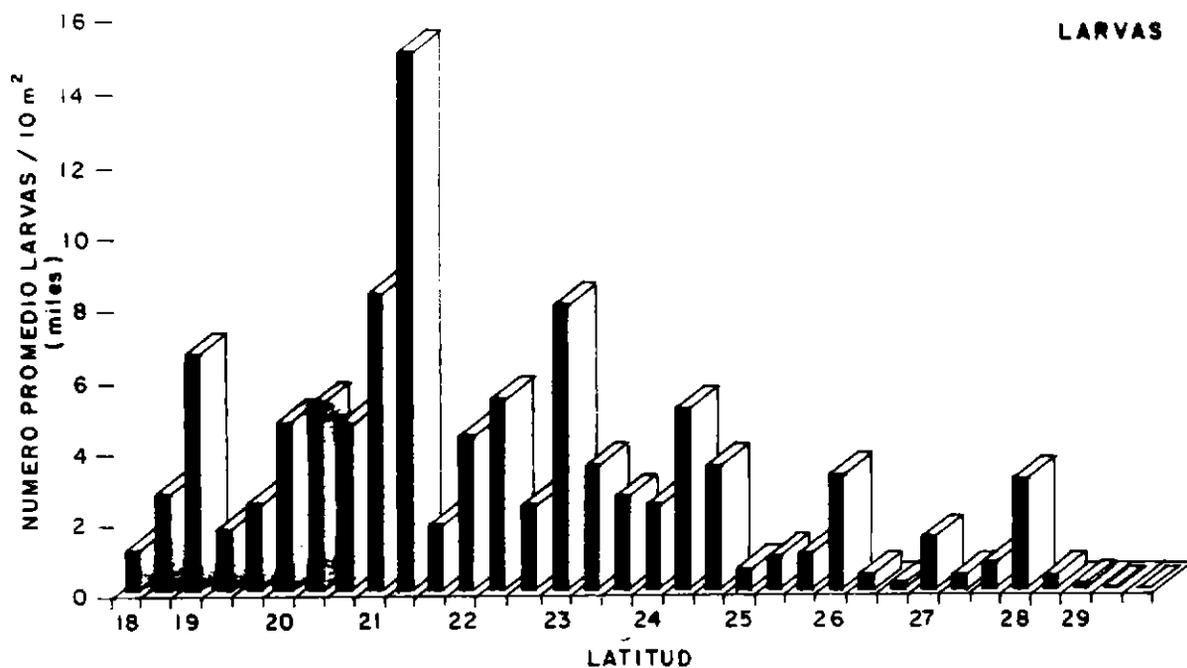
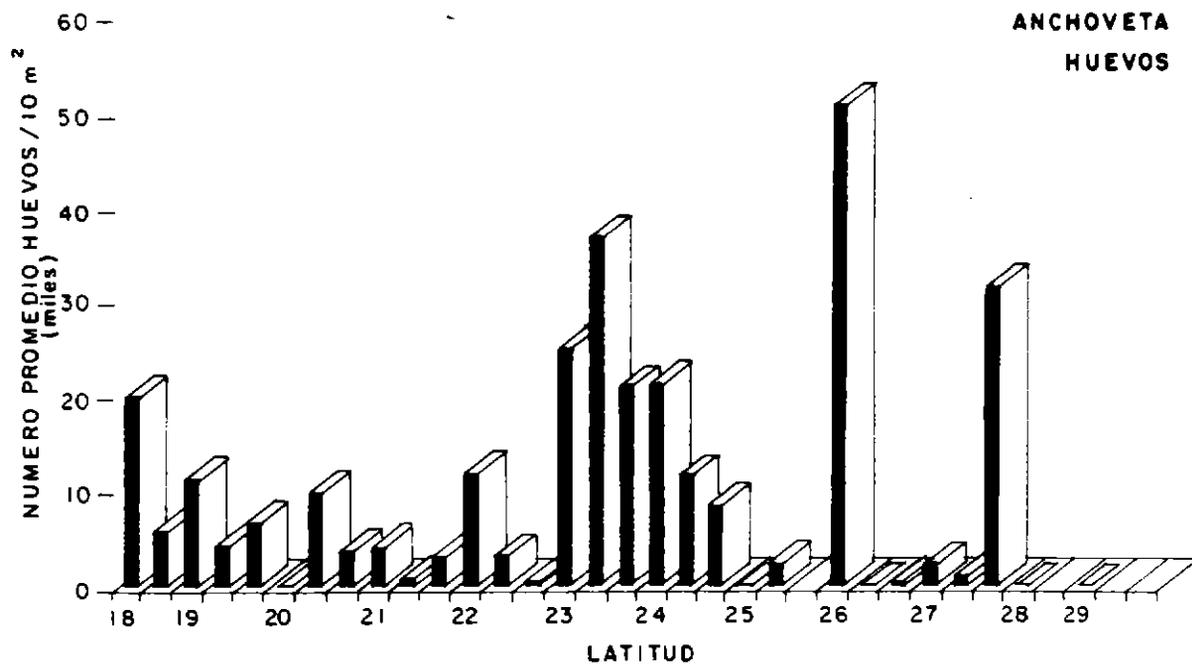


Figura 63. Abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la latitud.

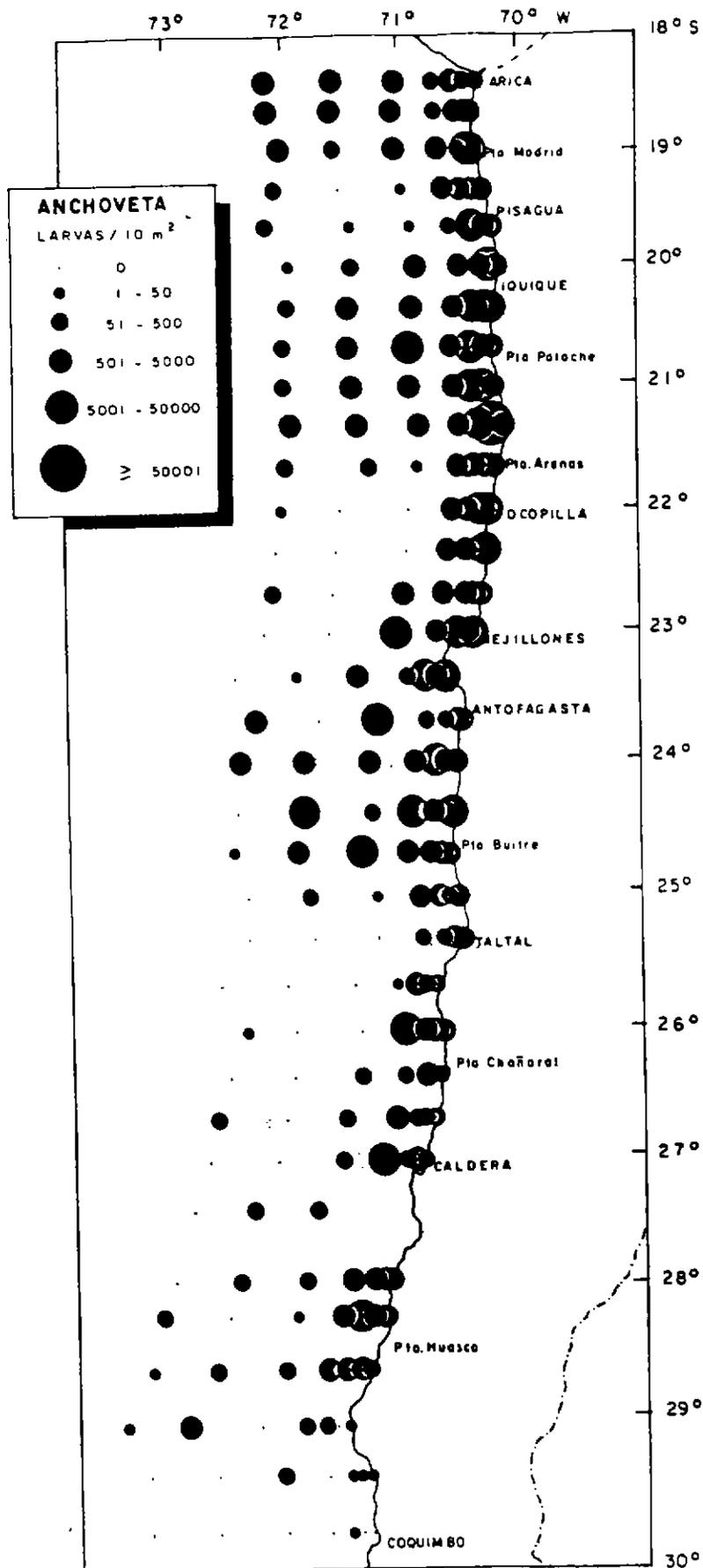


Figura 64. Distribución y abundancia de larvas de anchoveta, Engraulis ringens.

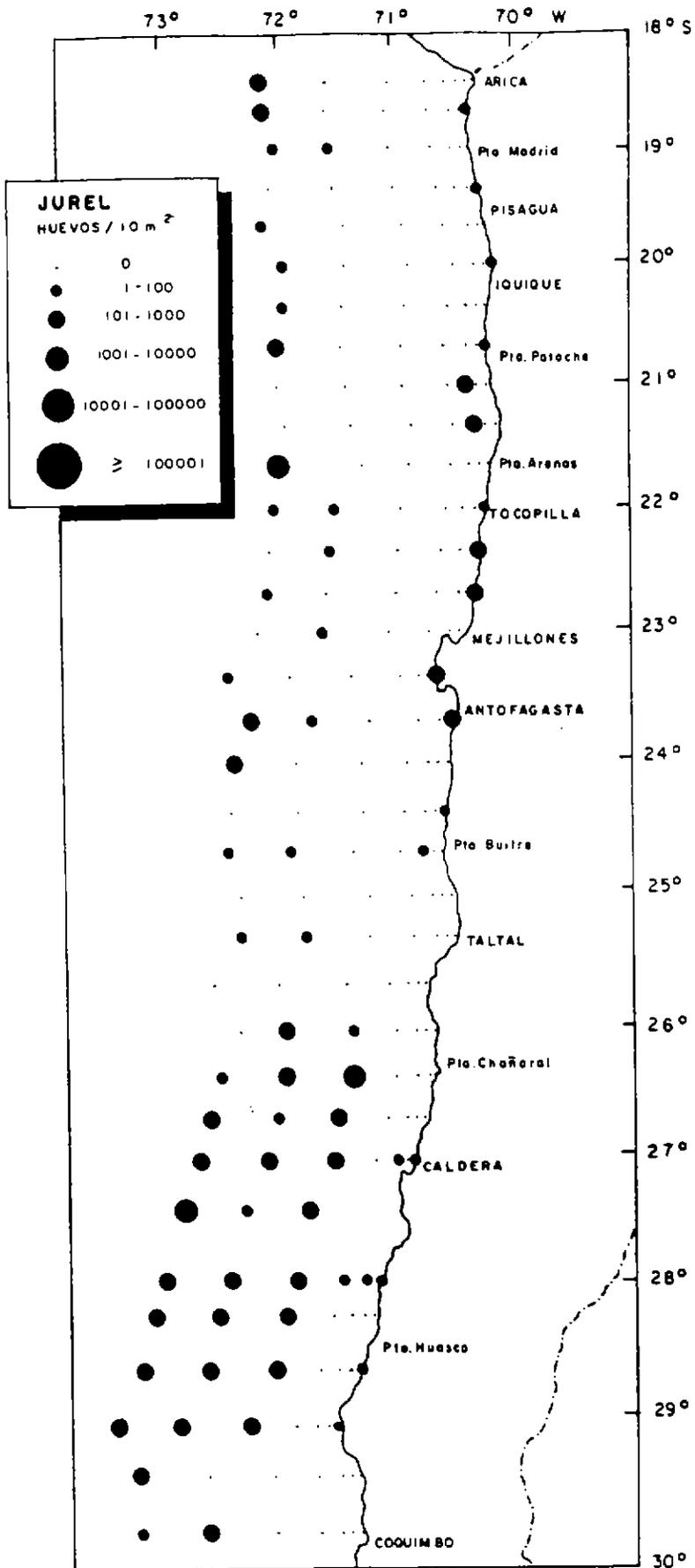


Figura 65. Distribución y abundancia de huevos de jurel, Trachurus murphyi.

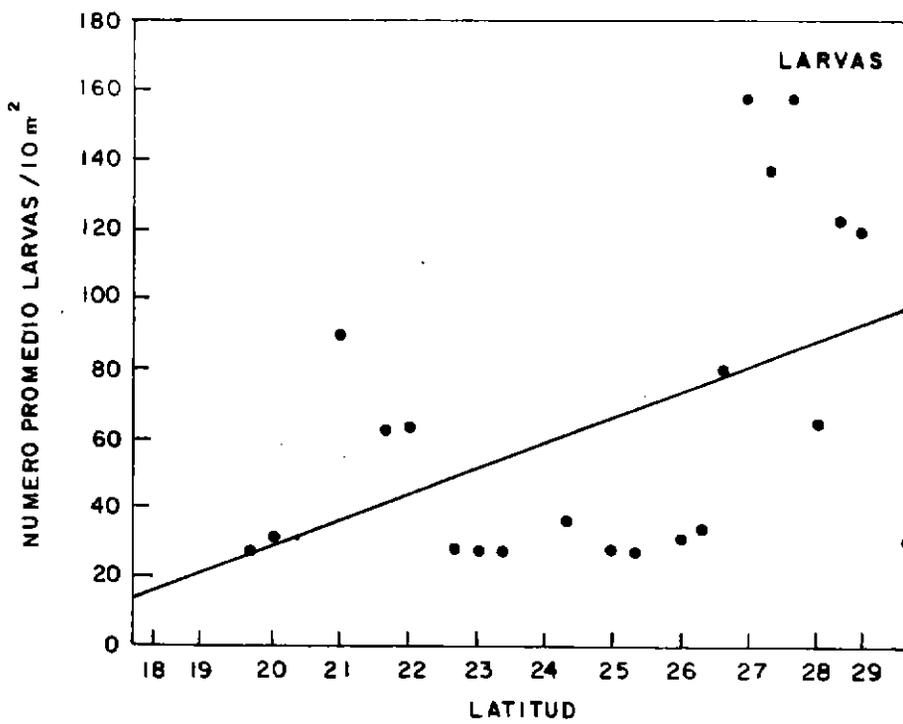
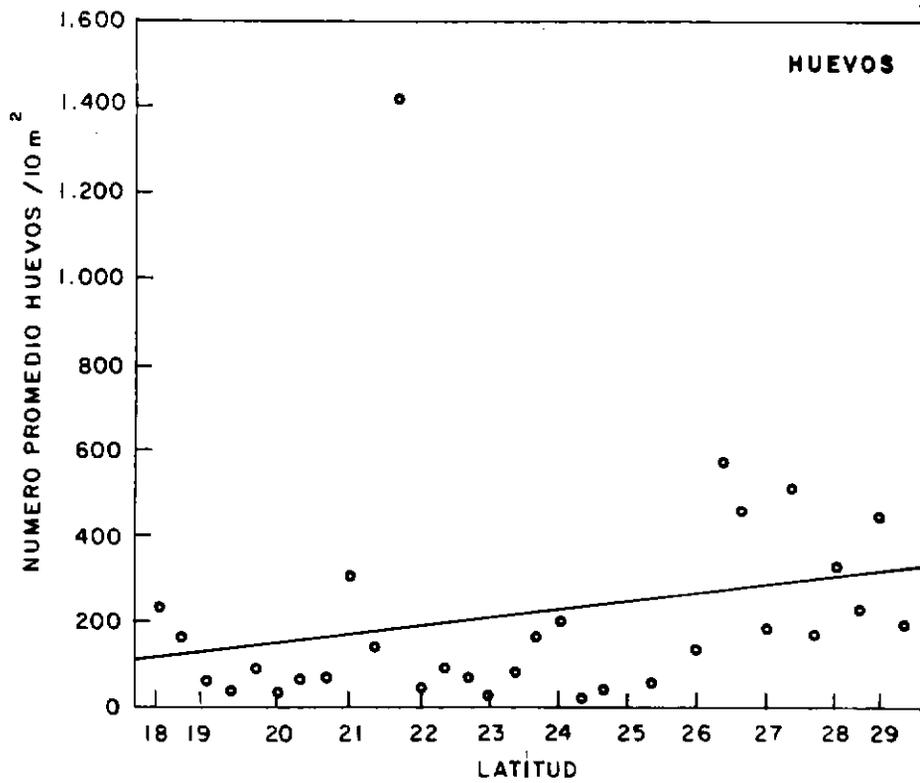


Figura 66. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de jurel con respecto a la latitud.

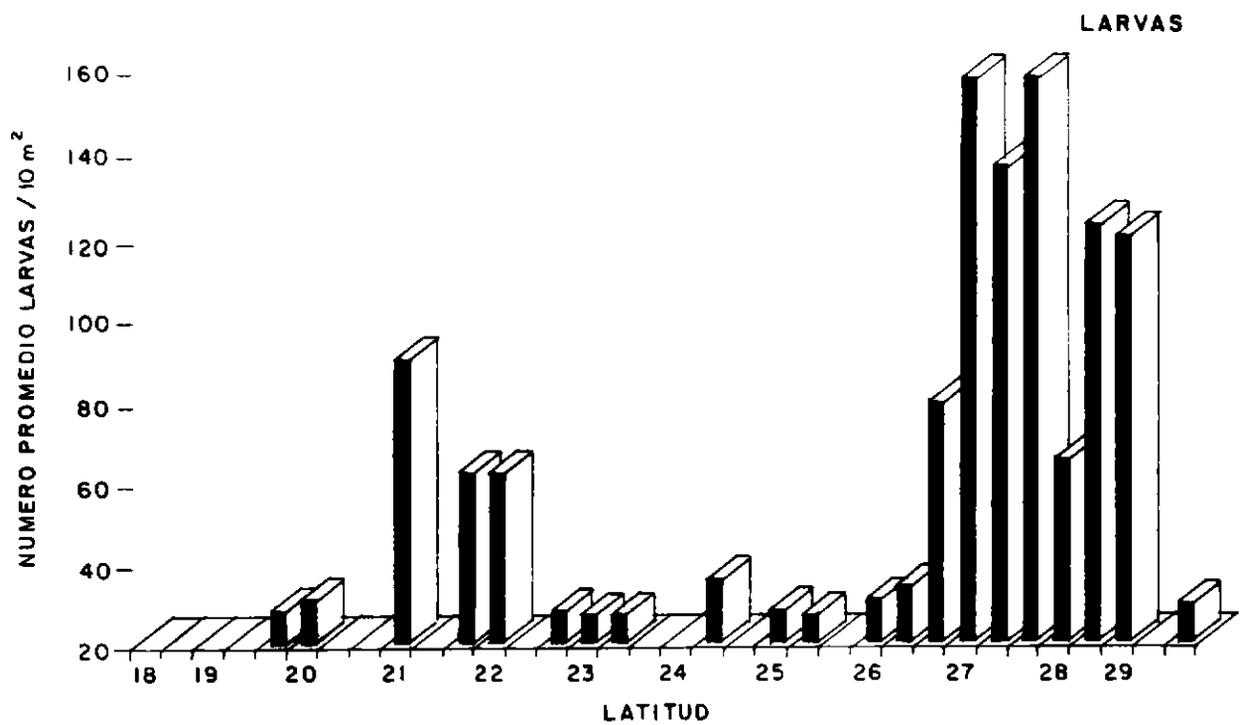
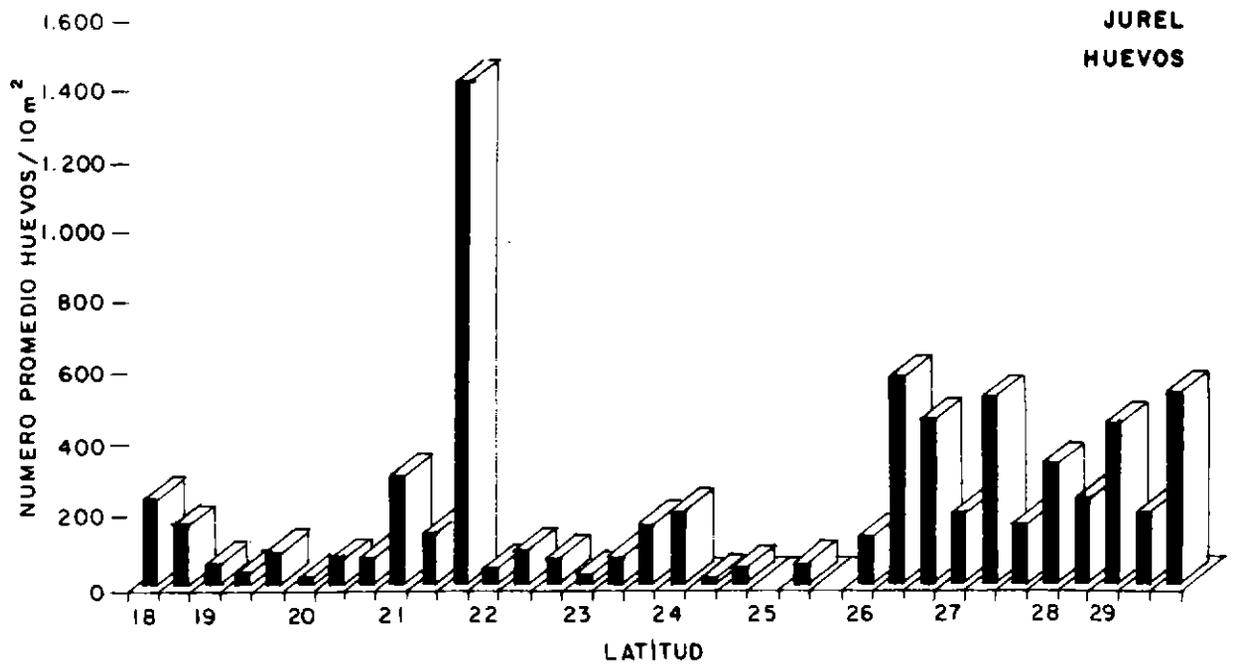


Figura 67. Abundancia promedio de huevos y larvas de jurel con respecto a la latitud.

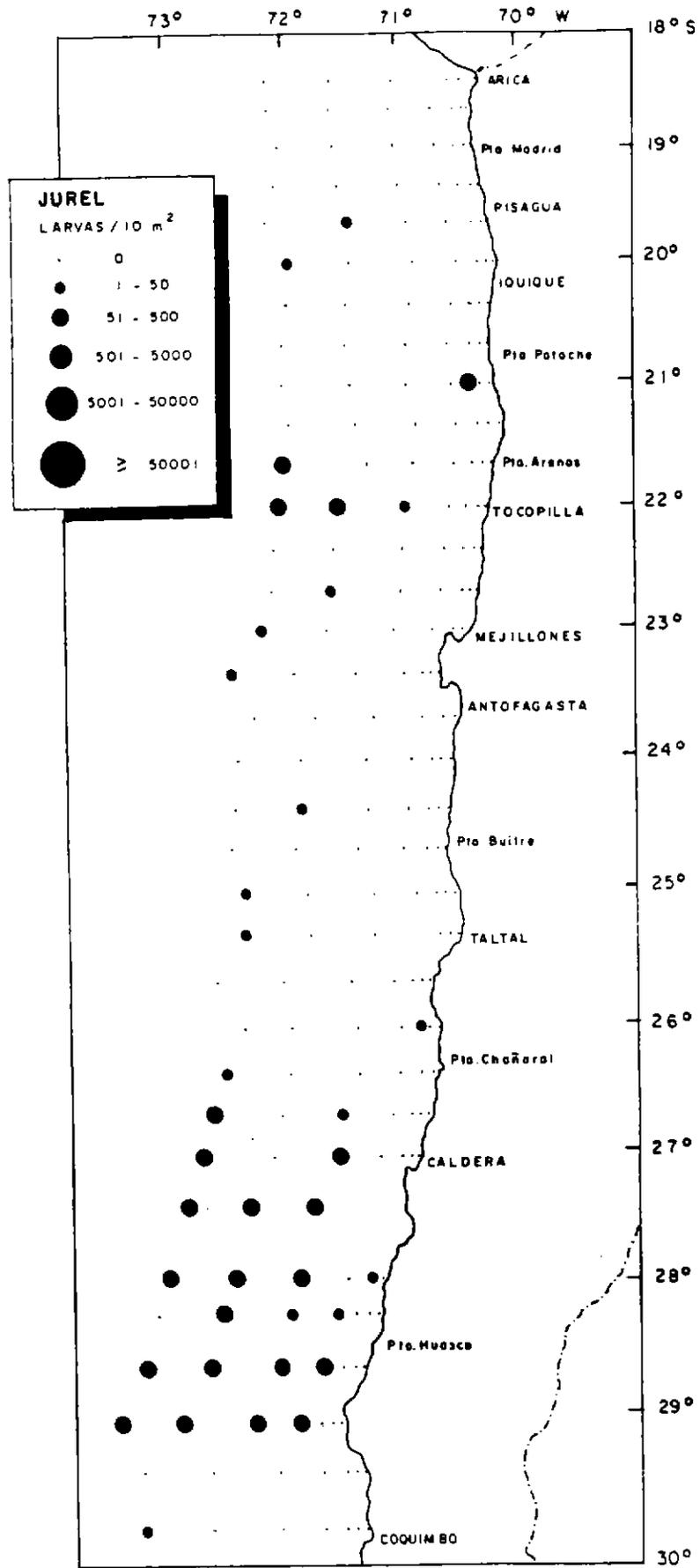


Figura 68. Distribución y abundancia de larvas de jurel, Trachurus murphyi.

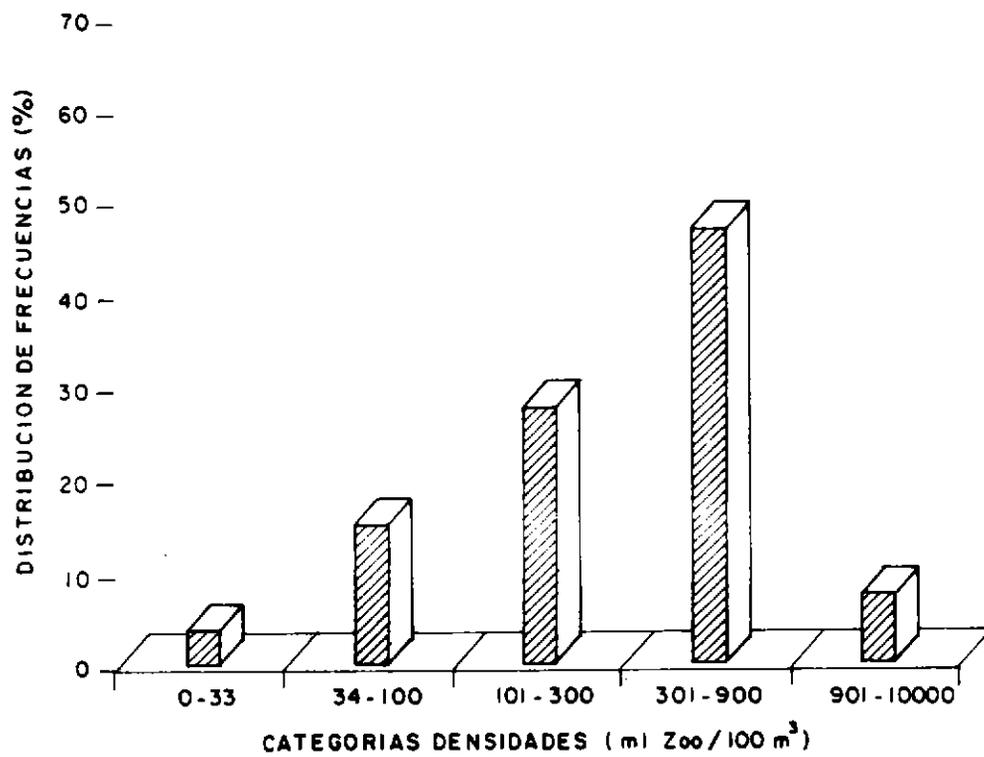


Figura 69. Distribución de frecuencias por categorías de densidades de la biomasa zooplanctónica.

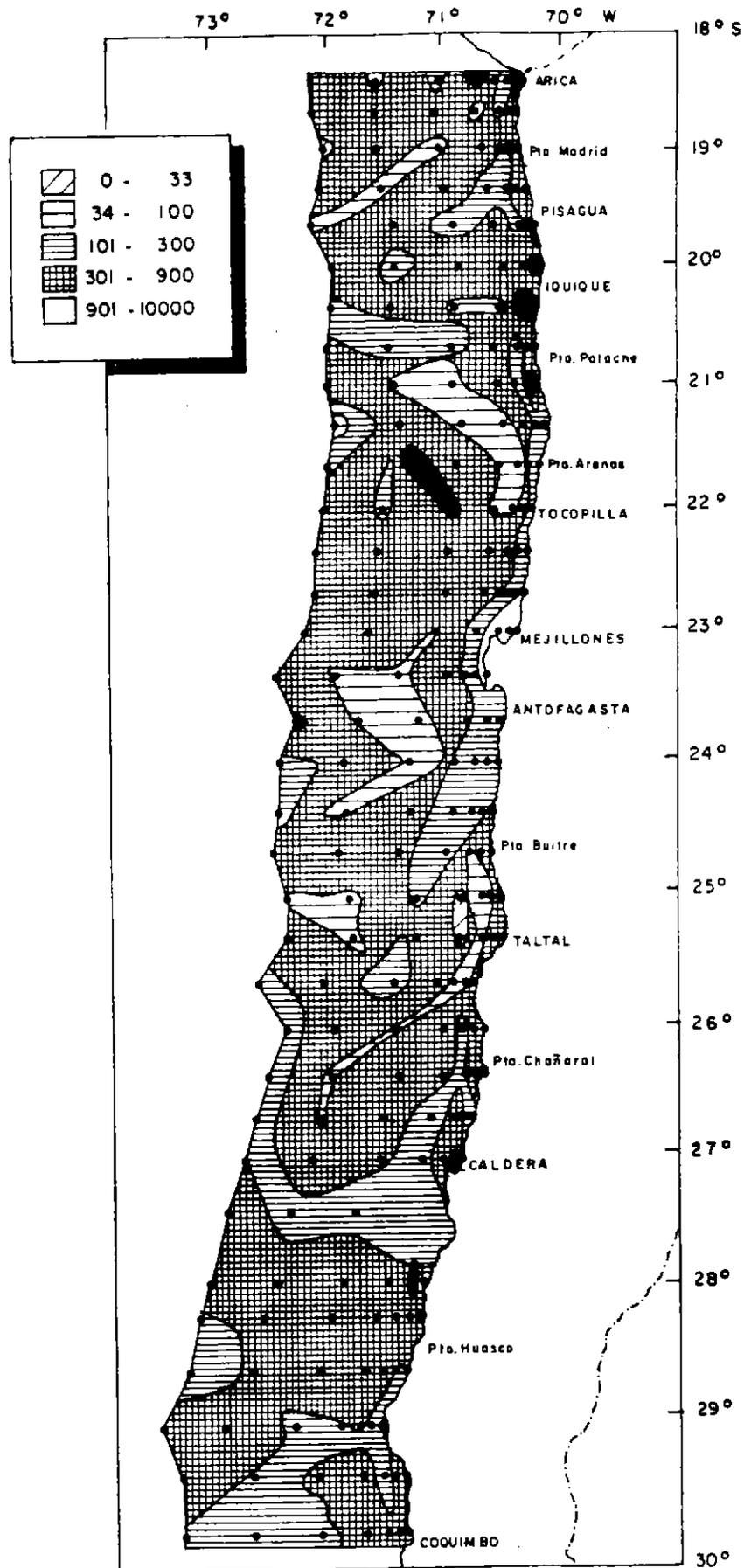


Figura 70. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica total en ml/1.000m<sup>3</sup>.

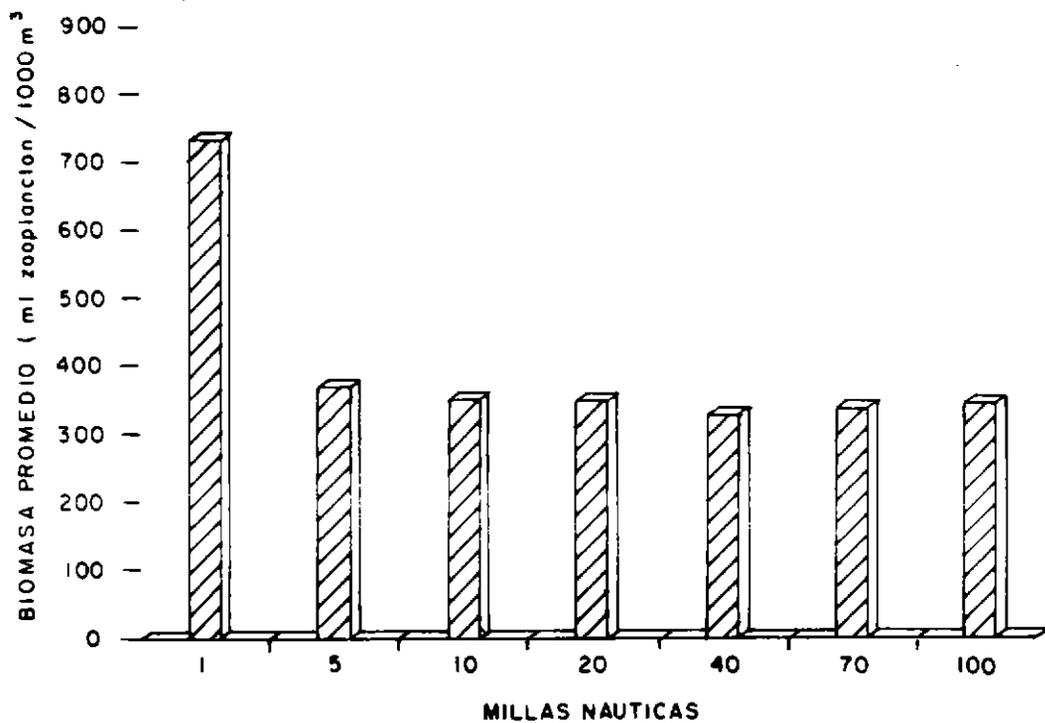


Figura 71. Niveles de abundancia de la biomasa zooplanctónica por estaciones a igual distancia de la costa.

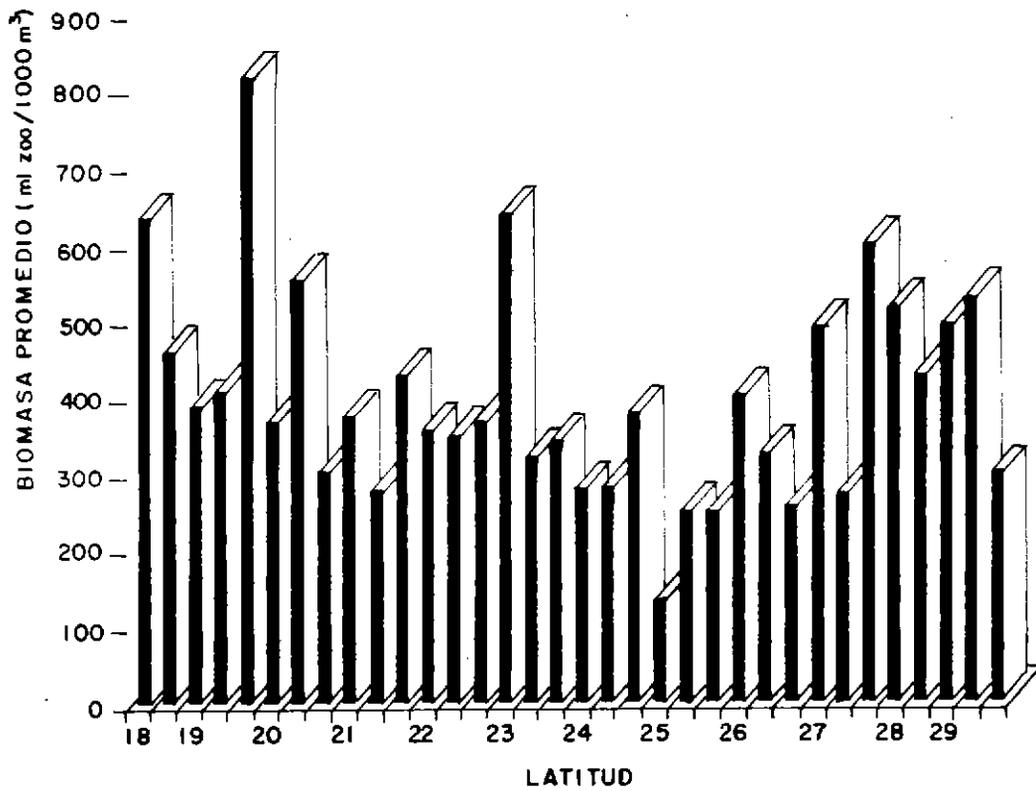


Figura 72. Biomasa promedio del zooplancton con respecto a la latitud.

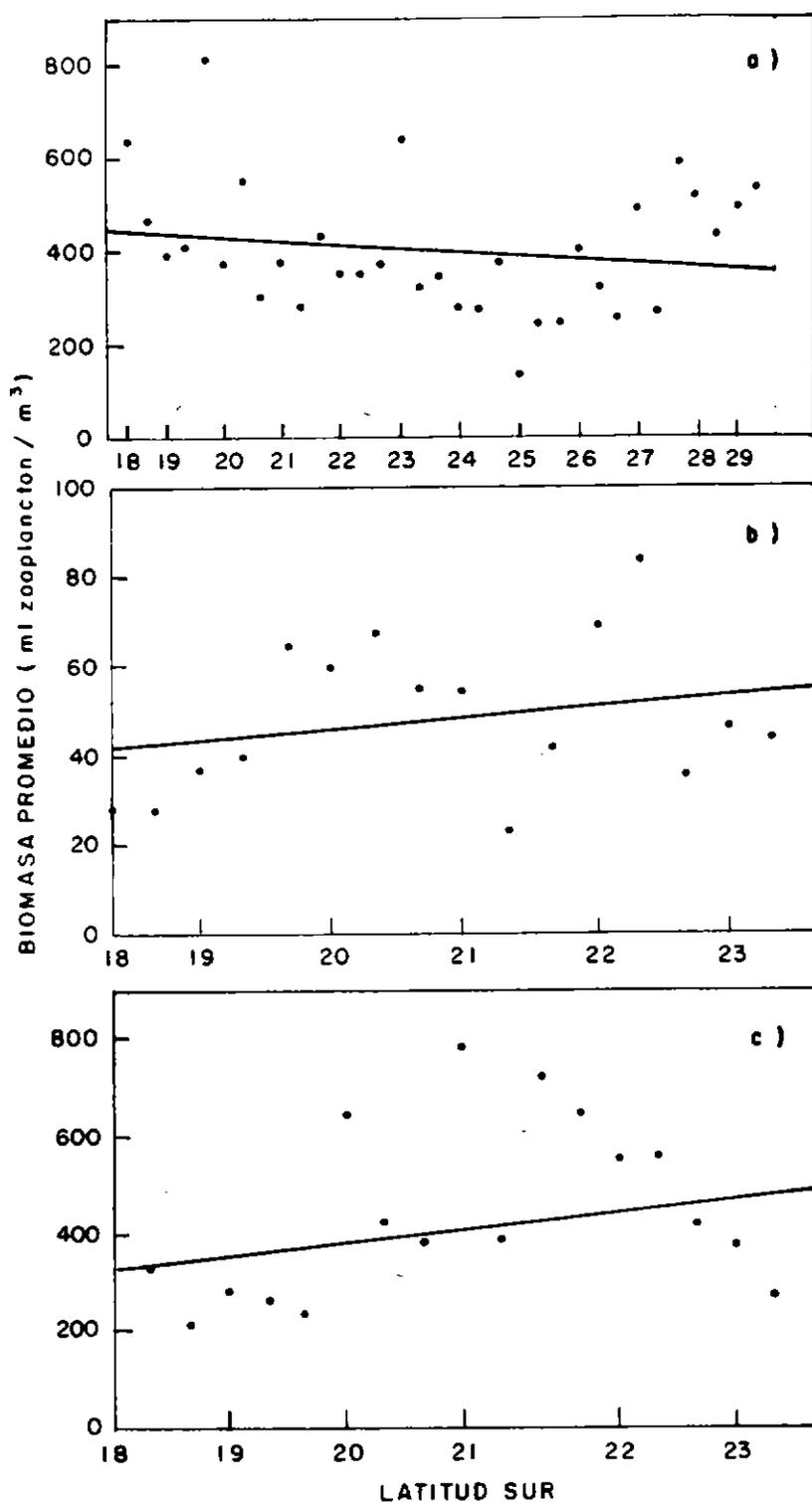


Figura 73. Curvas de tendencia de la abundancia promedio del zooplancton con respecto a la latitud en invierno de los años 1994(a), 1993(b) y 1992(c).

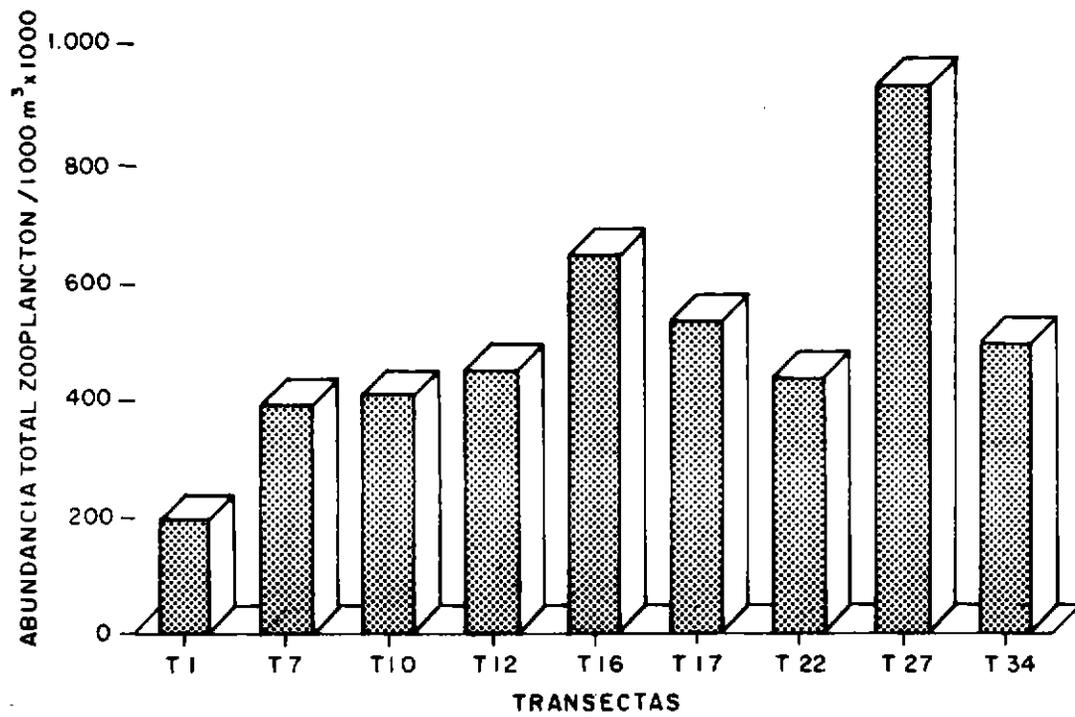


Figura 74. Niveles de abundancia del zooplancton en 1.000m<sup>3</sup> por transecta

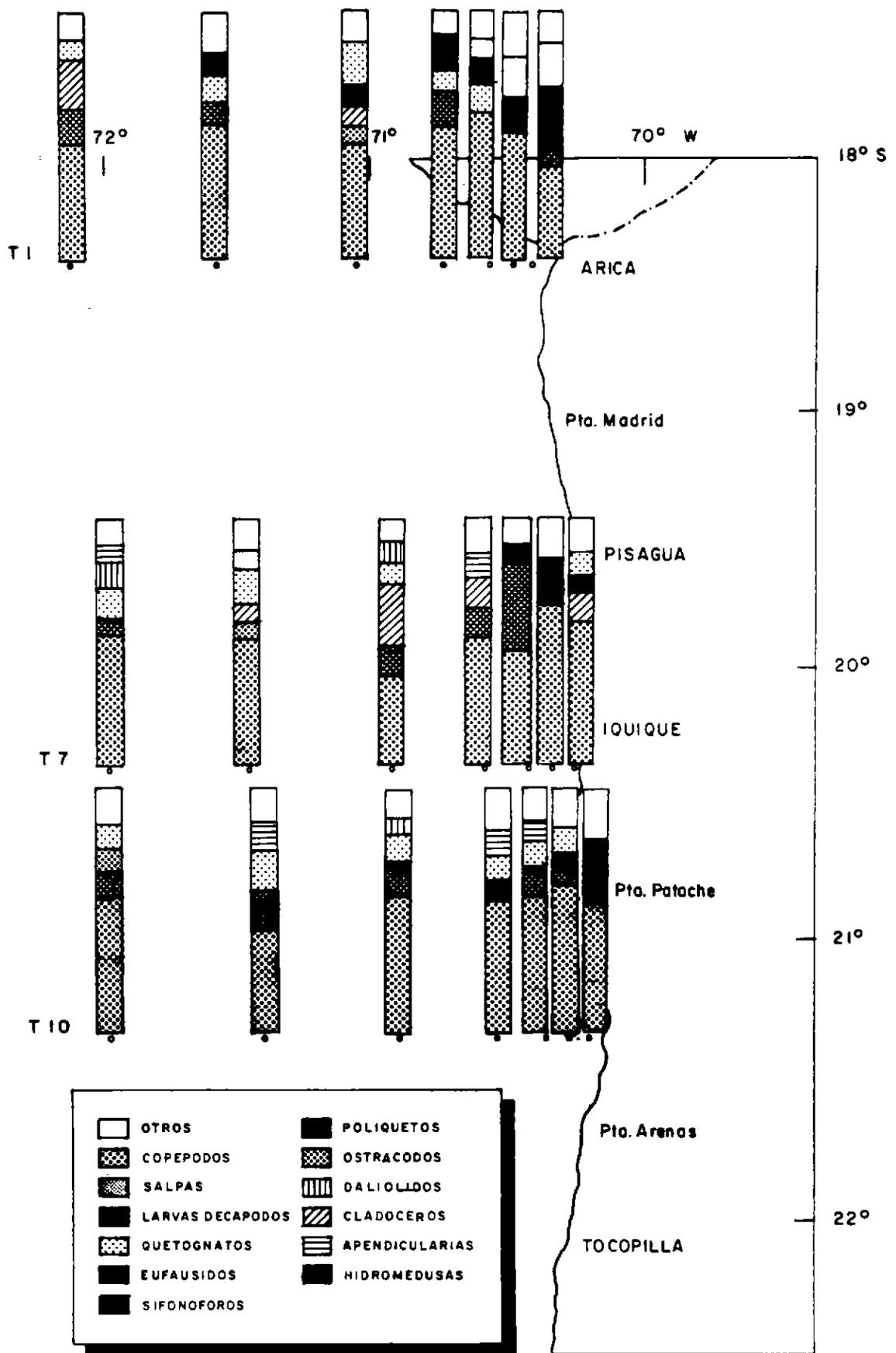


Figura 75. Composición y distribución del zooplancton para las transectas 1, 7 y 10

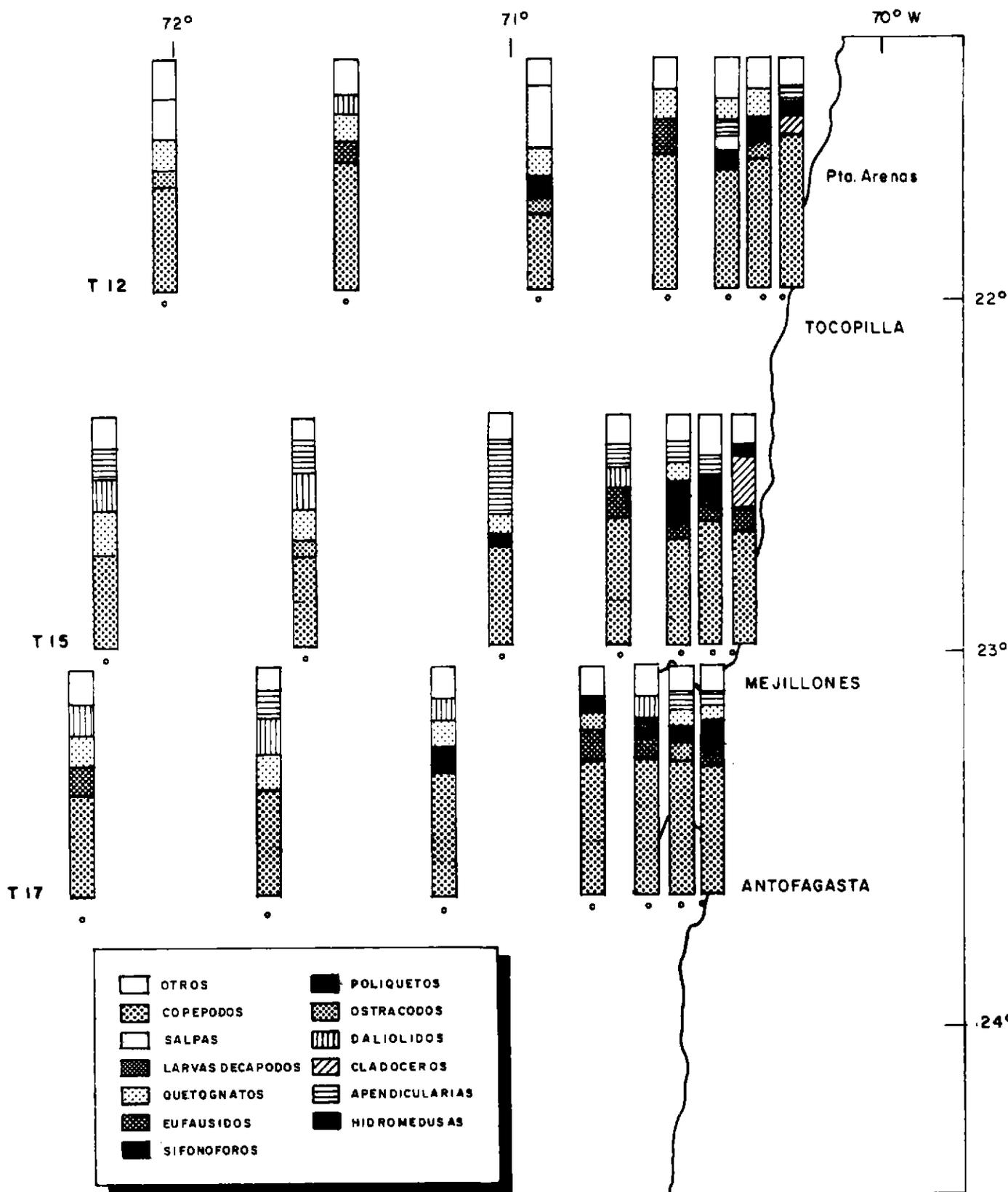


Figura 76. Composición y distribución del zooplancton para las transectas 12, 15 y 17

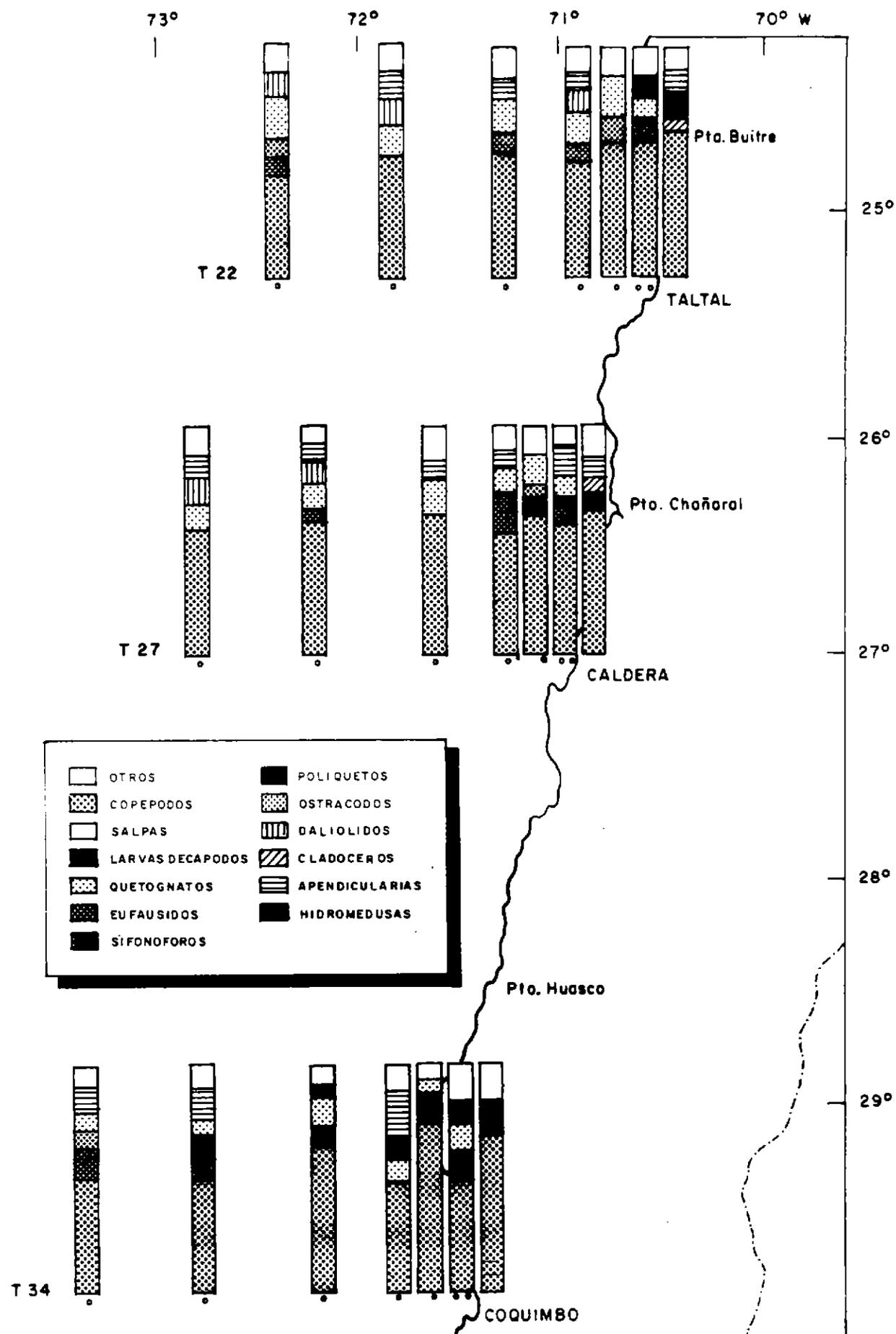


Figura 77. Composición y distribución del zooplancton para las transectas 22, 27 y 34

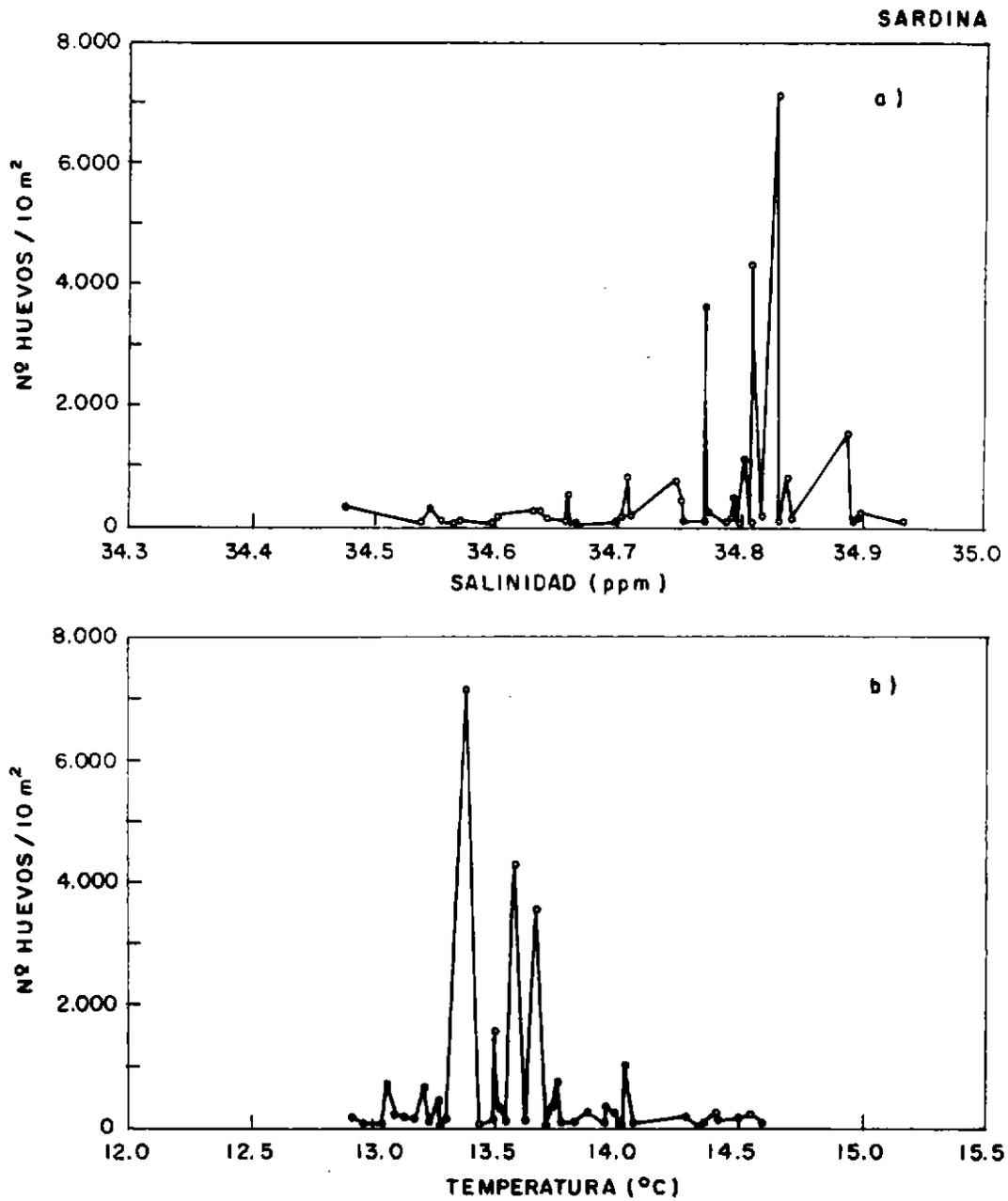


Figura 78. Relación entre la abundancia de huevos de sardina y los promedios ponderados (0-100m) de salinidad y temperatura.

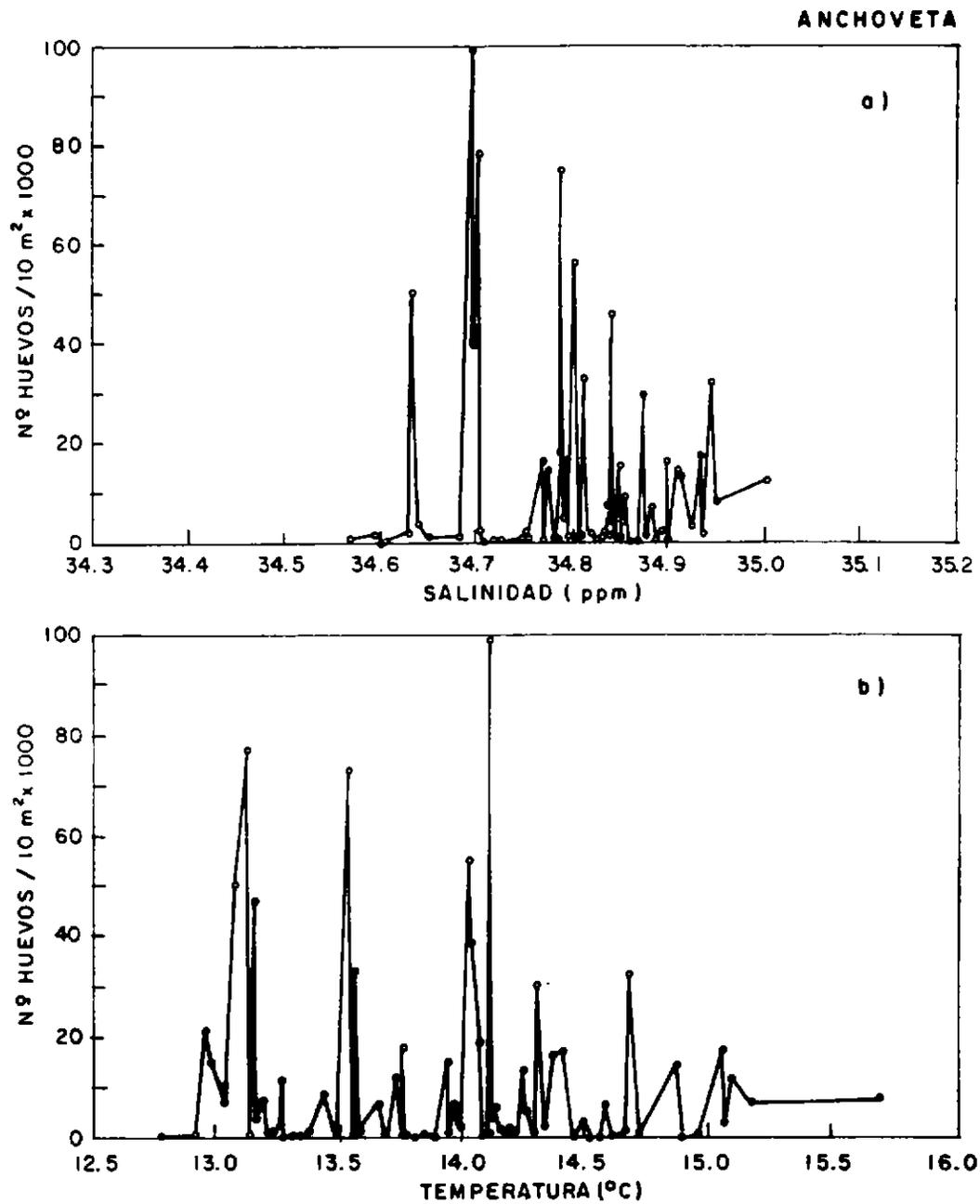


Figura 79. Relación entre la abundancia de huevos de anchoveta y los promedios ponderados (0-100m) de salinidad y temperatura.

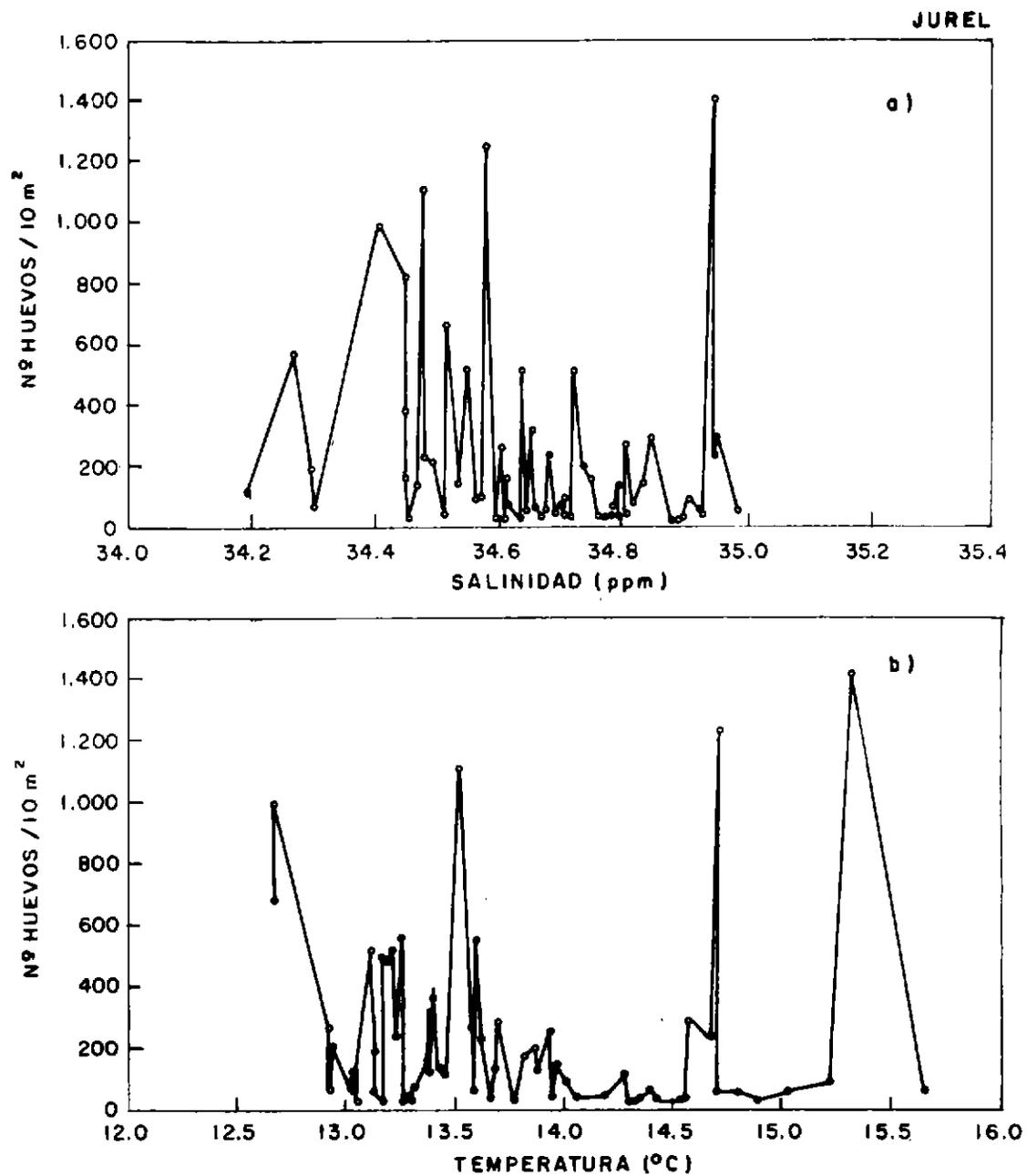


Figura 80. Relación entre la abundancia de huevos de jurel y los promedios ponderados (0-100m) de salinidad y temperatura.

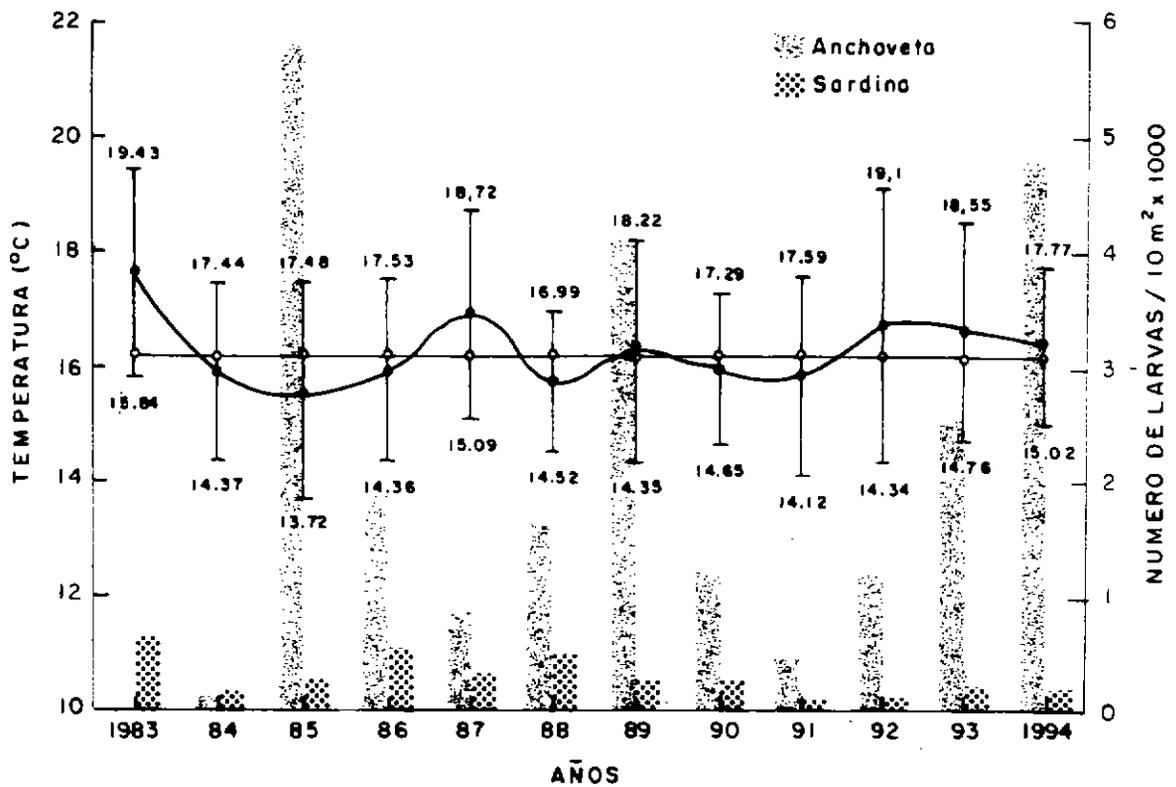


Figura 81. Relación entre la temperatura superficial y la intensidad de desove de anchoveta y sardina

Comment: CARLOS PORTER - 94.08.19 - PELANOR 9408 - 38 KHz

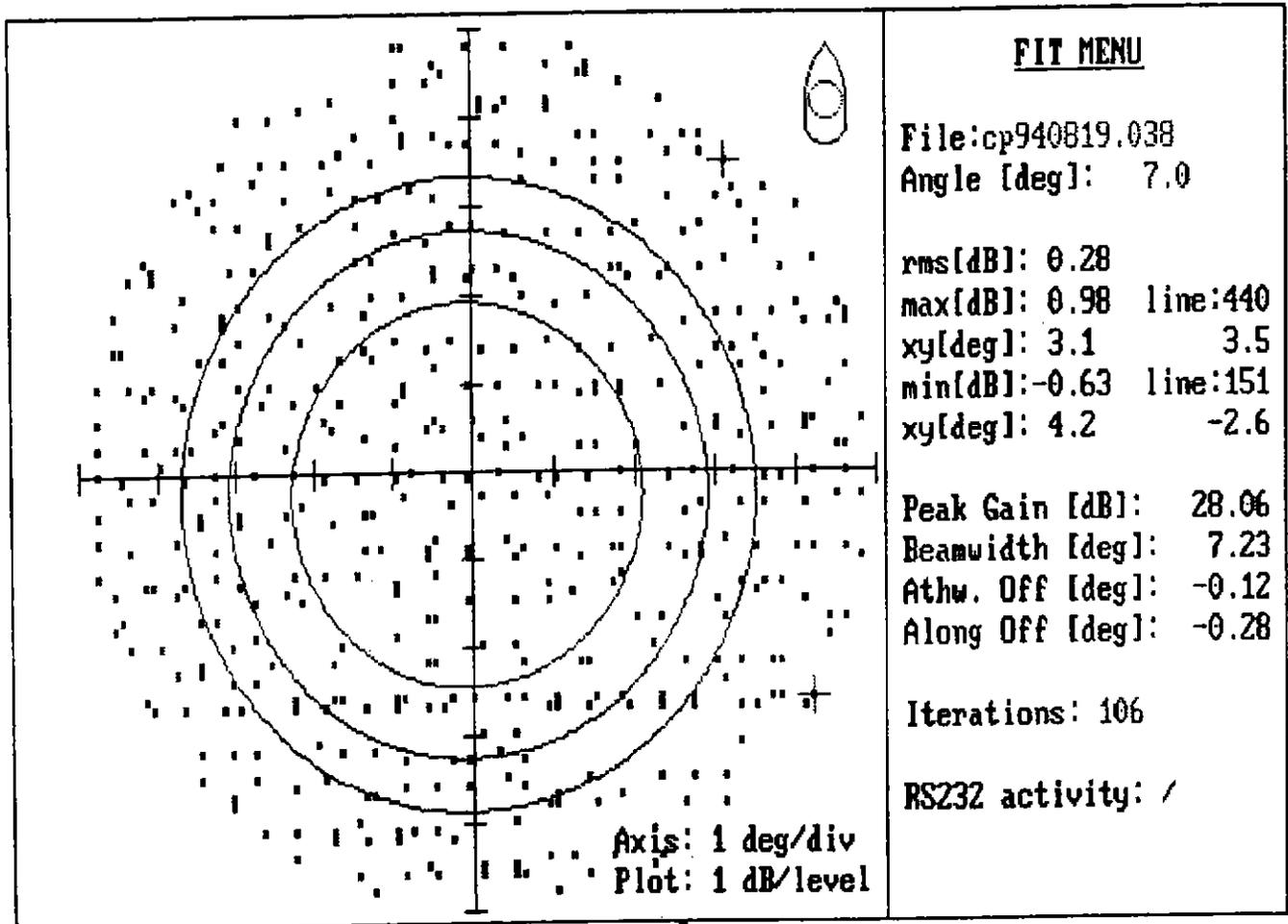


Figura 82. Patrón de directividad medido en la frecuencia de 38 KHz del B/I Carlos Porter. Crucero PELANOR 9408-09.

Comment: CARLOS PORTER - 94.08.19 - PELANOR 9408 - 120 KHz

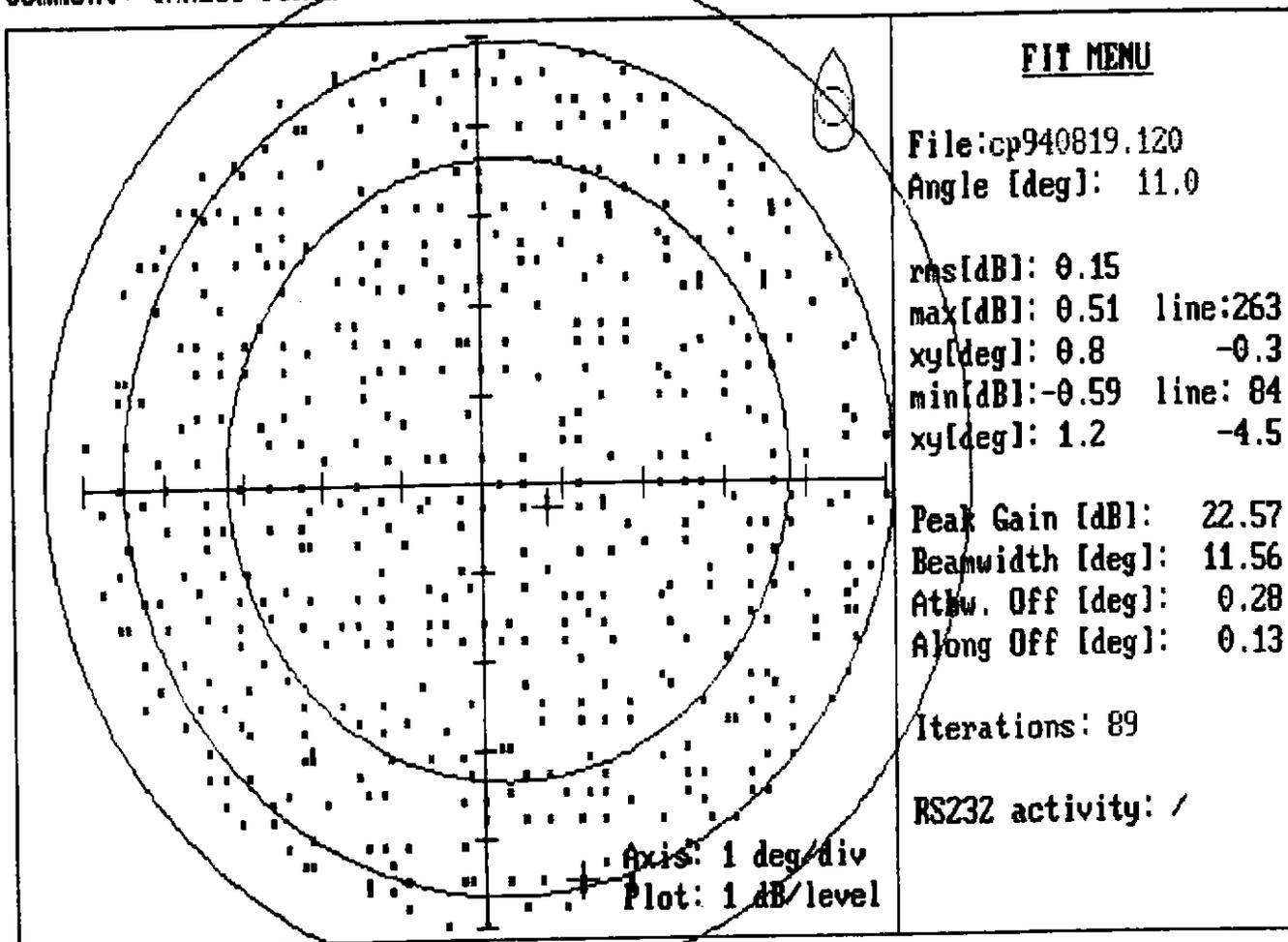


Figura 83. Patrón de directividad medido en la frecuencia de 120 KHz del B/I Carlos Porter. Crucero PELANOR 9408-09.

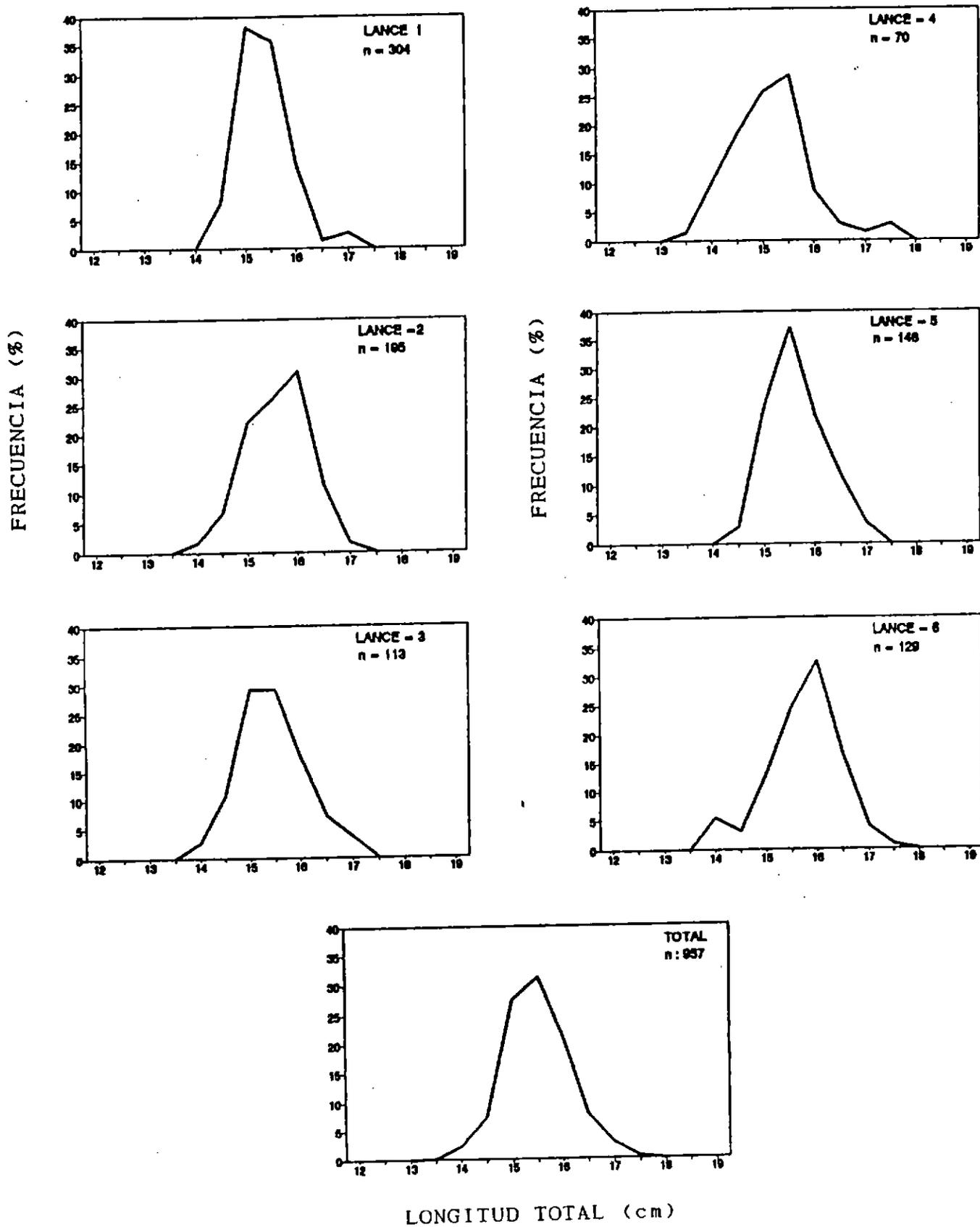


Figura 84. Distribución de frecuencia de longitudes de anchoveta en los lances de identificación. Crucero PELANOR 9408-09.

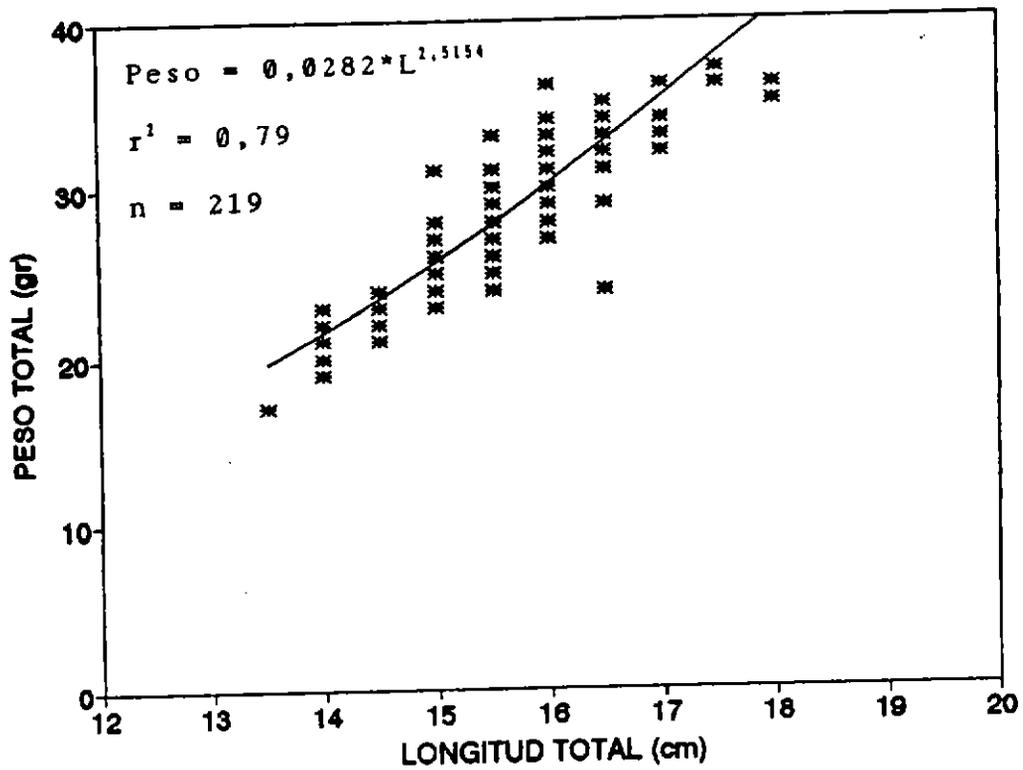


Figura 85. Relación longitud-peso de las muestras de anchoveta provenientes de los lances de identificación. Crucero Pelanor 9408-09.

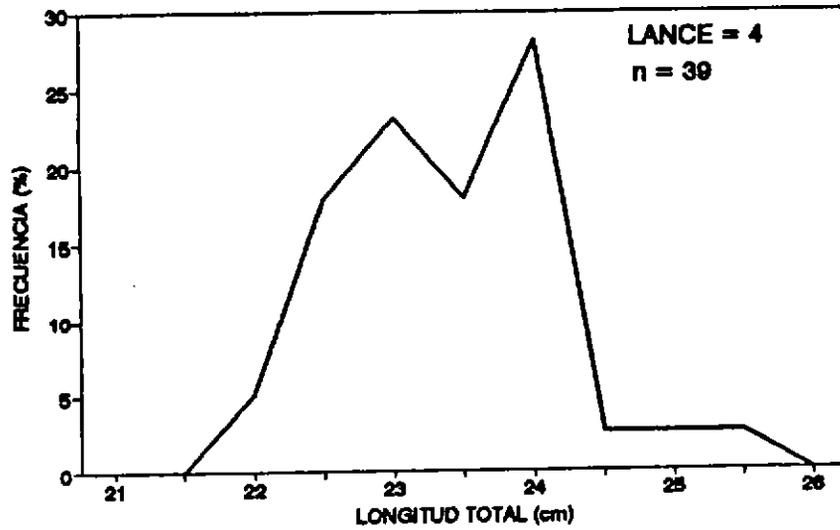


Figura 86. Distribución de frecuencia de longitudes de sardina española en los lances de identificación. Crucero Pelanor 9408-09.

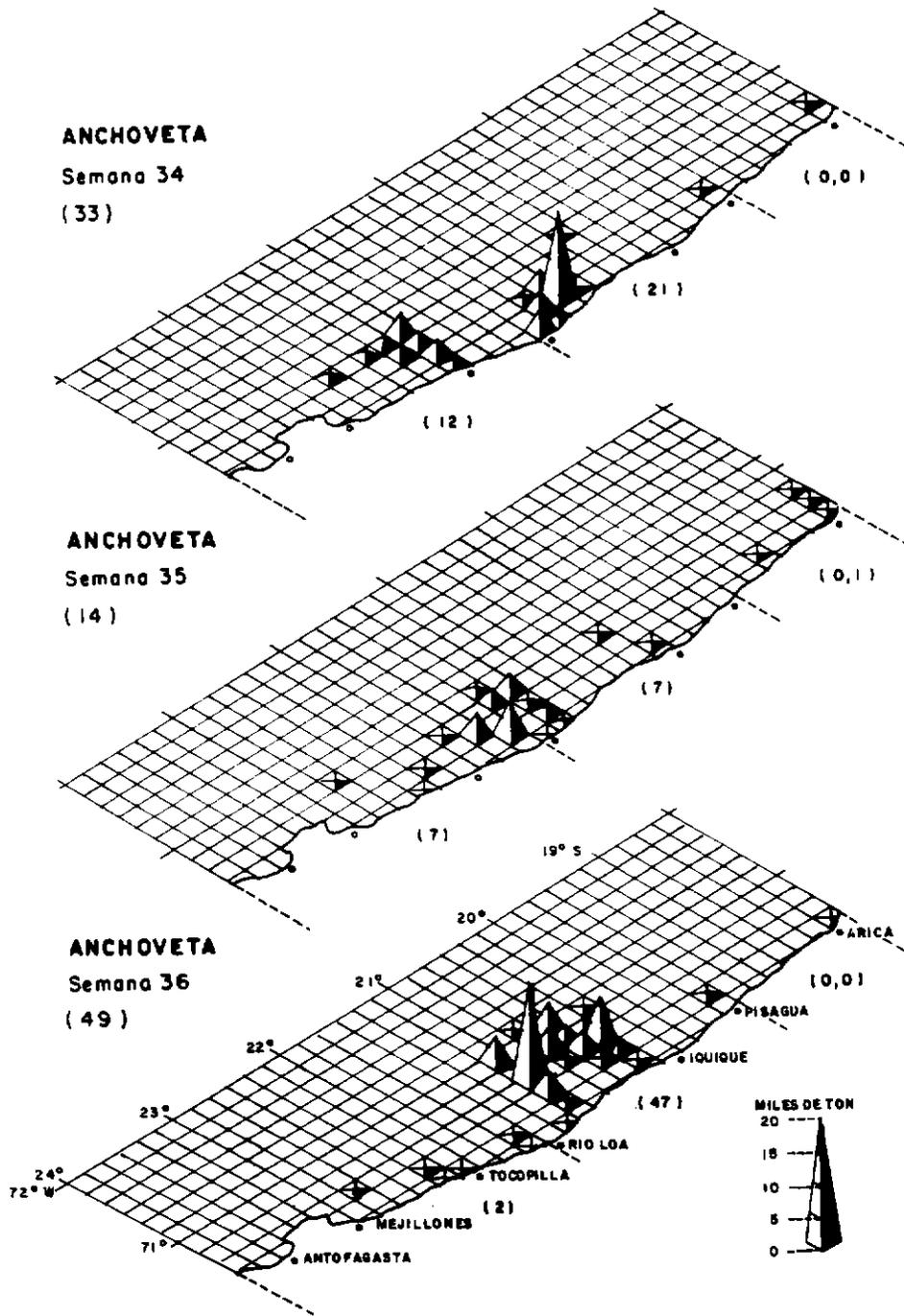


Figura 87. Capturas semanales de anchoveta realizadas por la flota cerquera durante el periodo del crucero. PELANOR 9408-09.

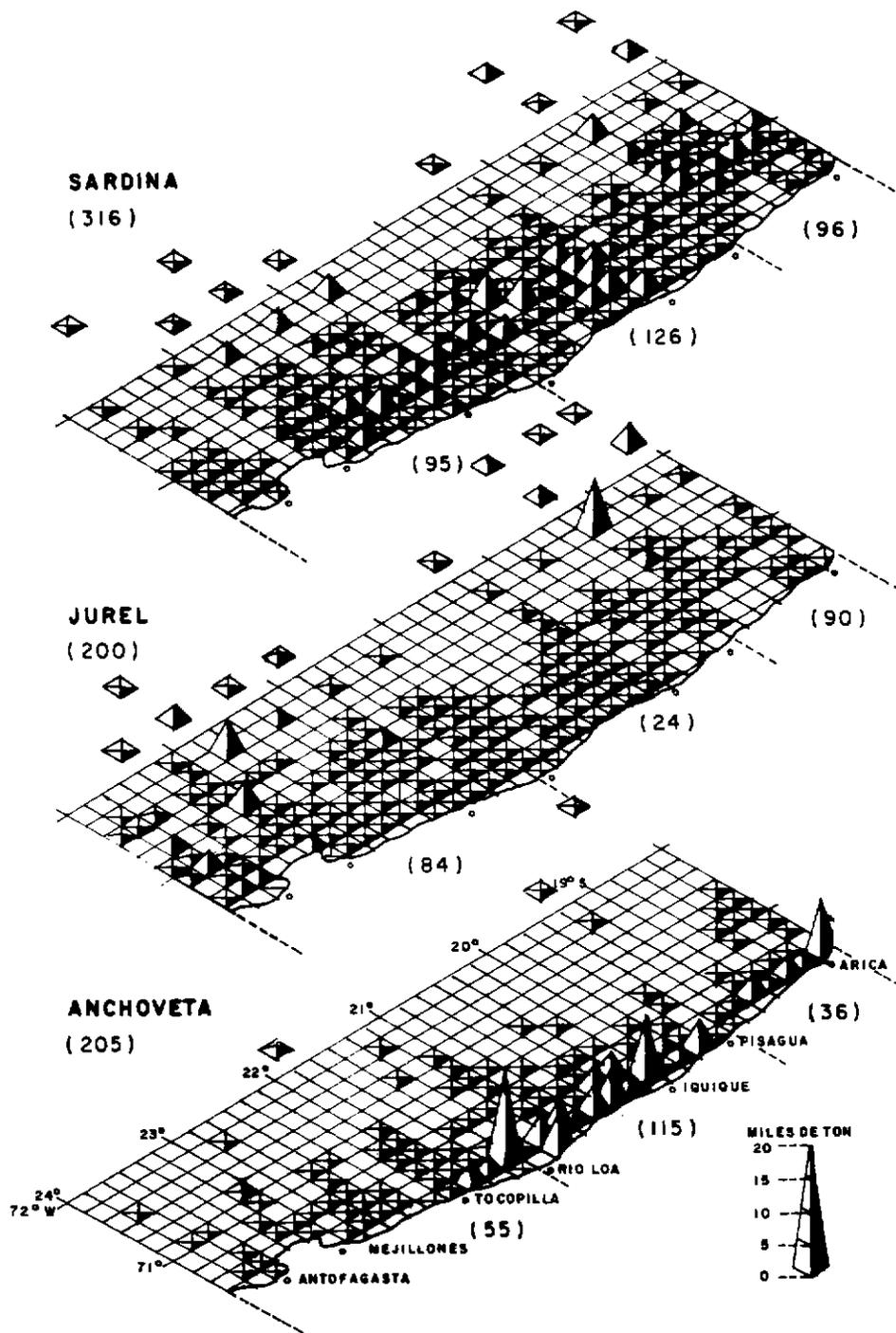


Figura 88. Capturas históricas de sardina española, jurel y anchoveta, realizadas durante agosto por la flota cerquera de la zona norte para el periodo 1986-1993.

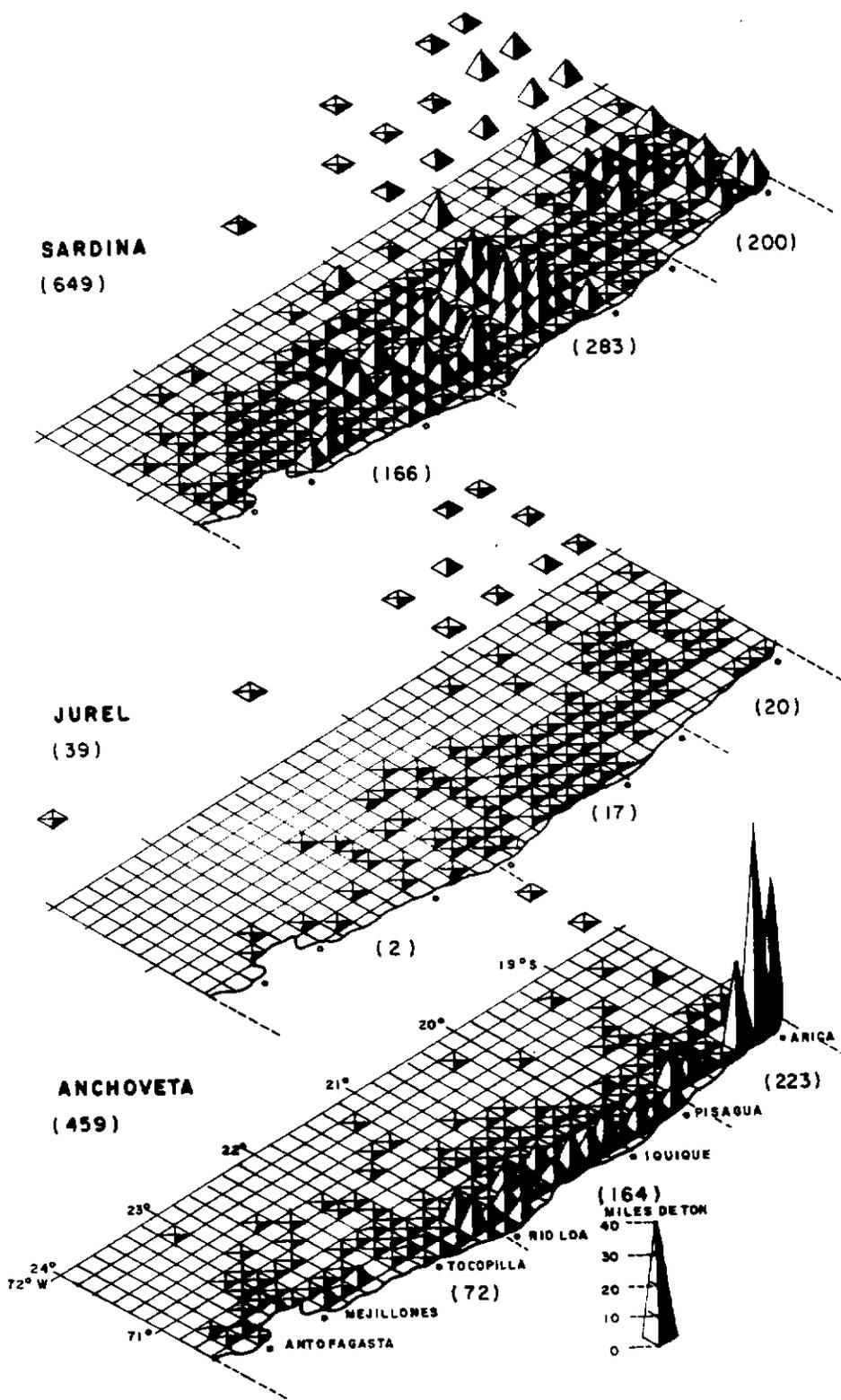


Figura 89. Capturas históricas de sardina española, jurel y anchoveta, realizadas durante septiembre por la flota cerquera de la zona norte para el periodo 1986-1993.

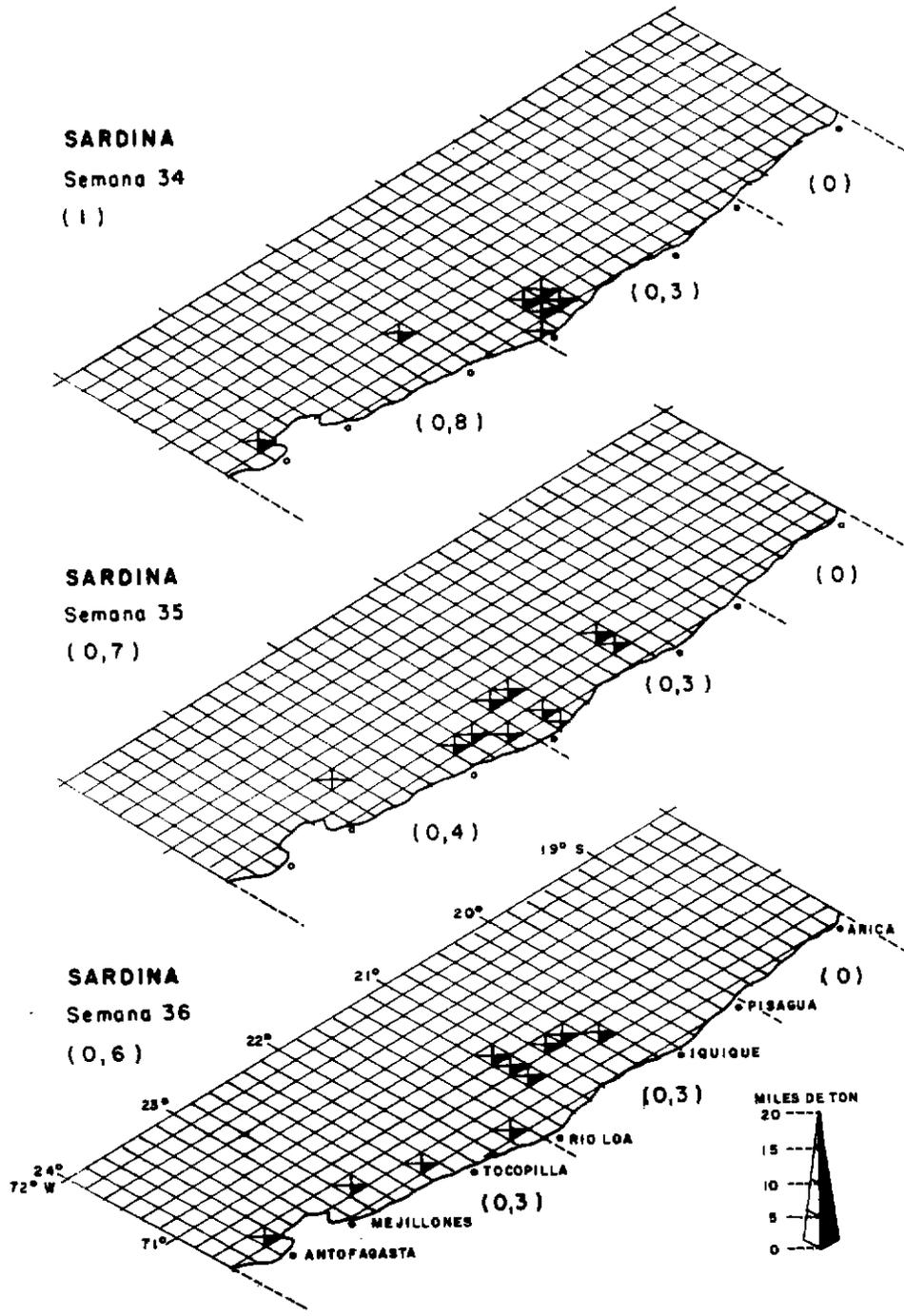


Figura 90. Capturas semanales de sardina española realizadas por la flota cerquera durante el periodo del crucero. PELANOR 9408-09.

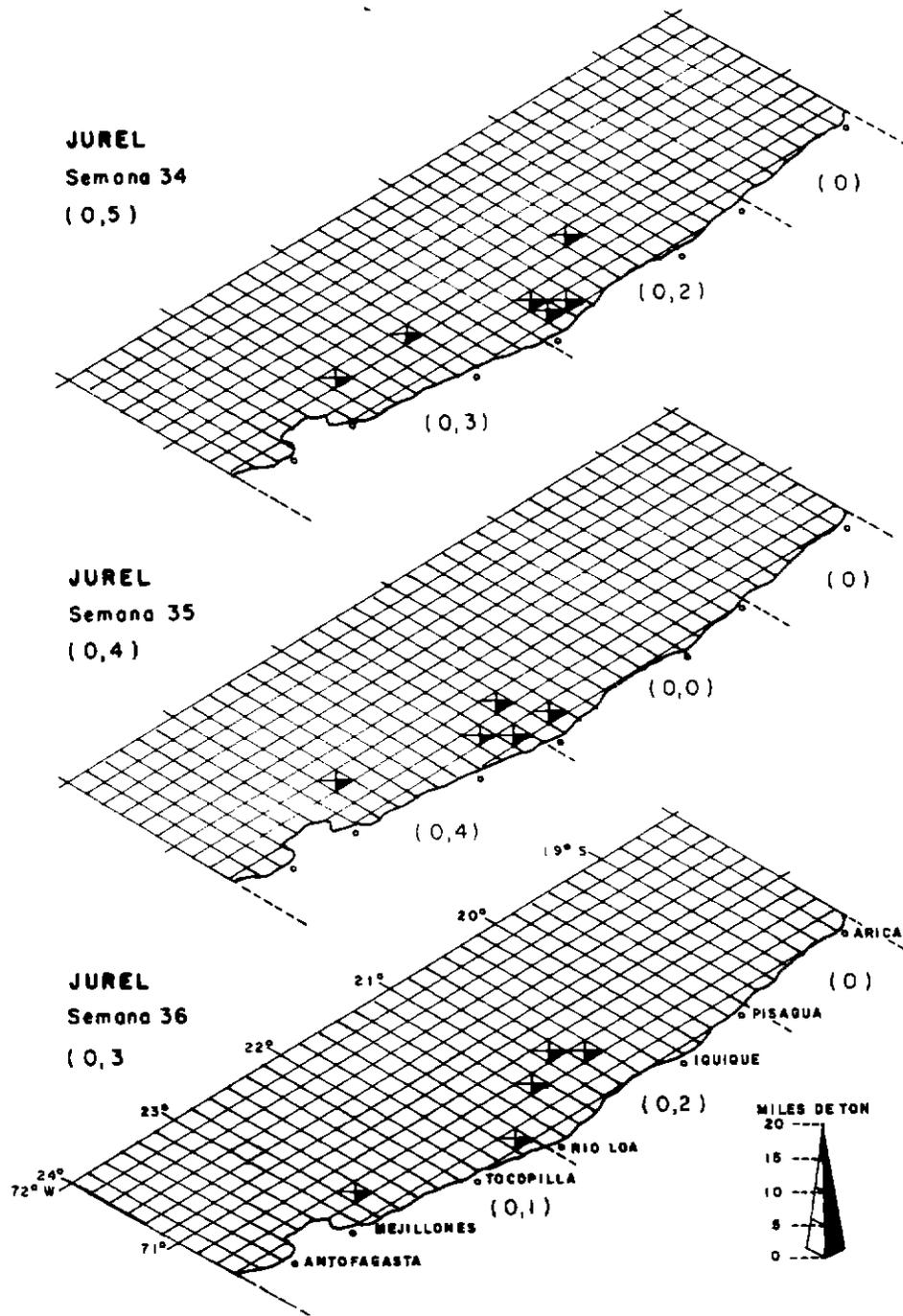


Figura 91. Capturas semanales de jurel realizadas por la flota cerquera durante el periodo del crucero. PELANOR 9408-09.

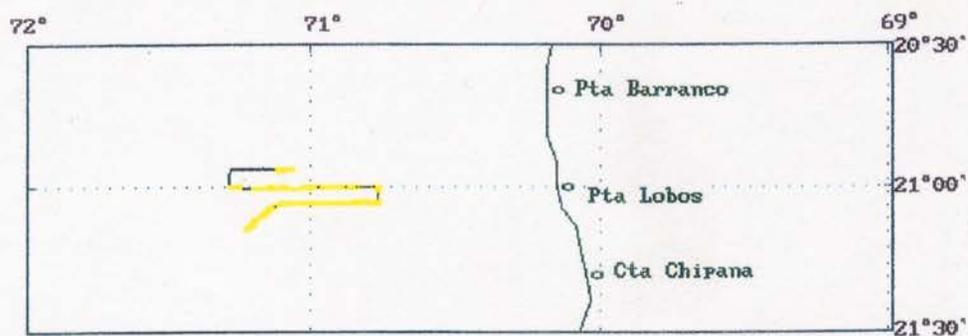
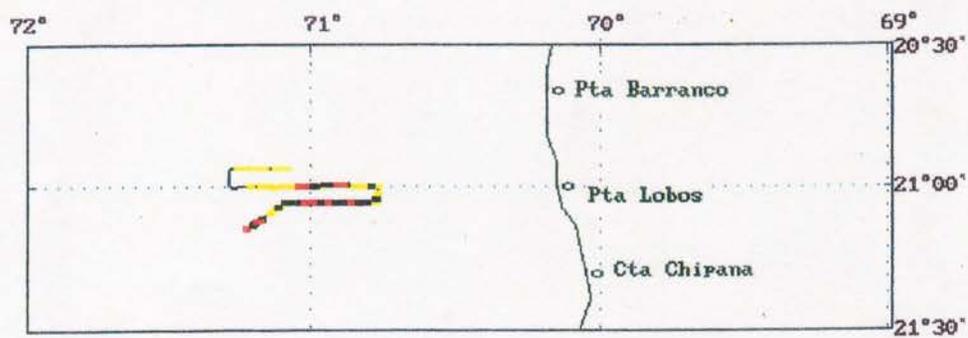
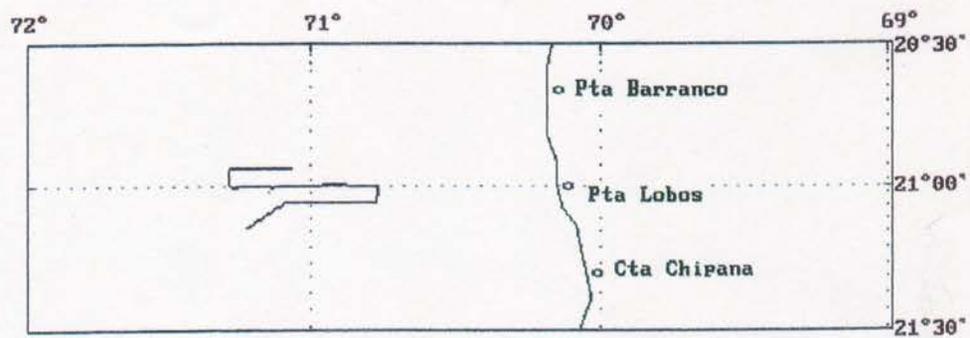


Figura 92. Experiencia de distribución diurna nocturna de la abundancia de recursos. Crucero PELANOR 9408-09.

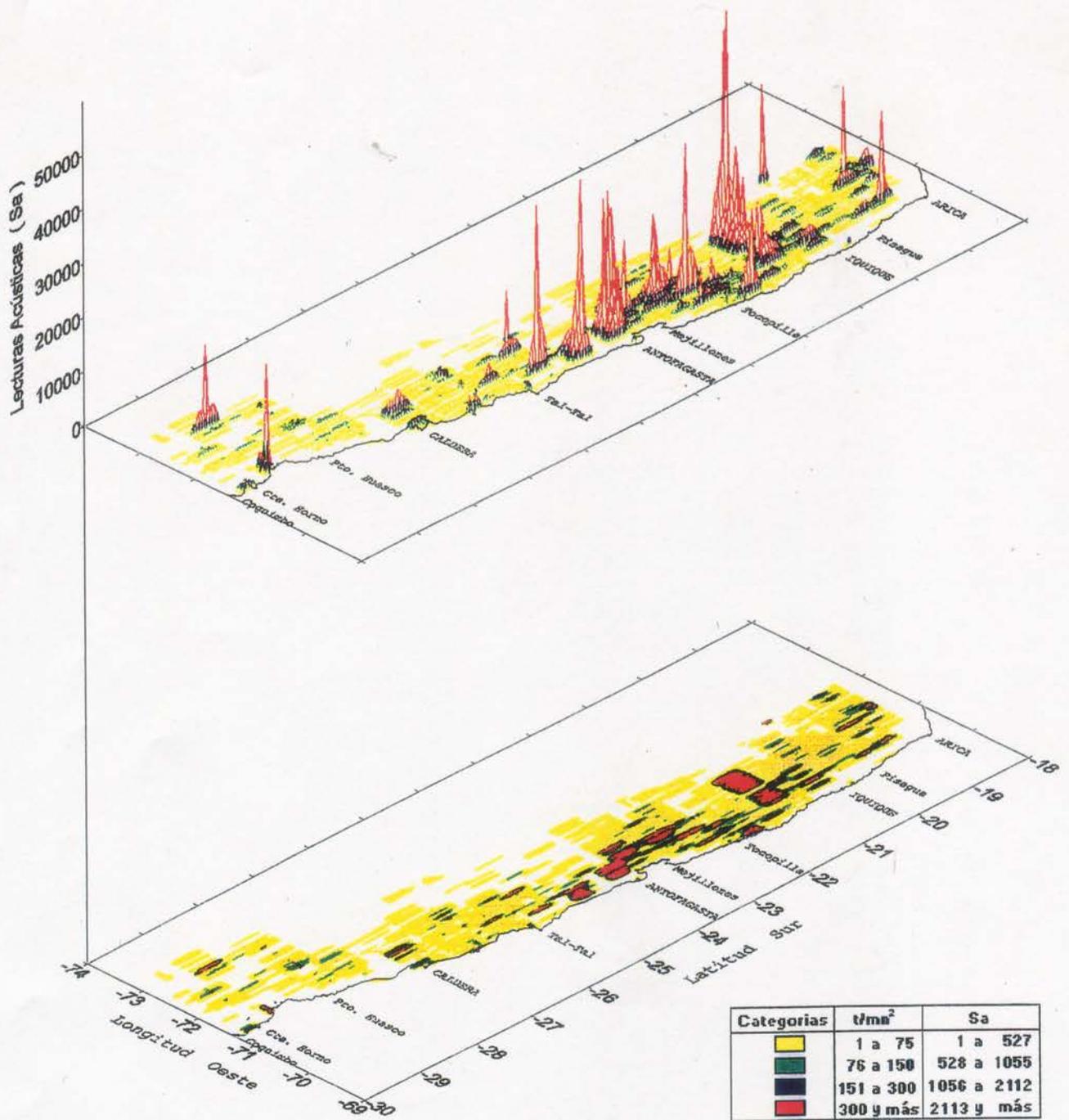


Figura 93. Distribución geográfica del total de especies, Crucero PELANOR 9408-09.



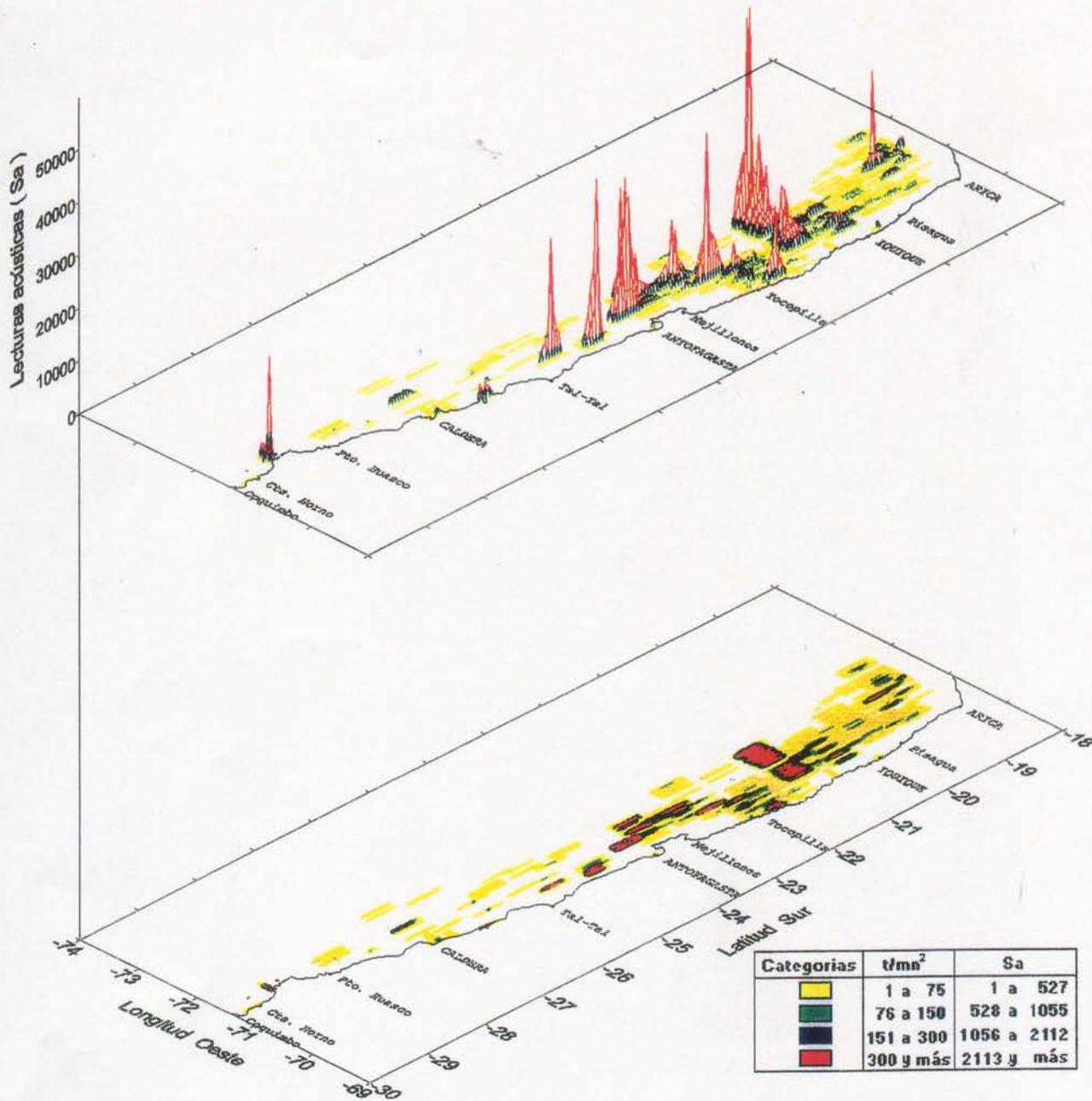


Figura 95. Distribución geográfica de anchoveta, Crucero PELANOR 9408-09.

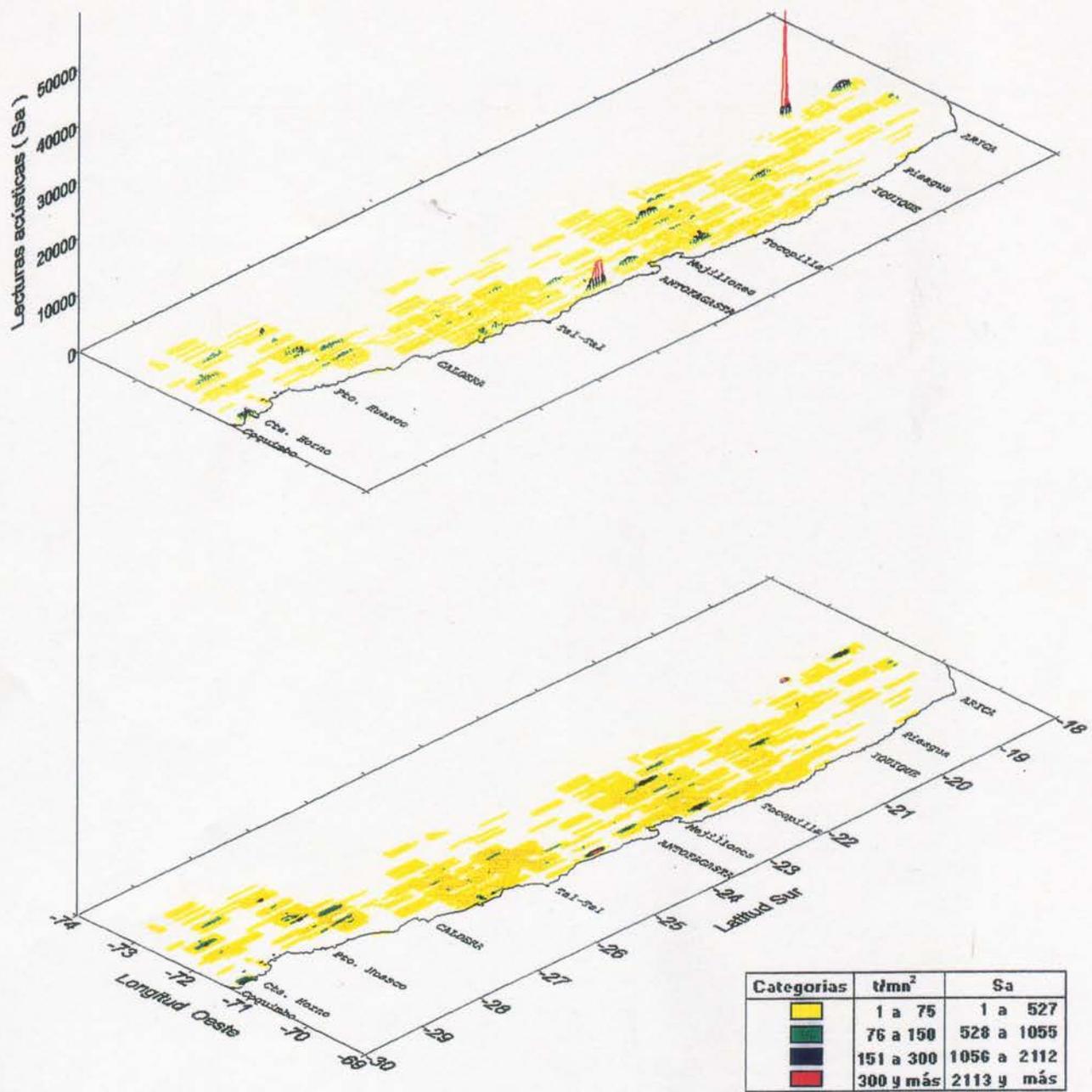


Figura 96. Distribución geográfica de jurel, Crucero PELANOR 9408-09.

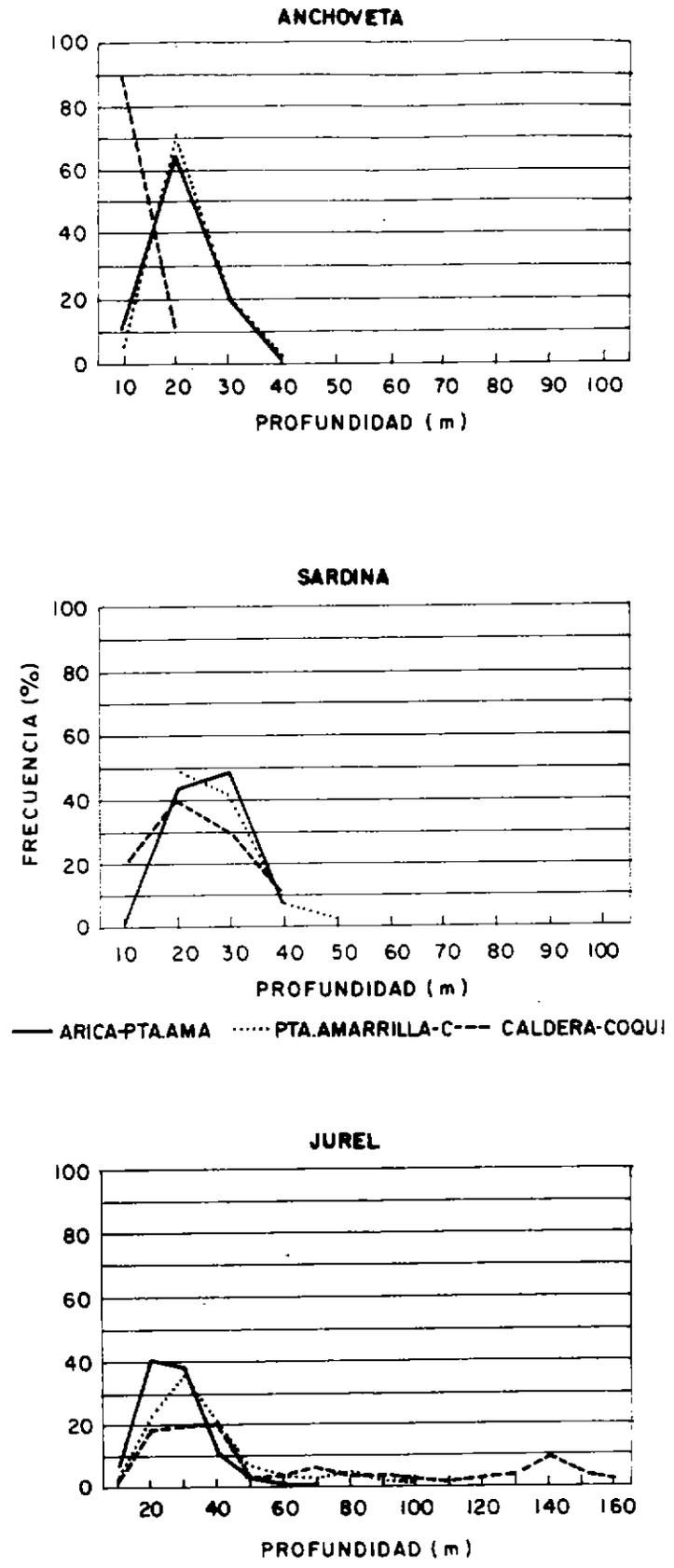


Figura 97. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de profundidad. Crucero PELANOR 9409-09.

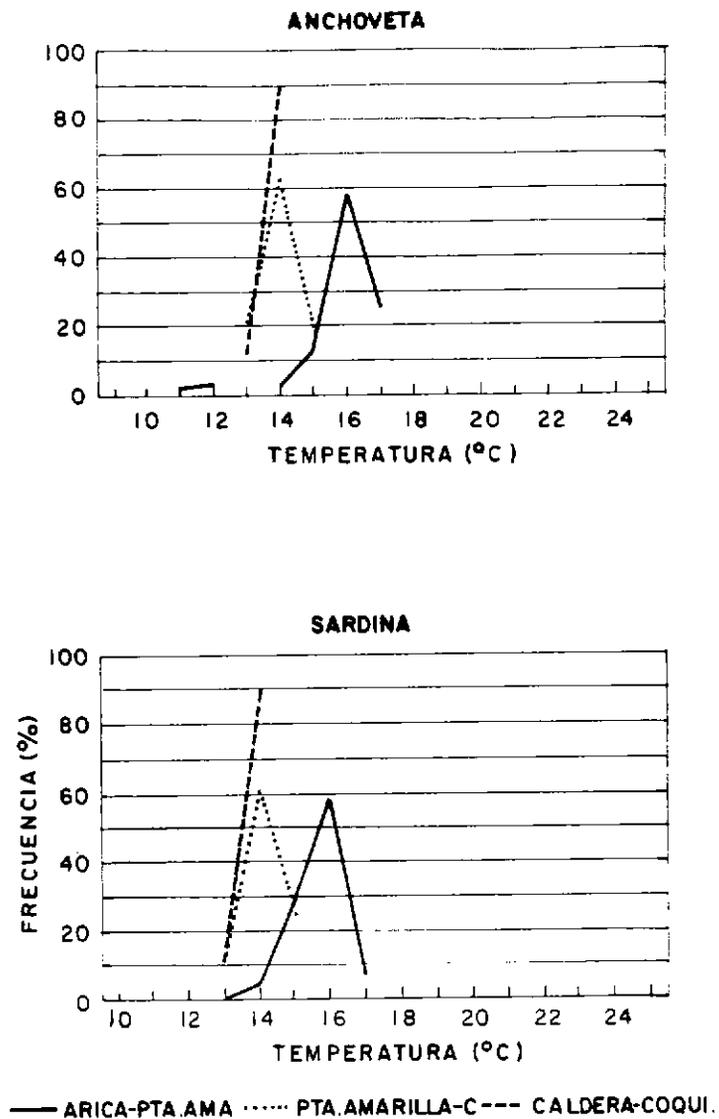


Figura 98. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de temperatura. Crucero PELANOR 9409-09.

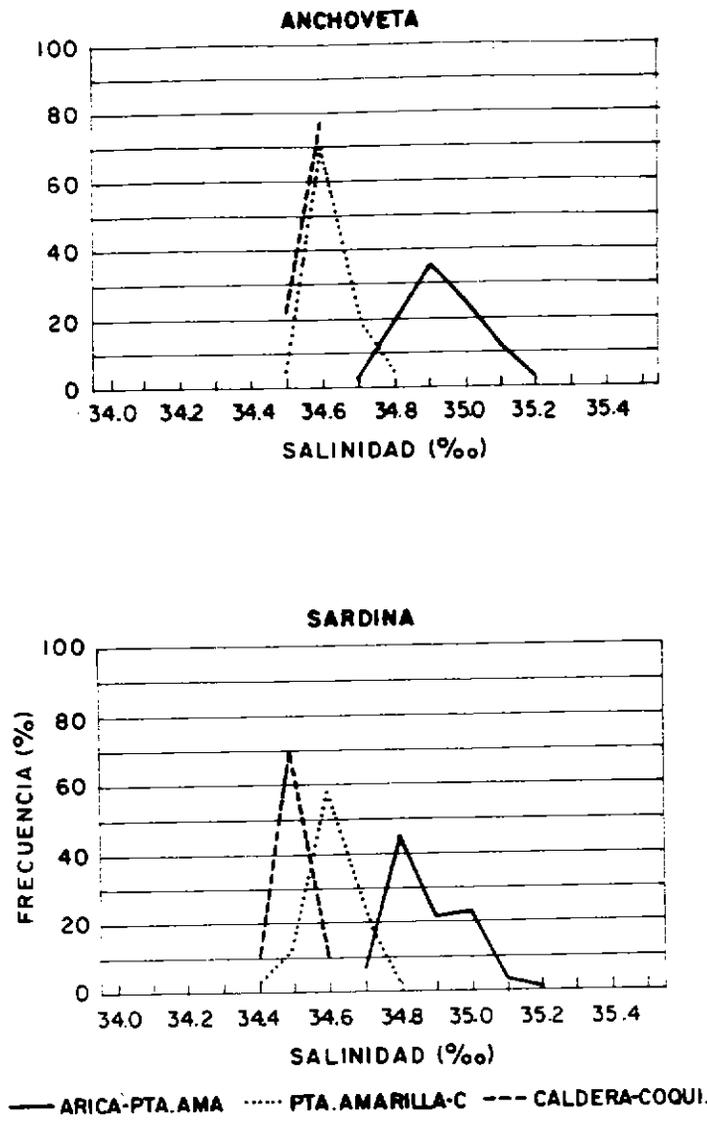


Figura 99. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de salinidad. Crucero PELANOR 9409-09.

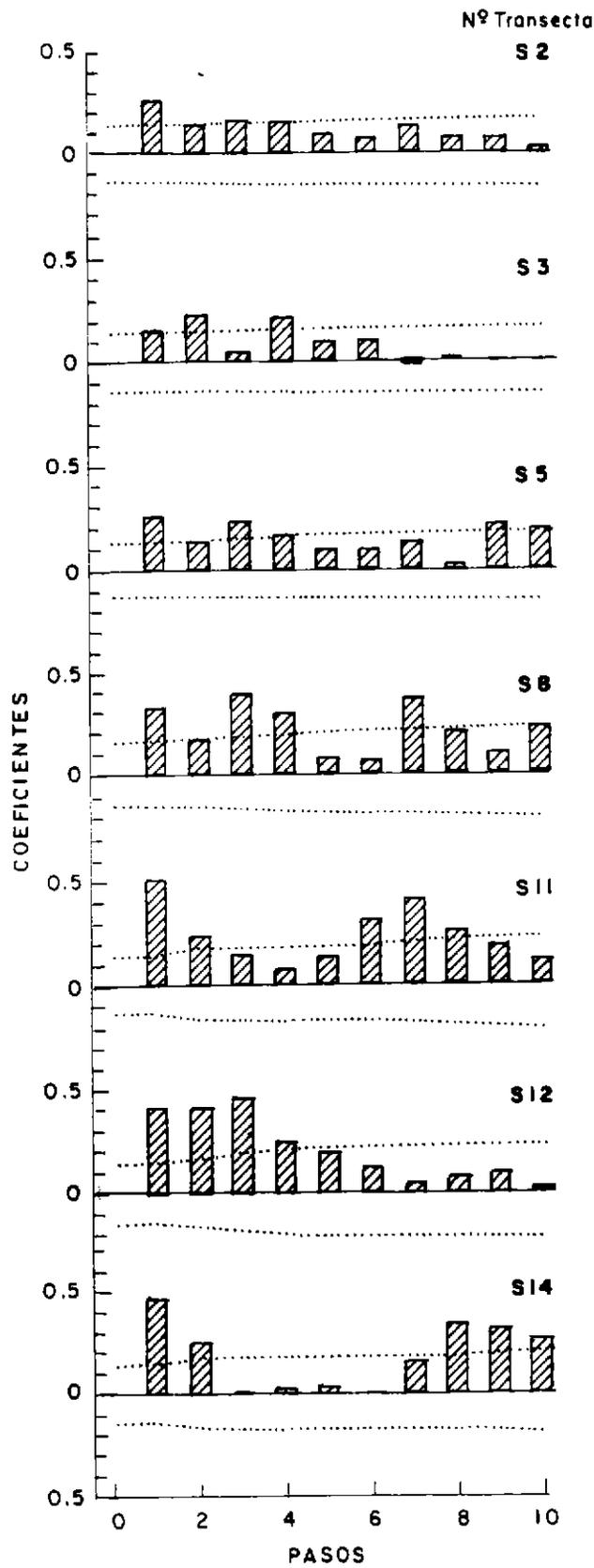


Figura 100. Coeficientes de correlación de sardina española, por transectas. Crucero PELANOR 9408-09.

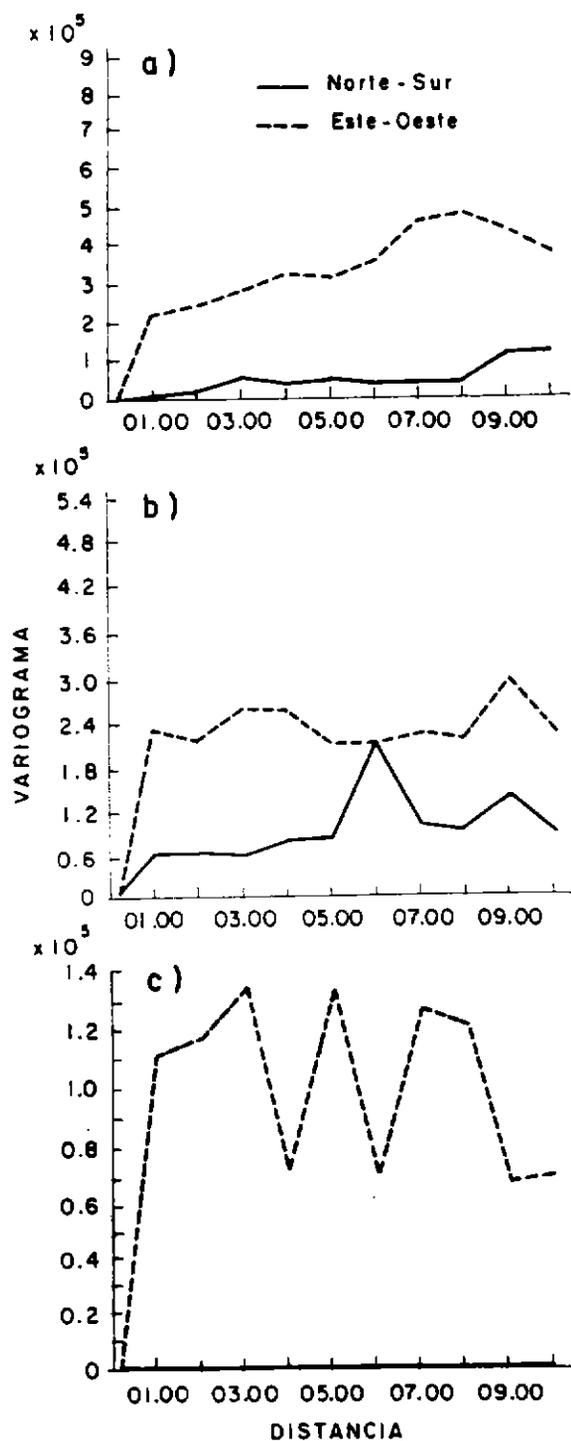


Figura 101. Variogramas de la distribución de sardina española en las zonas: a) Arica-Punta Amarilla; b) Punta Amarilla-Caldera y c) Caldera-Coquimbo. Crucero PELANOR 9408-09.

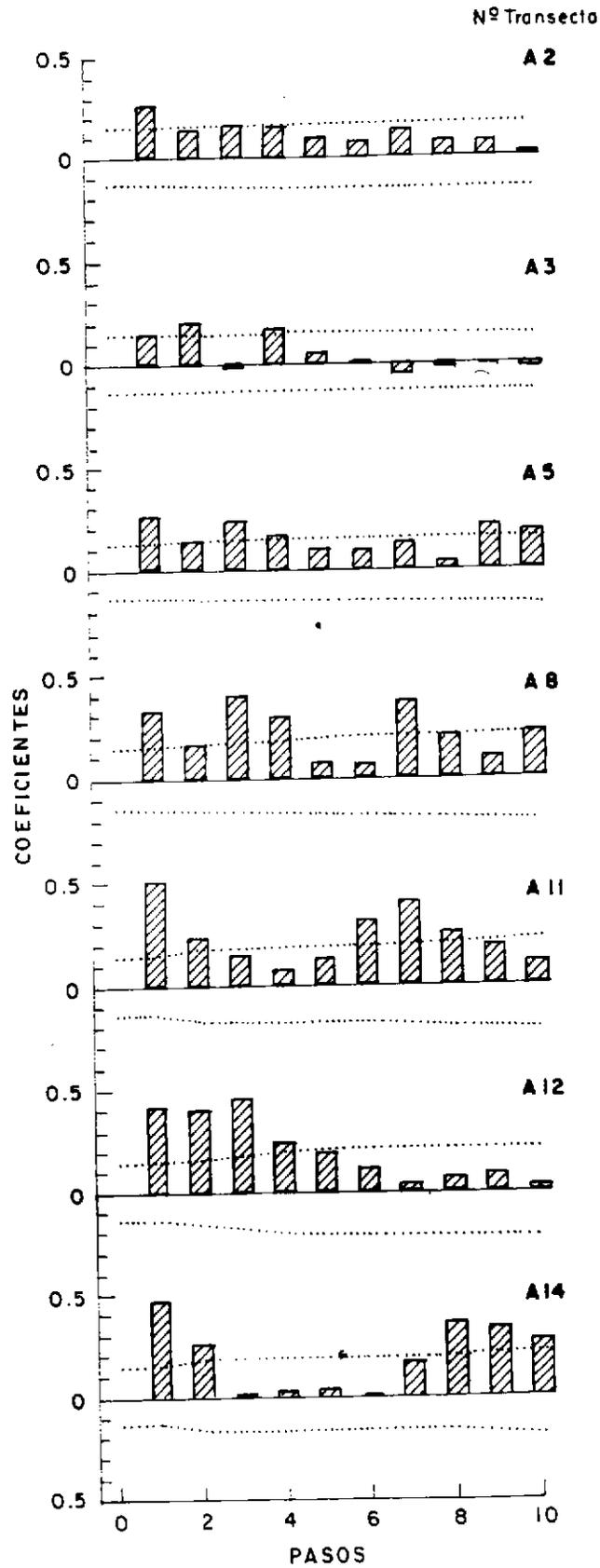


Figura 102. Coeficientes de correlación de anchoveta, por transectas. Crucero PELANOR 9408-09.

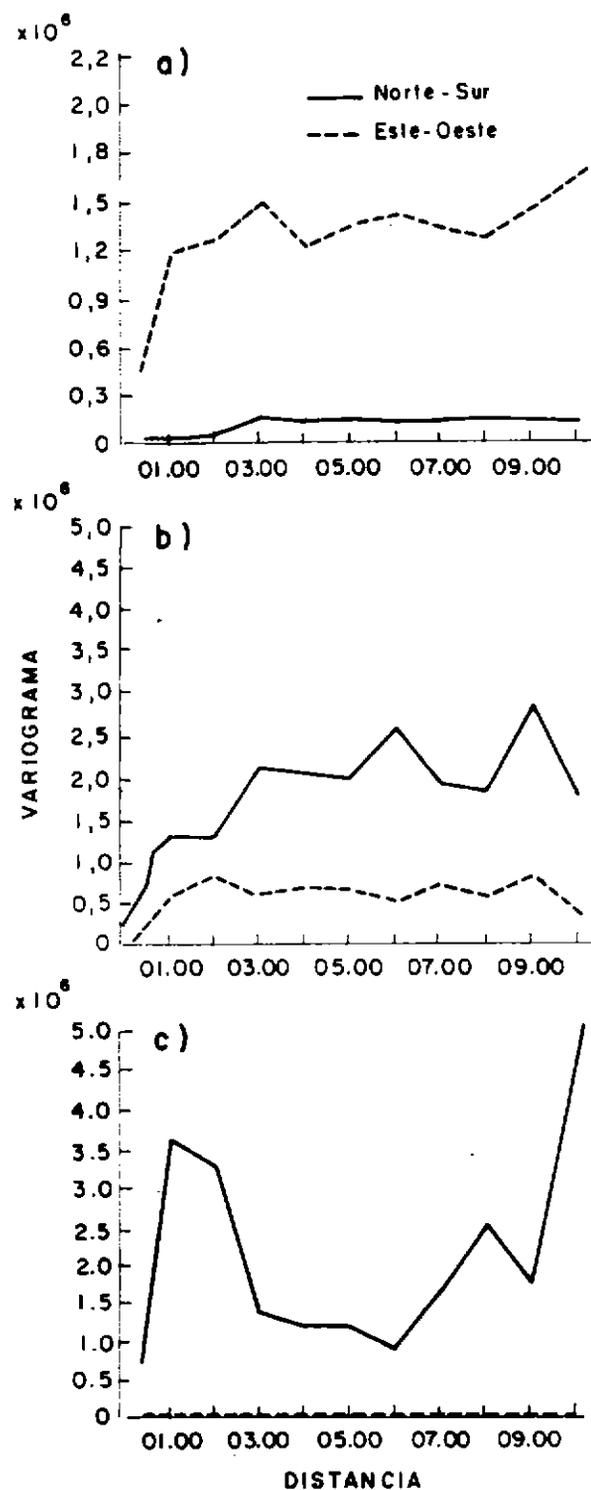


Figura 103. Variogramas de la distribución de anchoveta en las zonas: a) Arica-Punta Amarilla; b) Punta Amarilla-Caldera y c) Caldera-Coquimbo. Crucero PELANOR 9408-09.

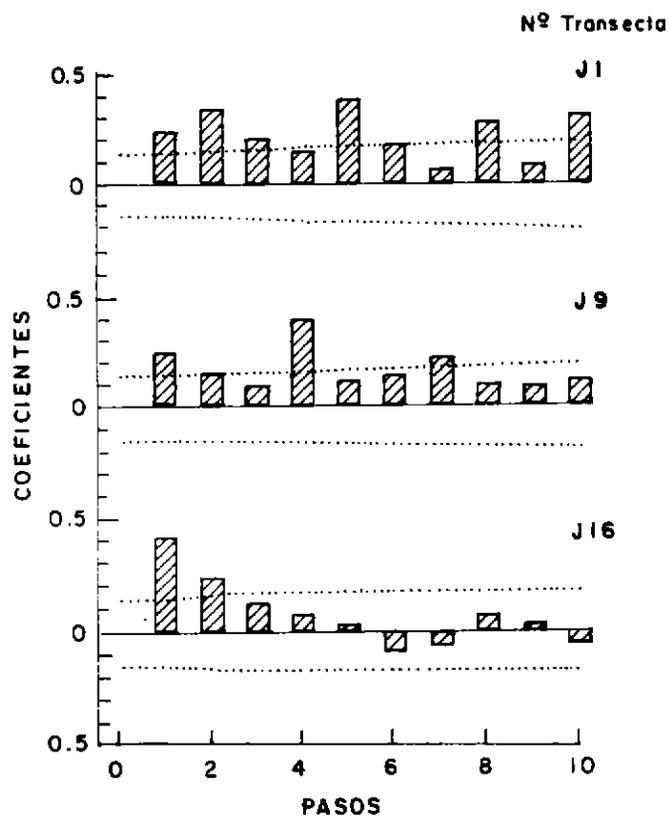


Figura 104. Coeficientes de correlación de jurel, por transectas. Crucero PELANOR 9408-09.

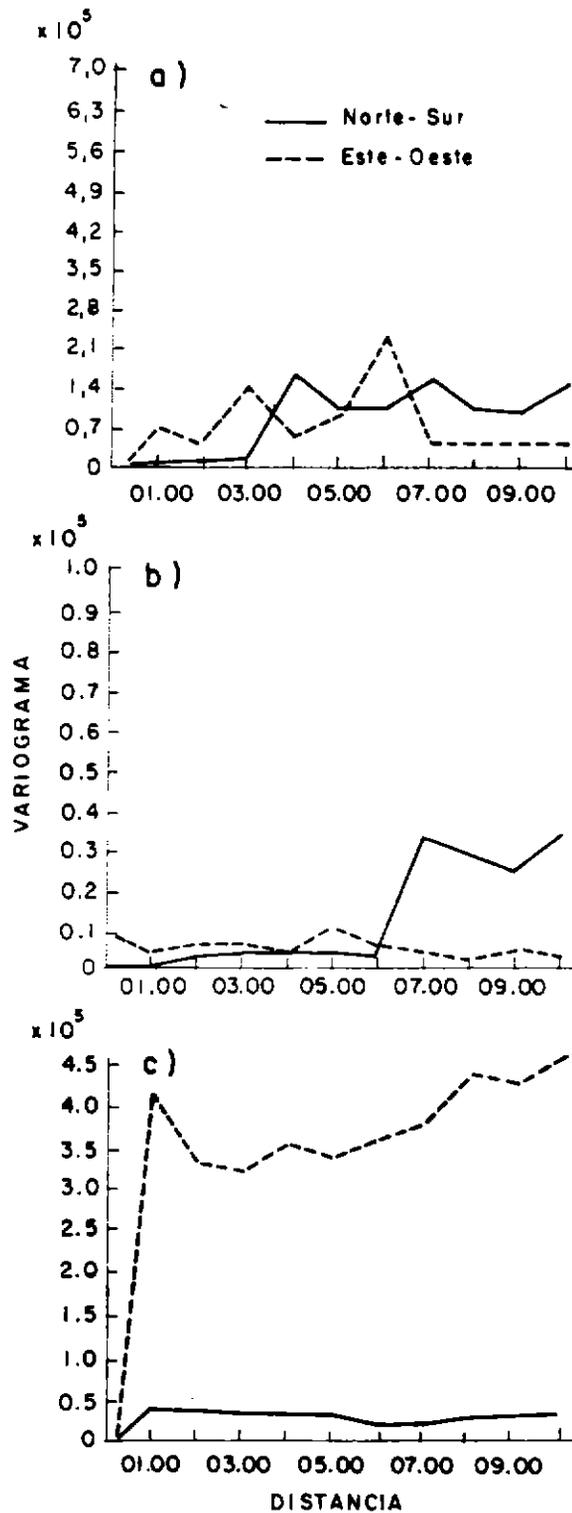


Figura 105. Variogramas de la distribución de jurel en las zonas: a) Arica-Punta Amarilla; b) Punta Amarilla-Caldera y c) Caldera-Coquimbo. Crucero PELANOR 9408-09.

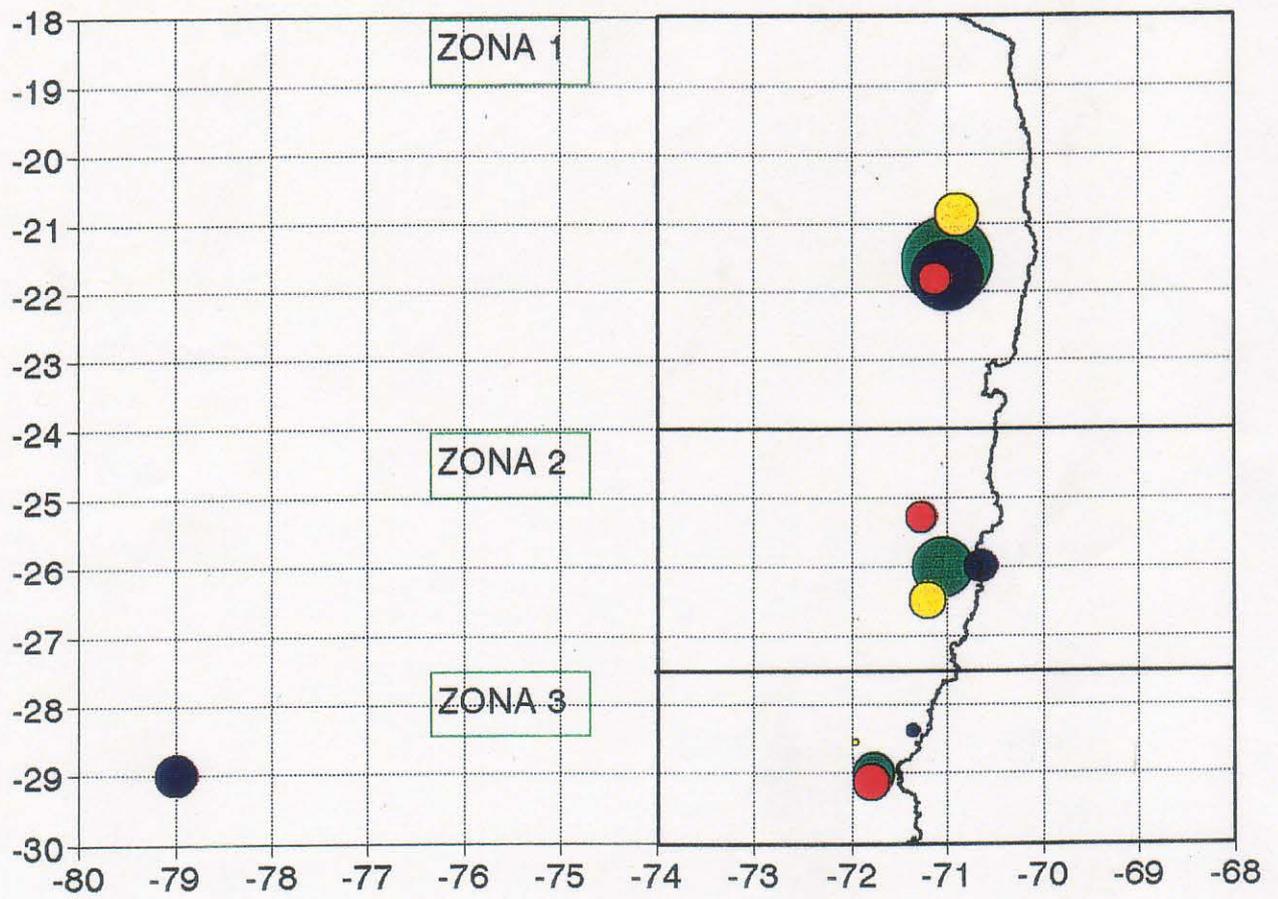


Figura 106. Centros de gravedad de la distribución de los recursos. Crucero PELANOR 9408-09.

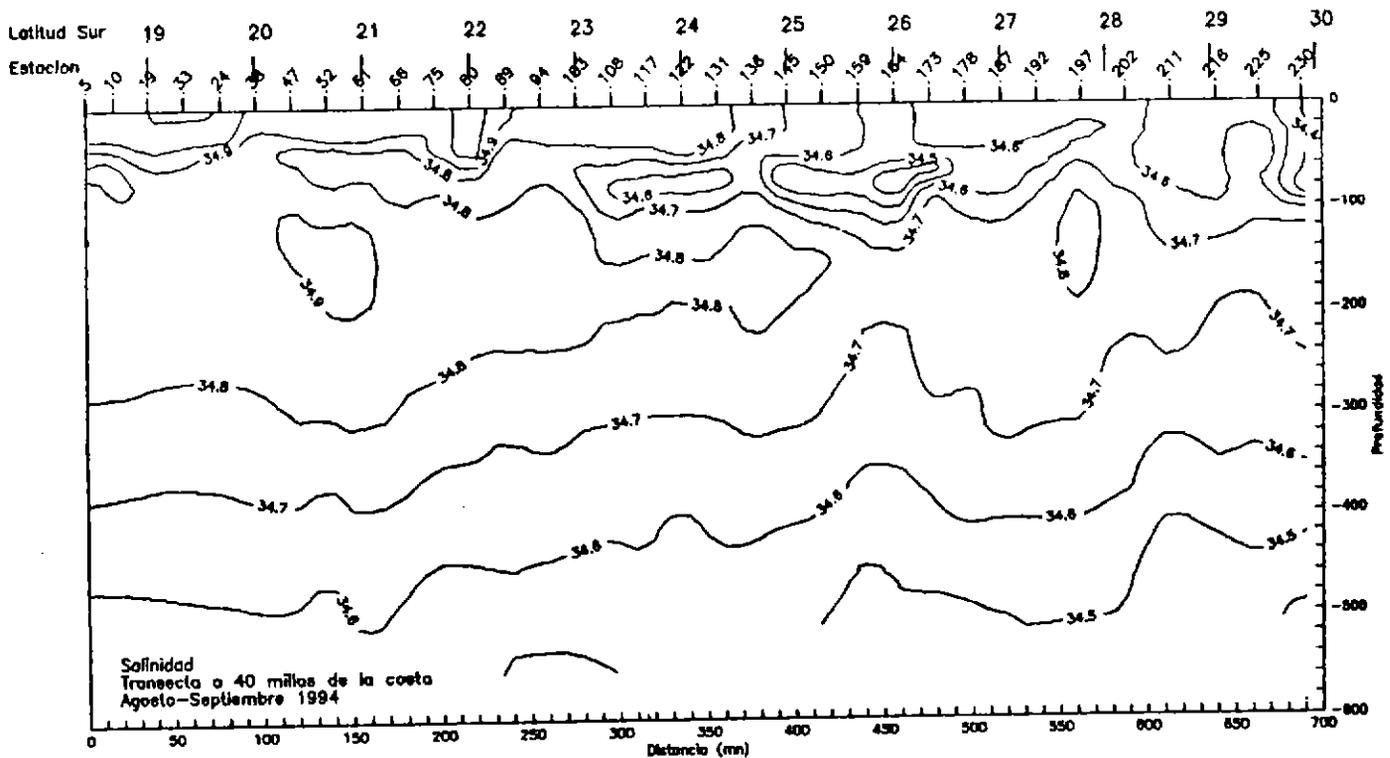
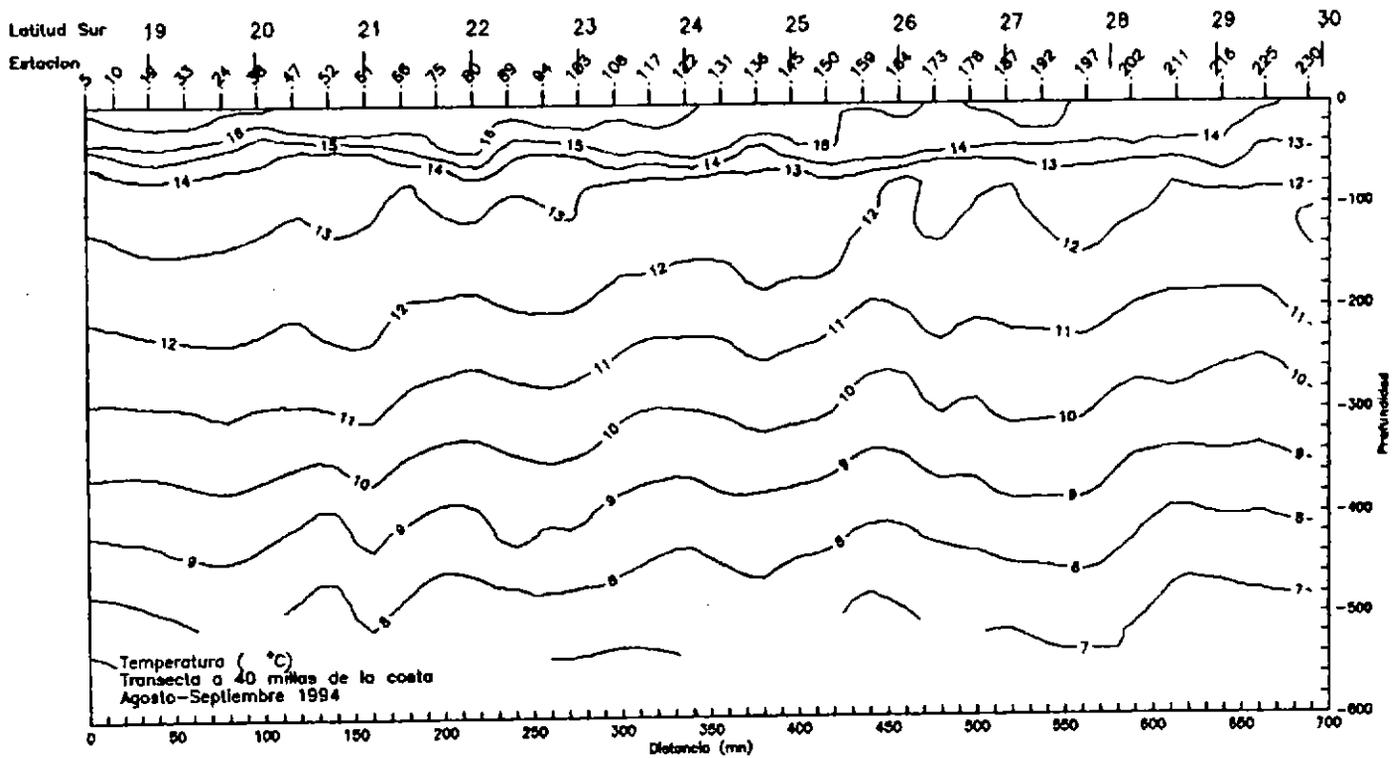


Figura 107. Distribución vertical de a) temperatura (°C), y b) salinidad, a lo largo de una transecta a 40 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

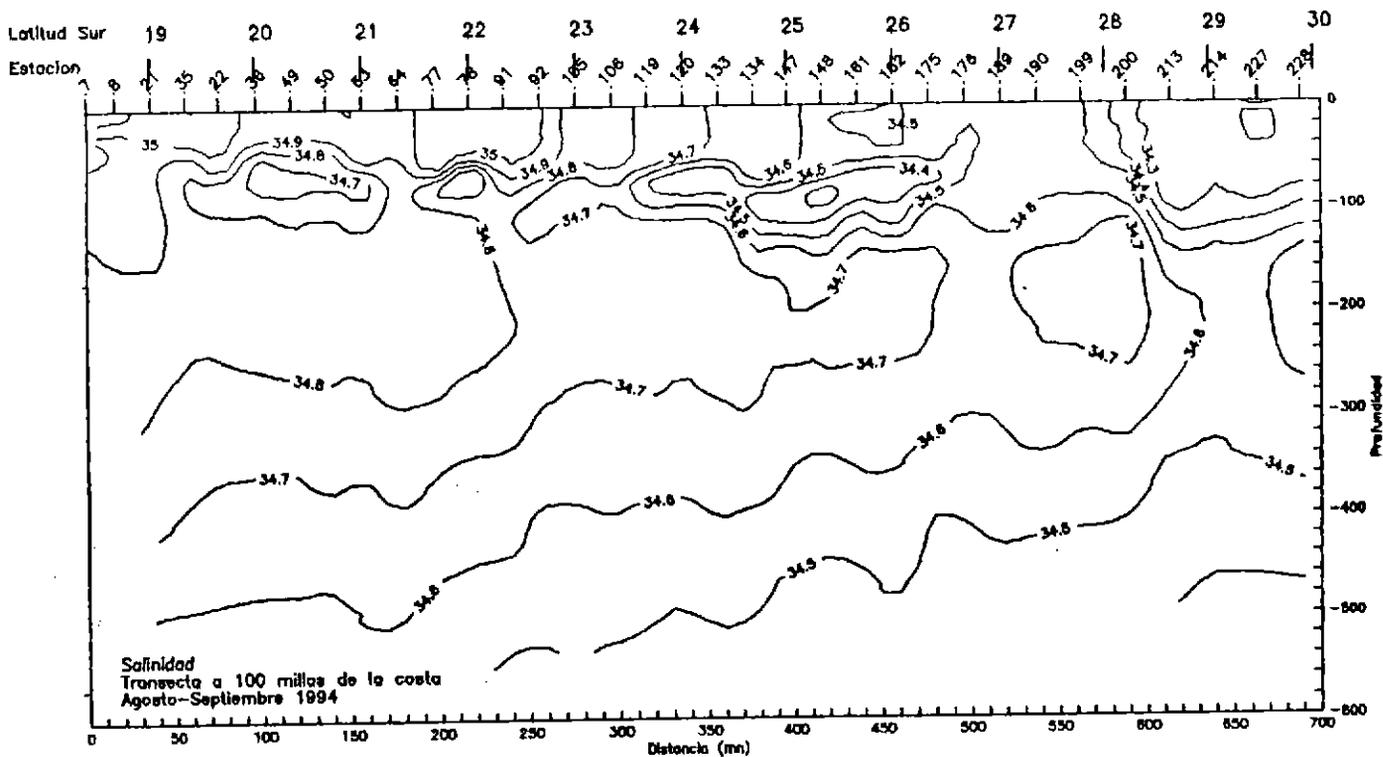
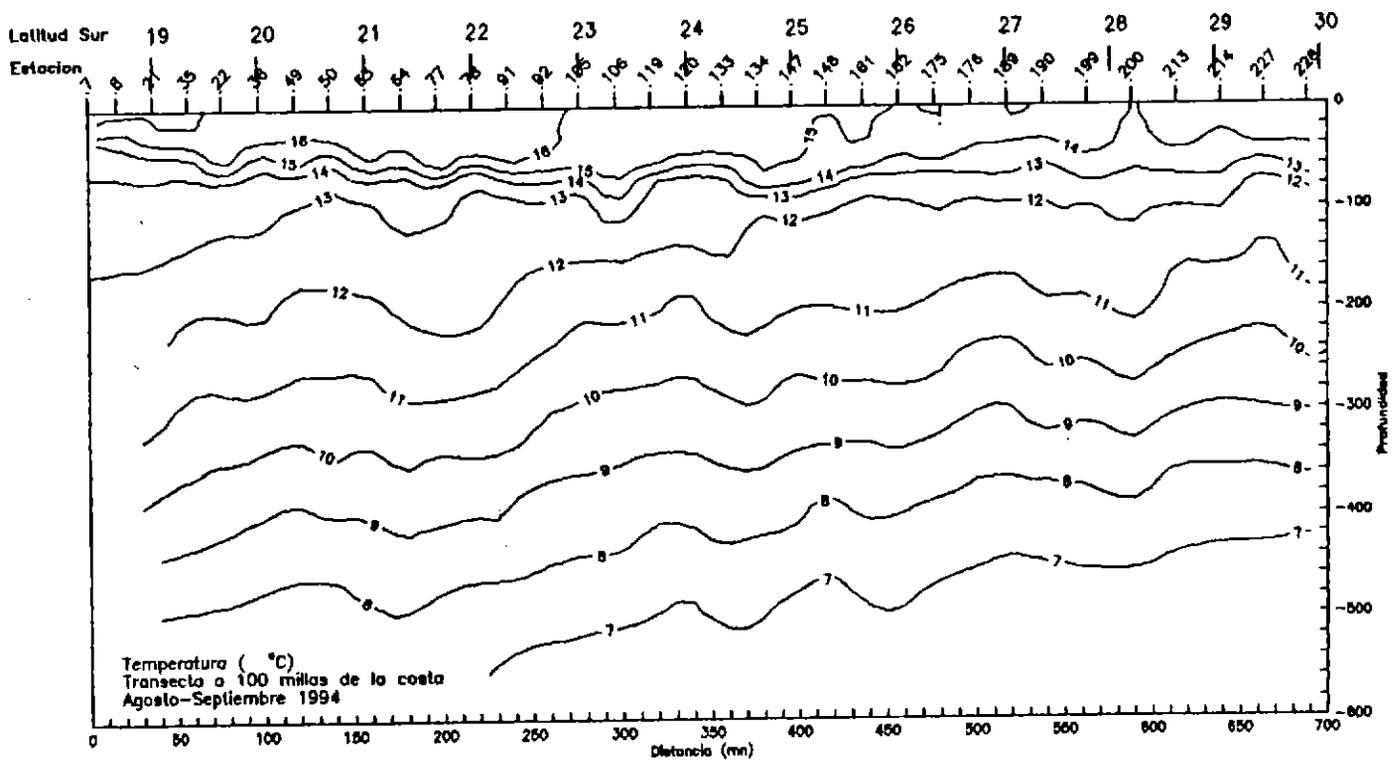


Figura 108. Distribución vertical de a) temperatura (°C), y b) salinidad, a lo largo de una transecta a 100 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1994. CRUCERO PELANOR 9408-09.

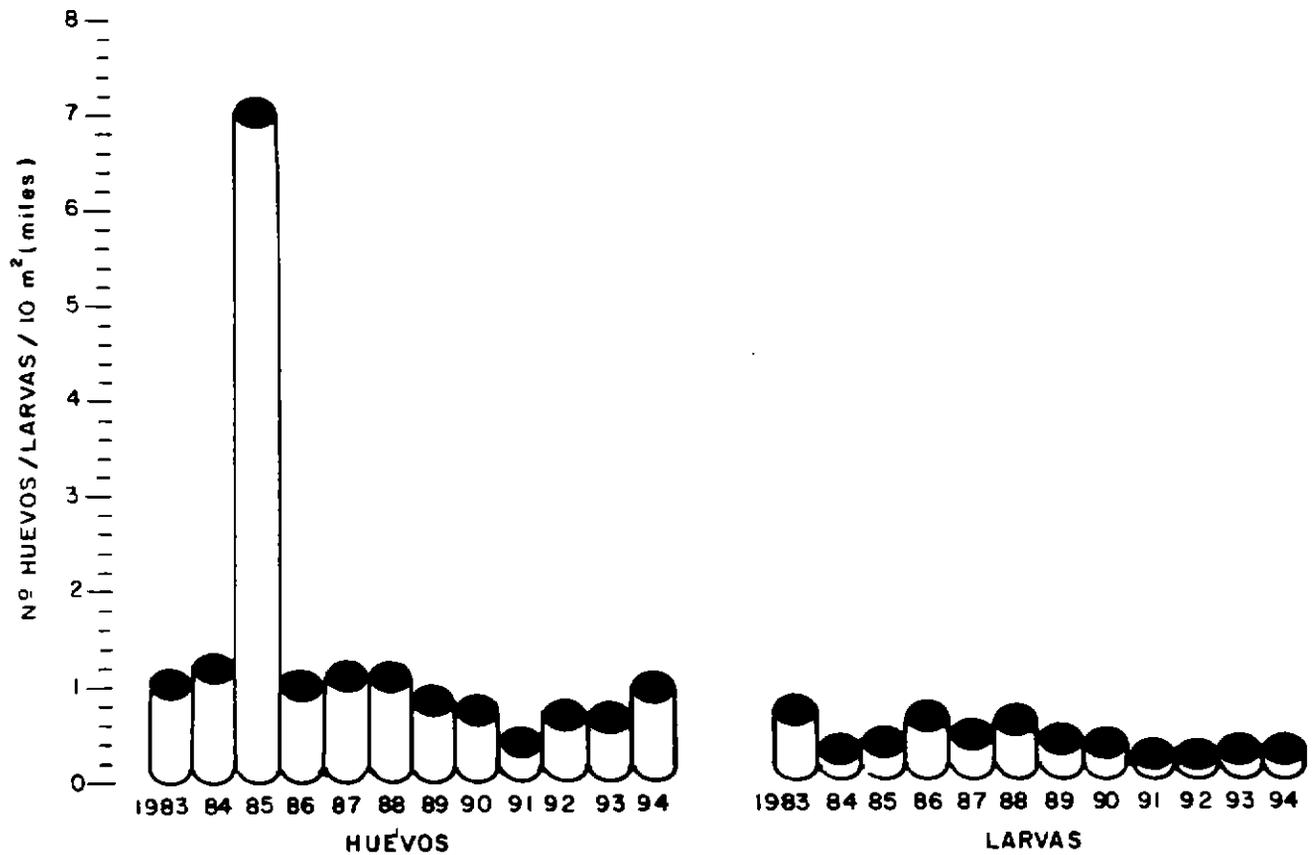


Figura 109. Estimación de la densidad promedio de las estaciones positivas para huevos y larvas de sardina española en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.

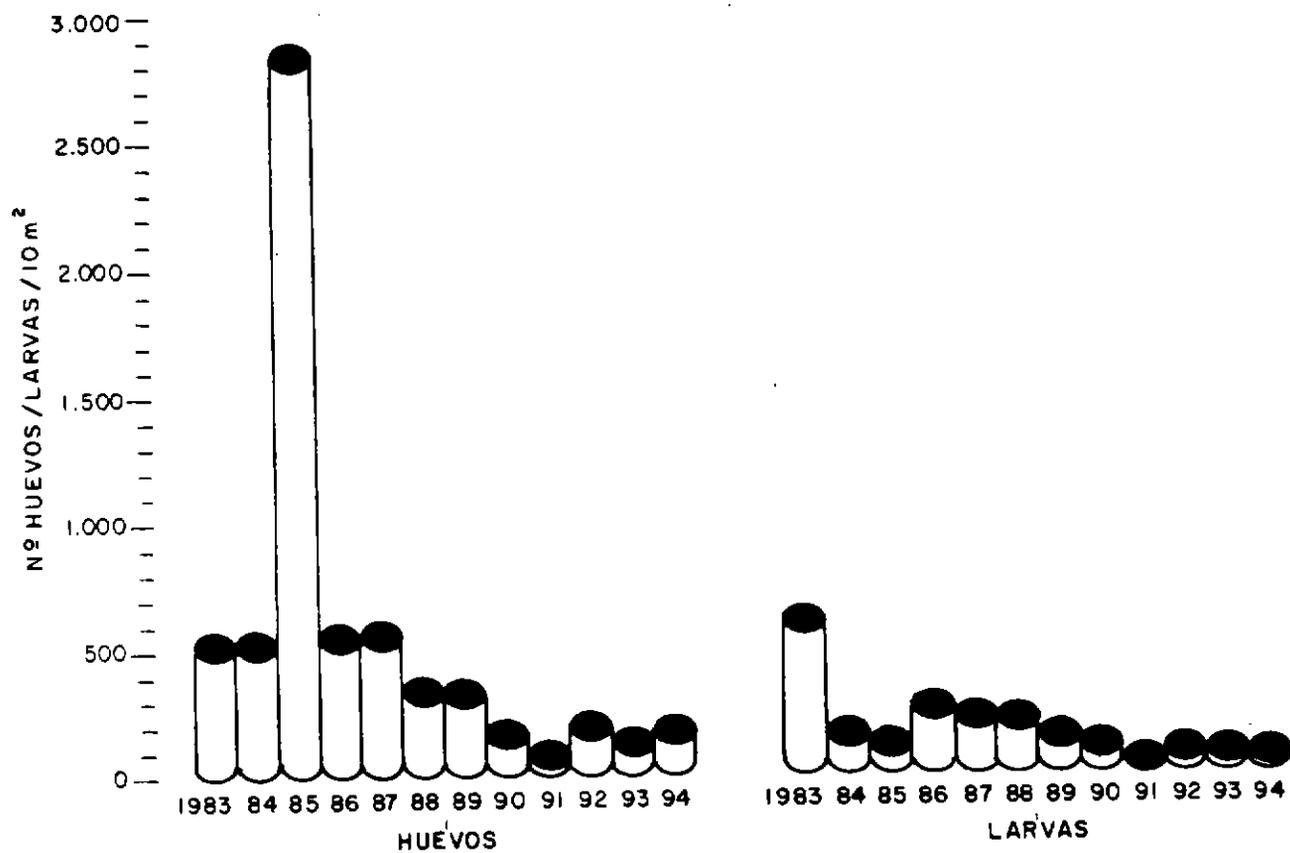


Figura 110. Estimación de la densidad promedio de las estaciones totales para huevos y larvas de sardina española en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.

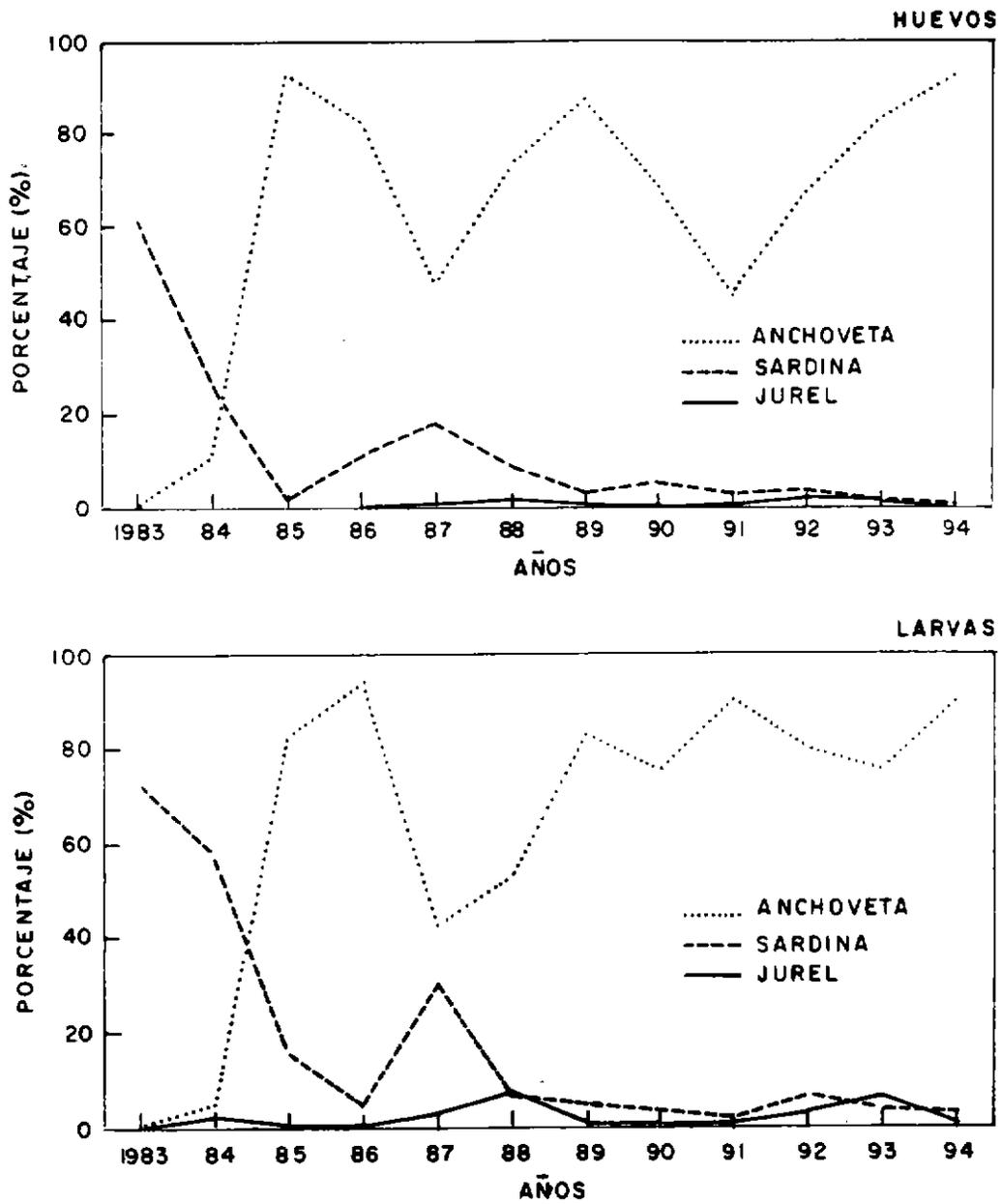


Figura 111. Dominancia numérica de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel para la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.

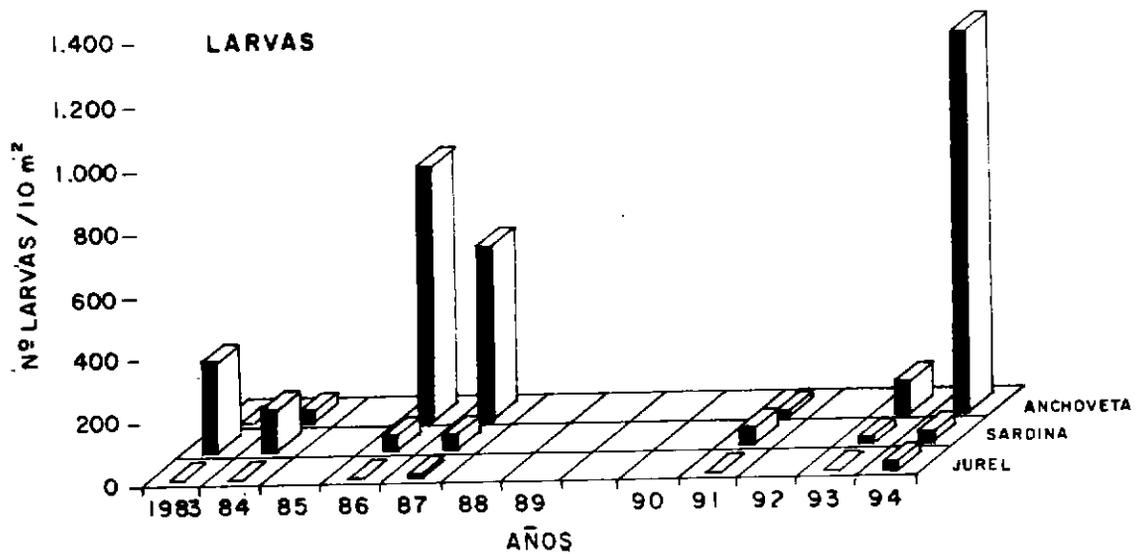
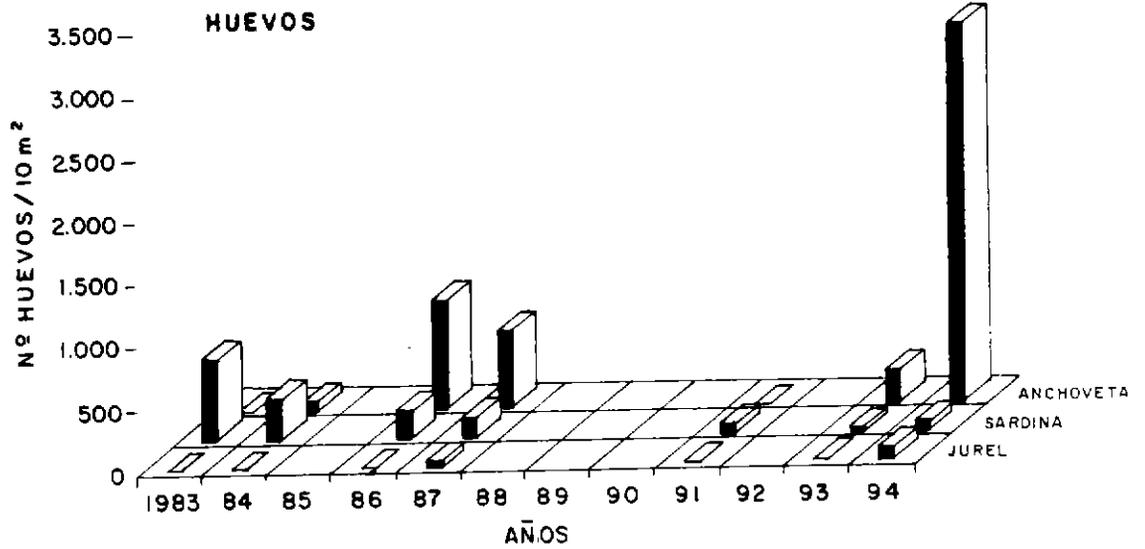


Figura 112. Estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel para la zona Antofagasta -Coquimbo en el invierno de los años 1983 -1994.

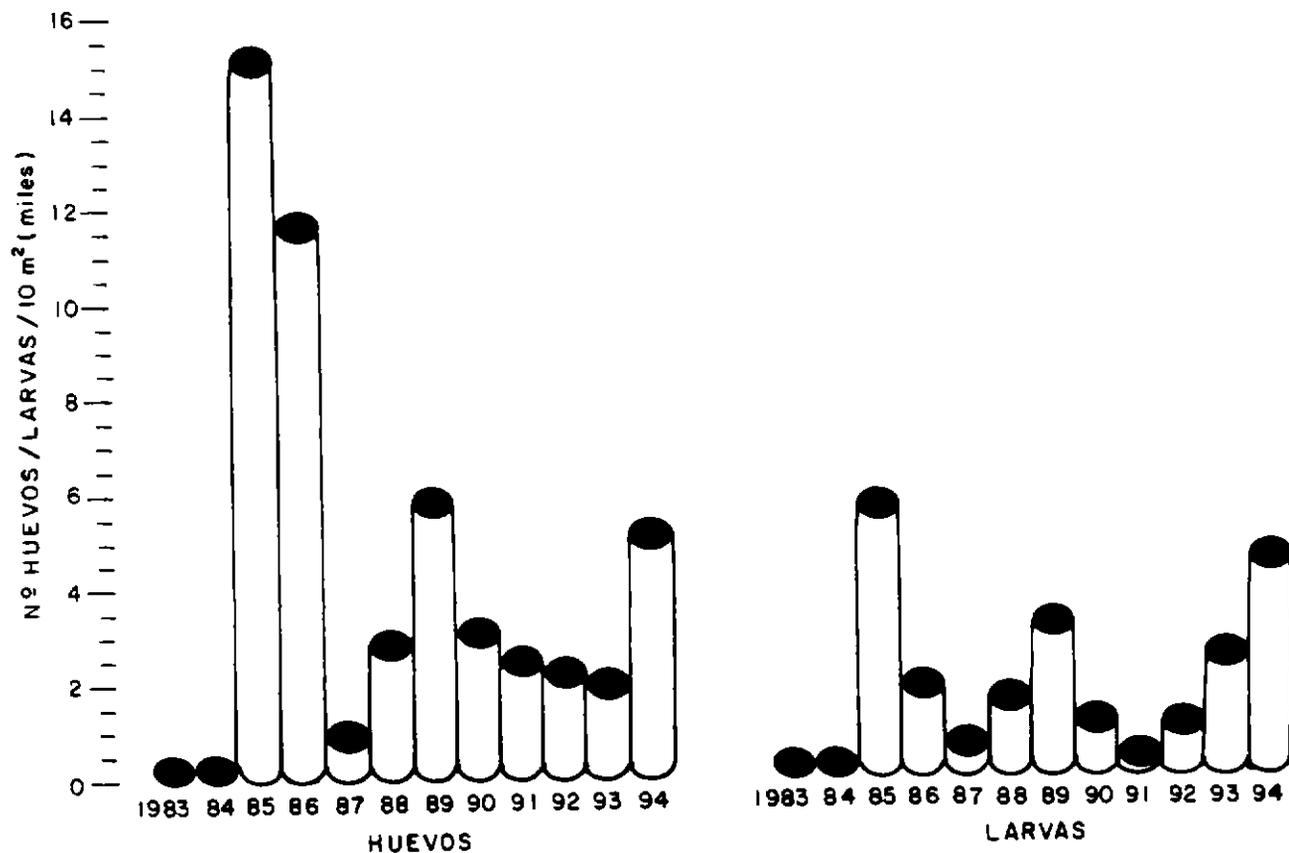


Figura 113. Estimación de la densidad promedio de las estaciones totales para huevos y larvas de anchoveta en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.

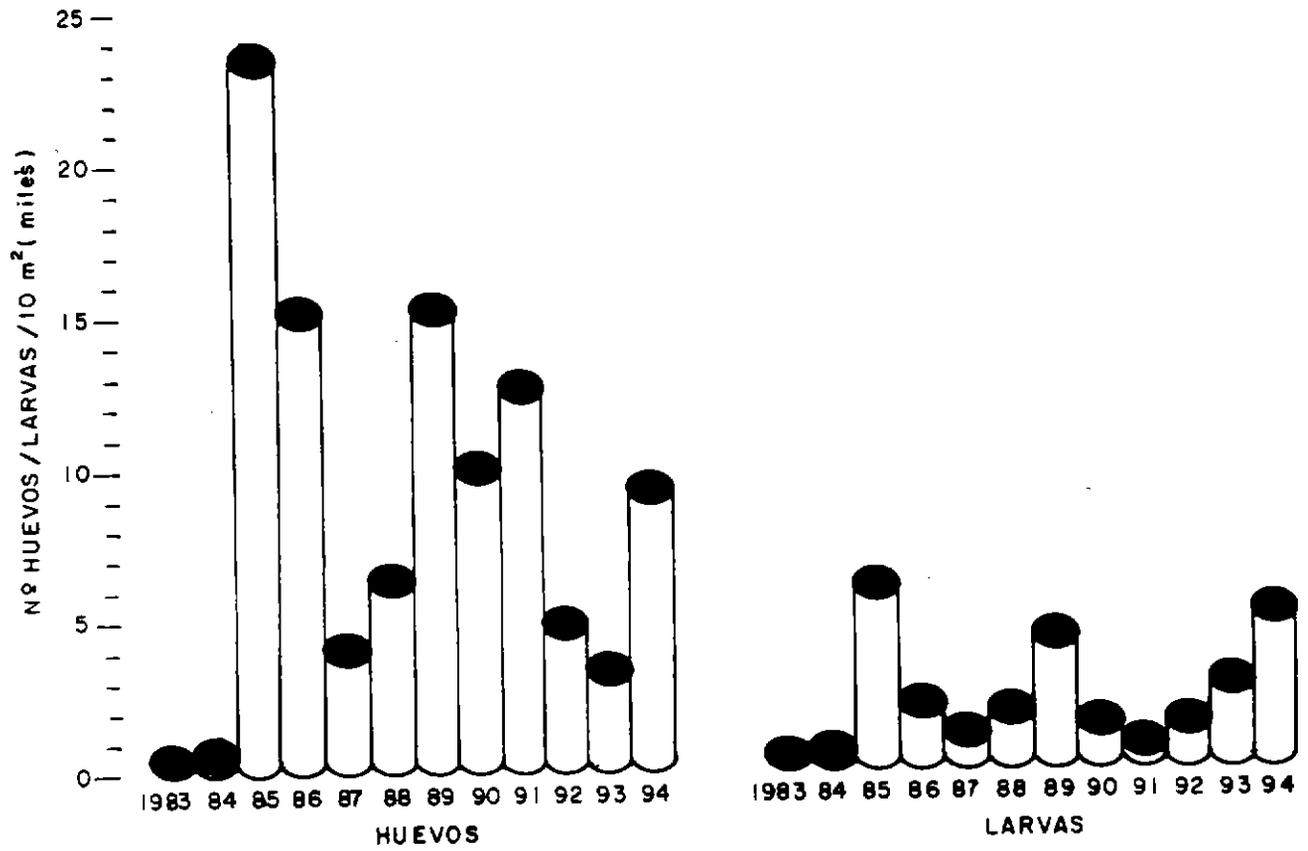


Figura 114. Estimación de la densidad promedio de las estaciones positivas para huevos y larvas de anchoveta en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.

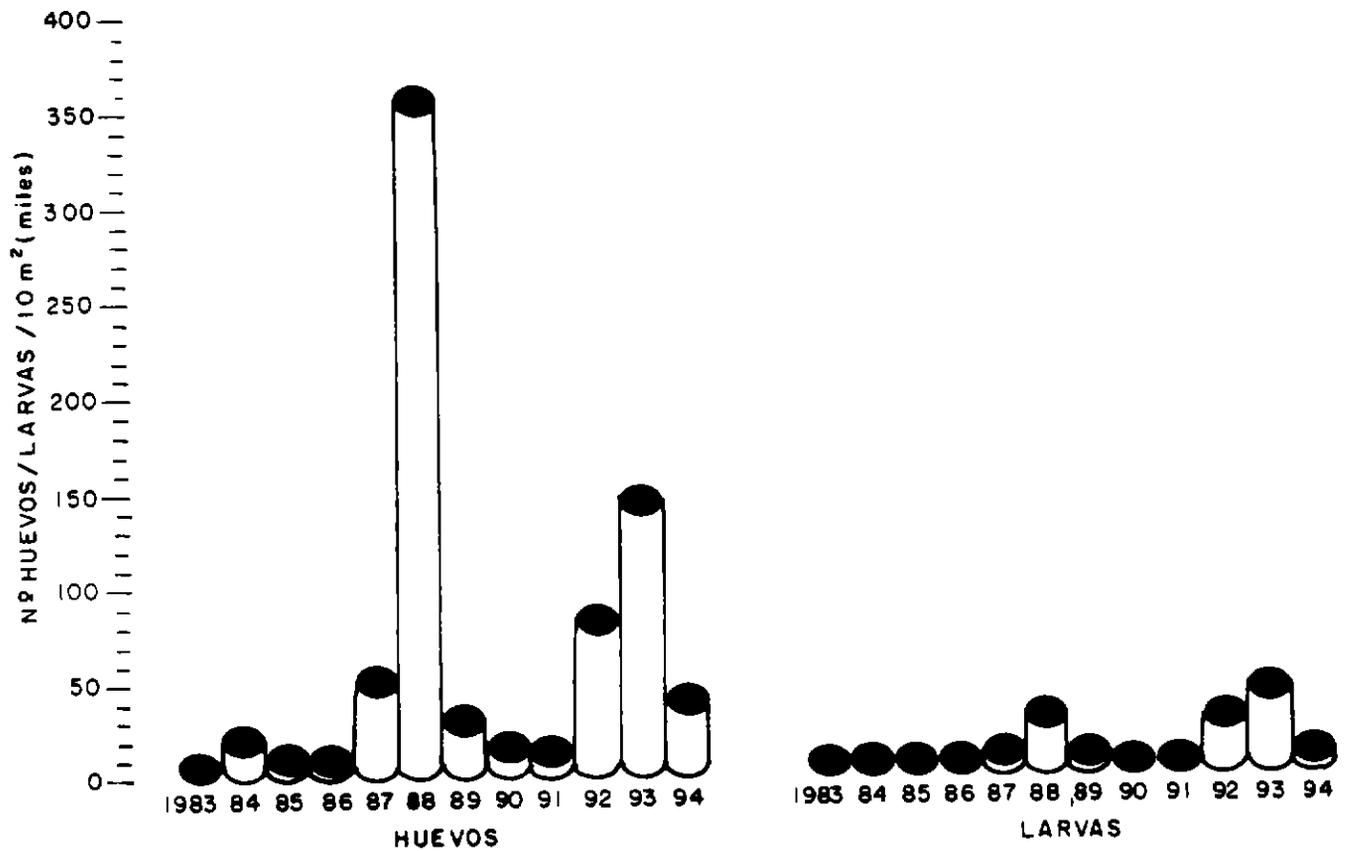


Figura 115. Estimación de la densidad promedio de las estaciones totales para huevos y larvas de jurel en la zona Arica -Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.

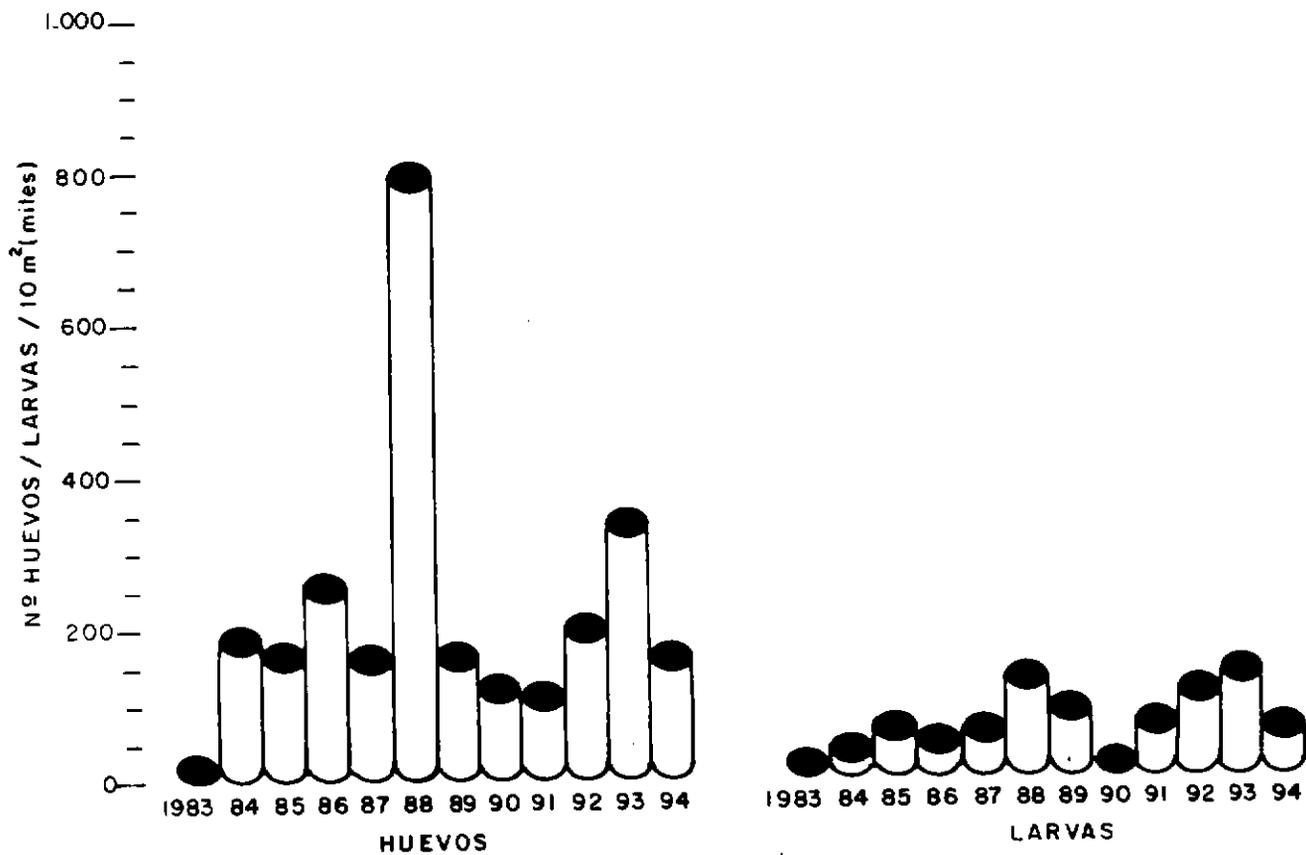


Figura 116. Estimación de la densidad promedio de las estaciones positivas para huevos y larvas de jurel en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1983 - 1994.

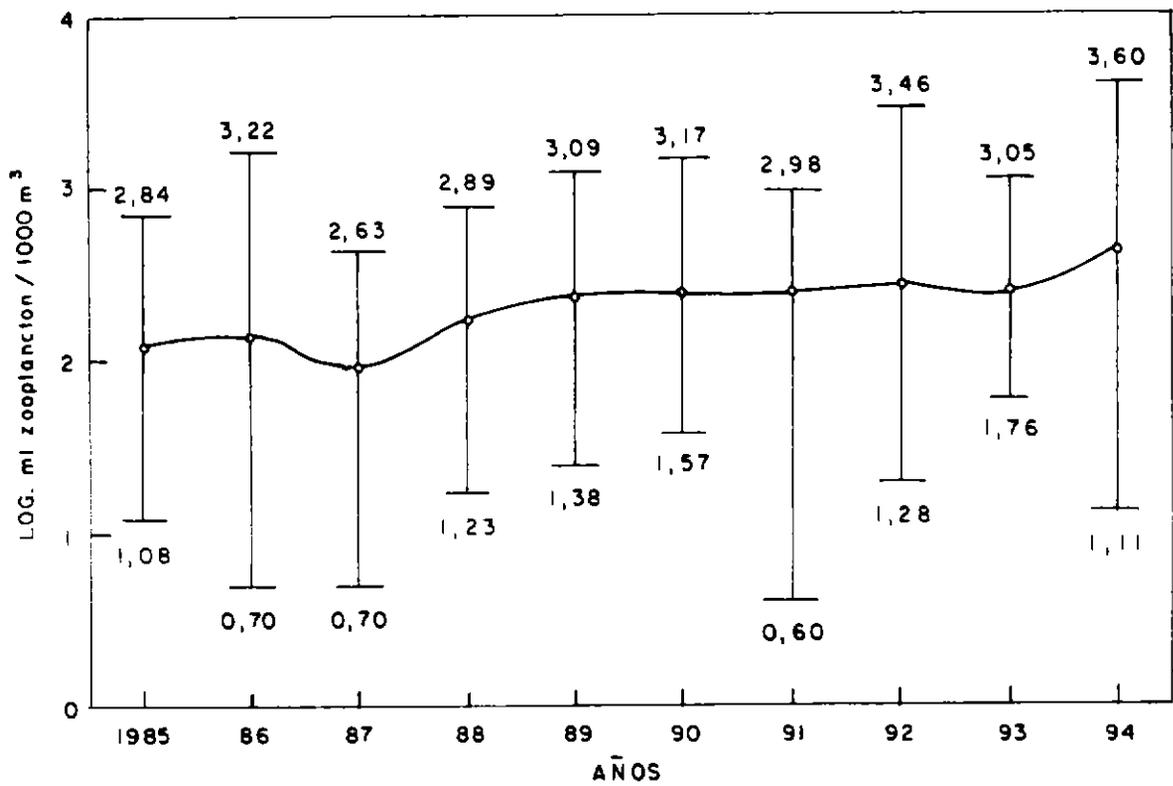


Figura 117. Abundancia promedio y valores extremos de la biomasa zooplanctónica en invierno de los años 1985 - 1994.

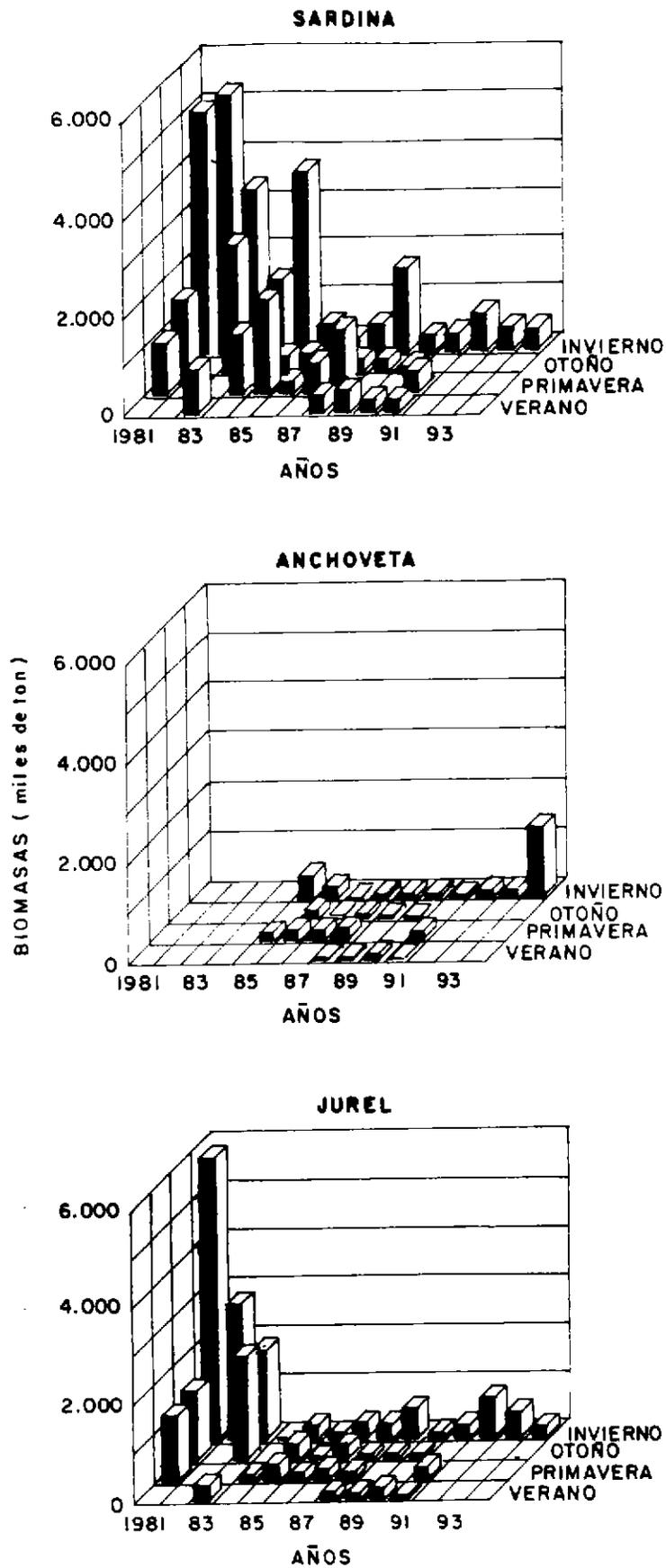


Figura 118. Biomazas estacionales de sardina española, anchoveta y jurel estimadas para la zona Arica - Antofagasta, durante el periodo 1981-1994.

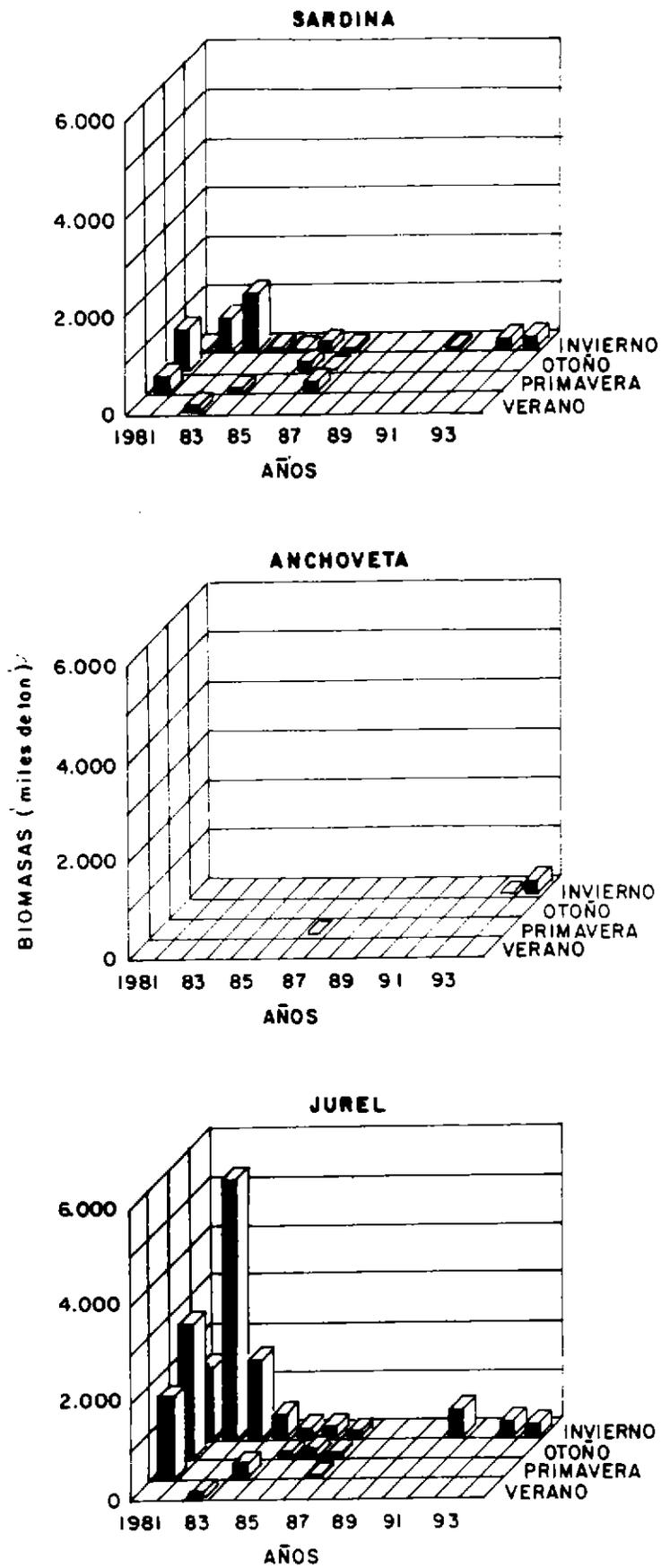


Figura 119. Biomazas estacionales de sardina española, anchoveta y jurel estimadas para la zona Antofagasta -Coquimbo, durante el periodo 1981-1994.

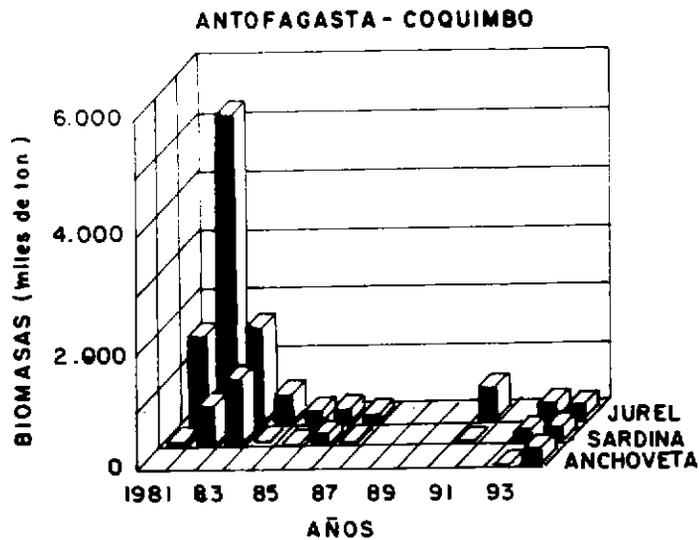
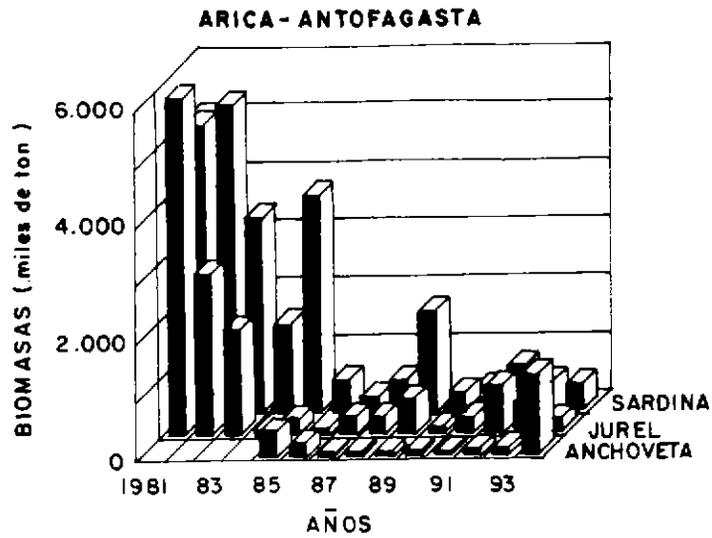


Figura 120. Biomاسas de sardina, anchoveta y jurel, estimadas para las estaciones de invierno del periodo 1981-1994.

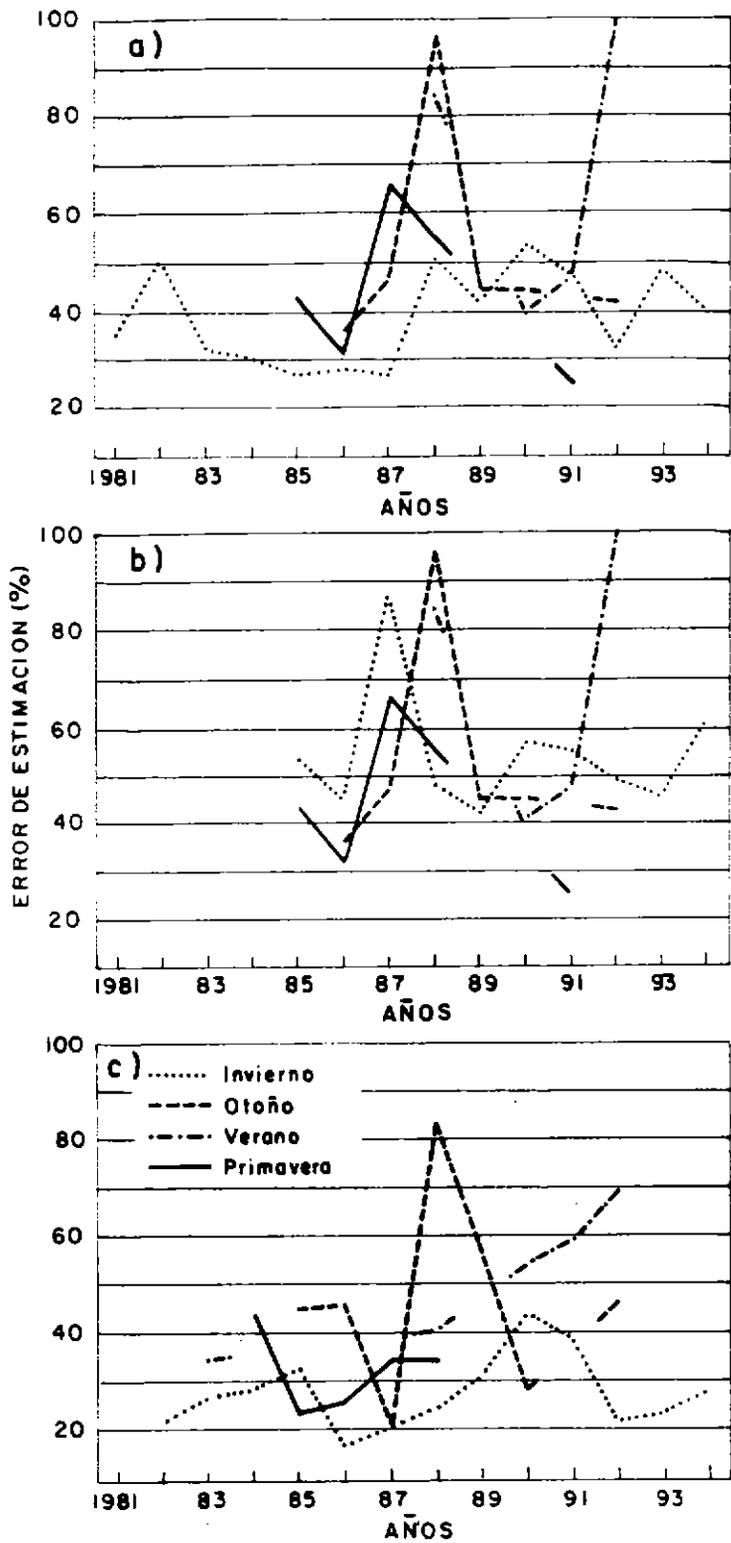


Figura 121. Precisión de los estimados estacionales de biomasa para la zona Arica - Antofagasta de a) sardina española; b) anchoveta y c) jurel.

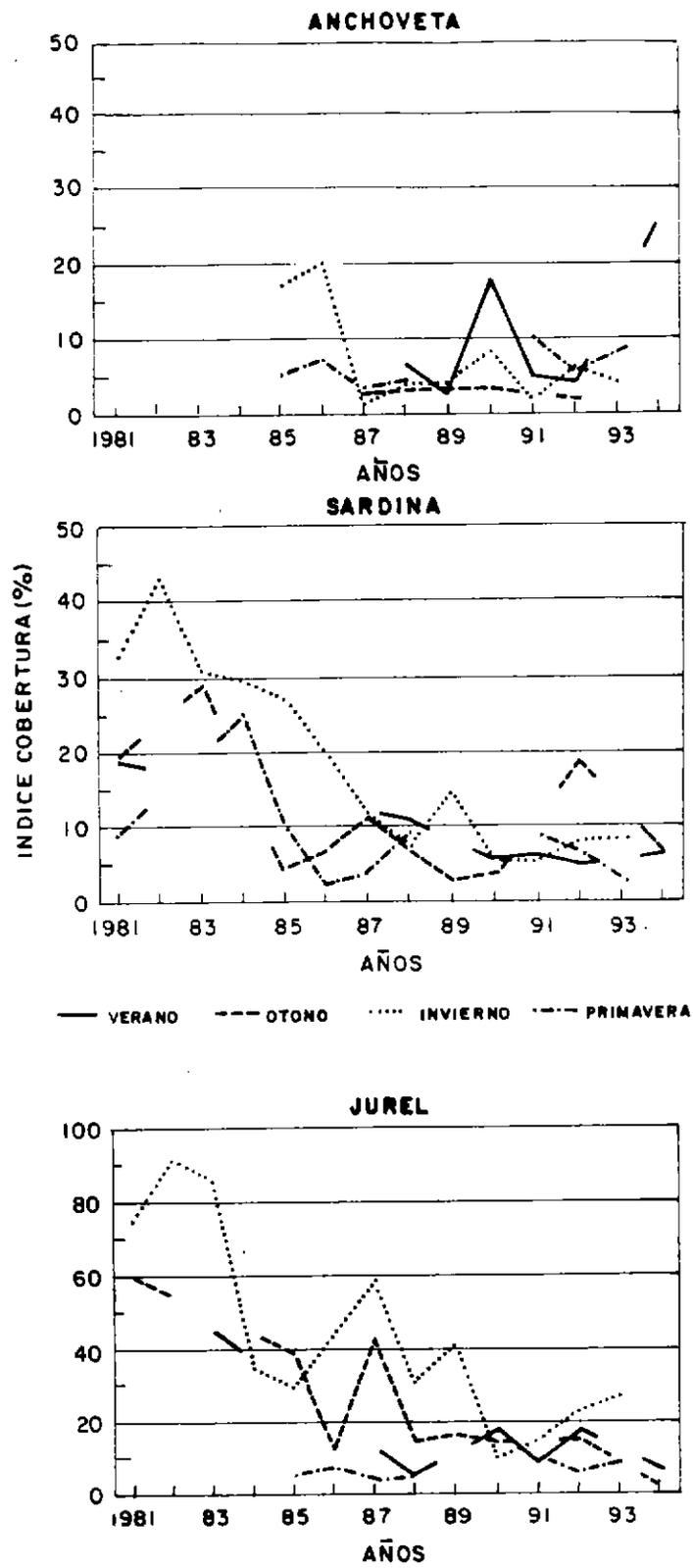


Figura 122. Índice de cobertura estacional de anchoveta, Sardina española y jurel, para el periodo 1981-1994.

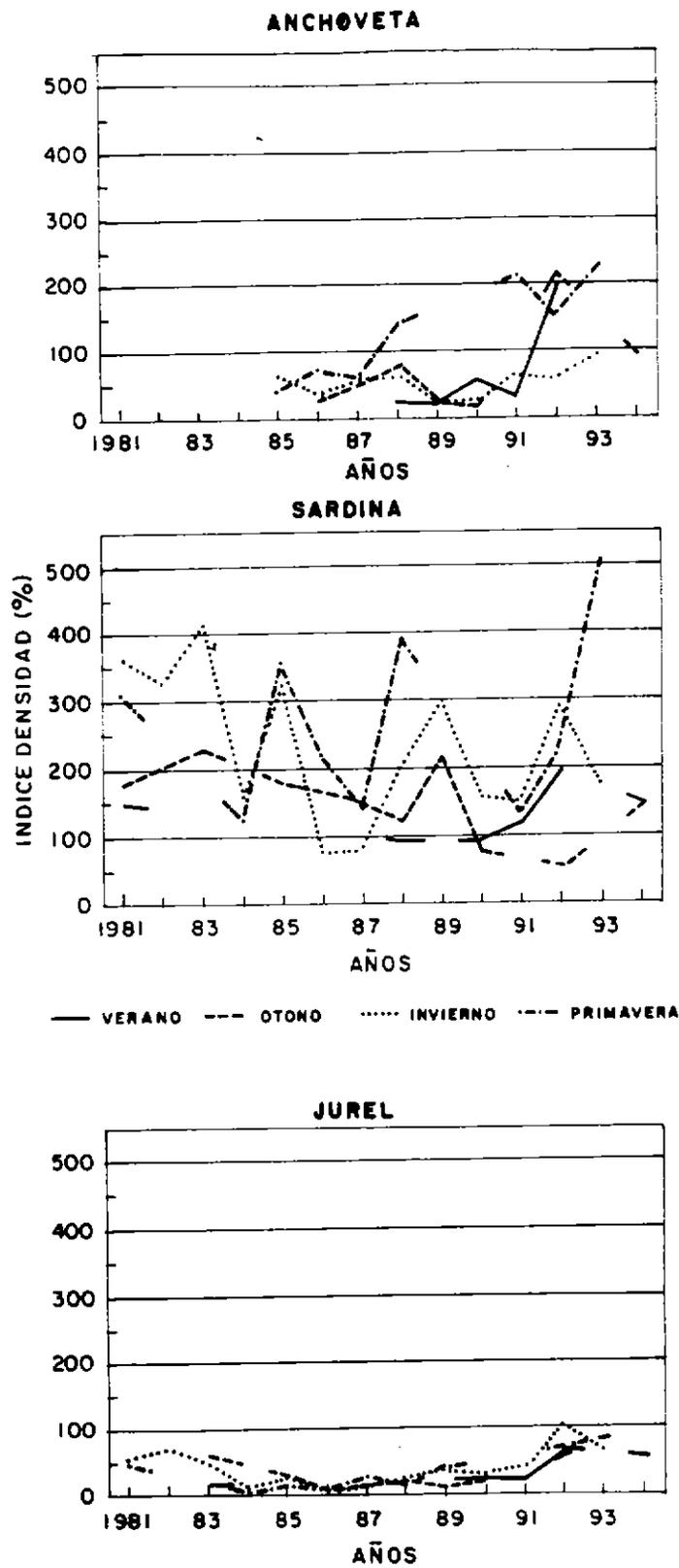


Figura 123. Índice de densidad estacional de anchoveta, sardina española y jurel, para el periodo 1981-1994.

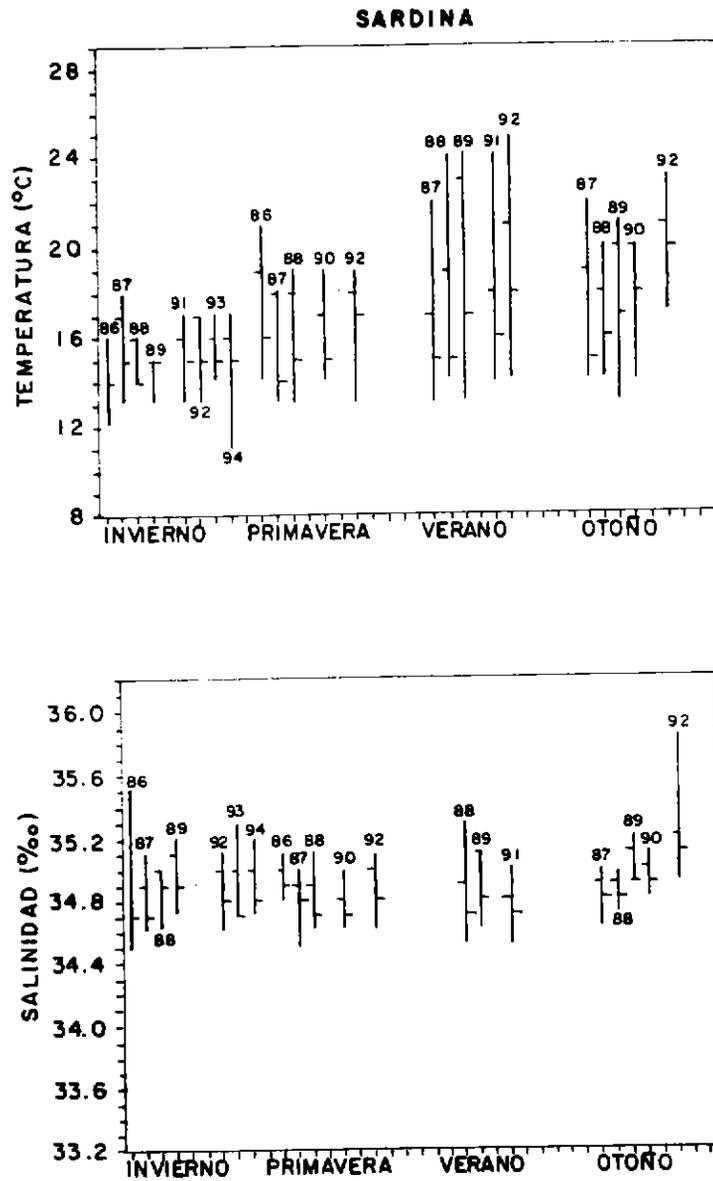


Figura 124. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de distribución de la sardina española para el periodo 1981-1994.

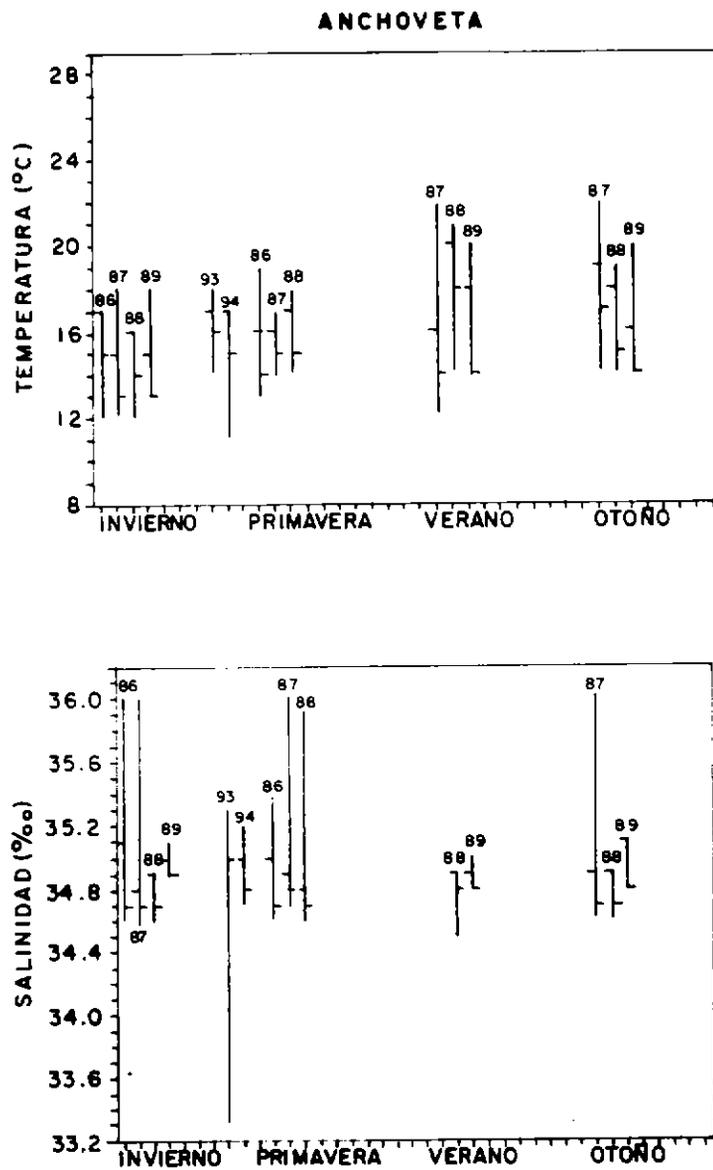


Figura 125. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de distribución de la anchoveta para el periodo 1981-1994.

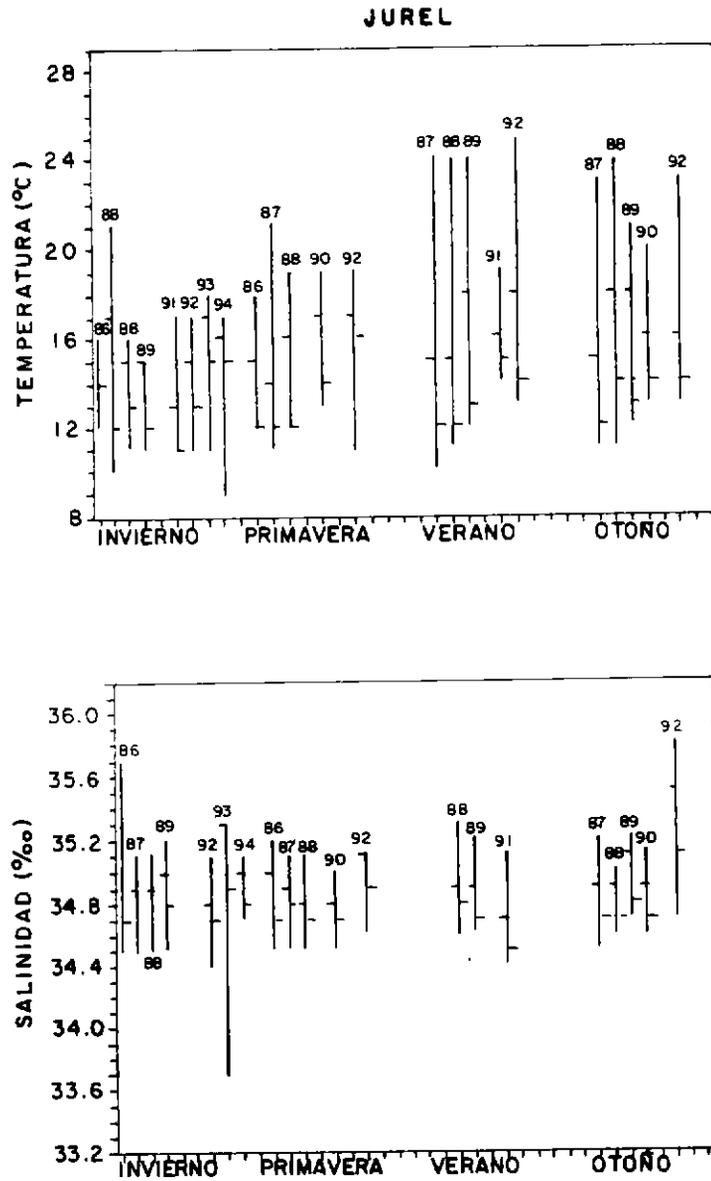


Figura 126. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de distribución del jurel para el periodo 1981-1994.

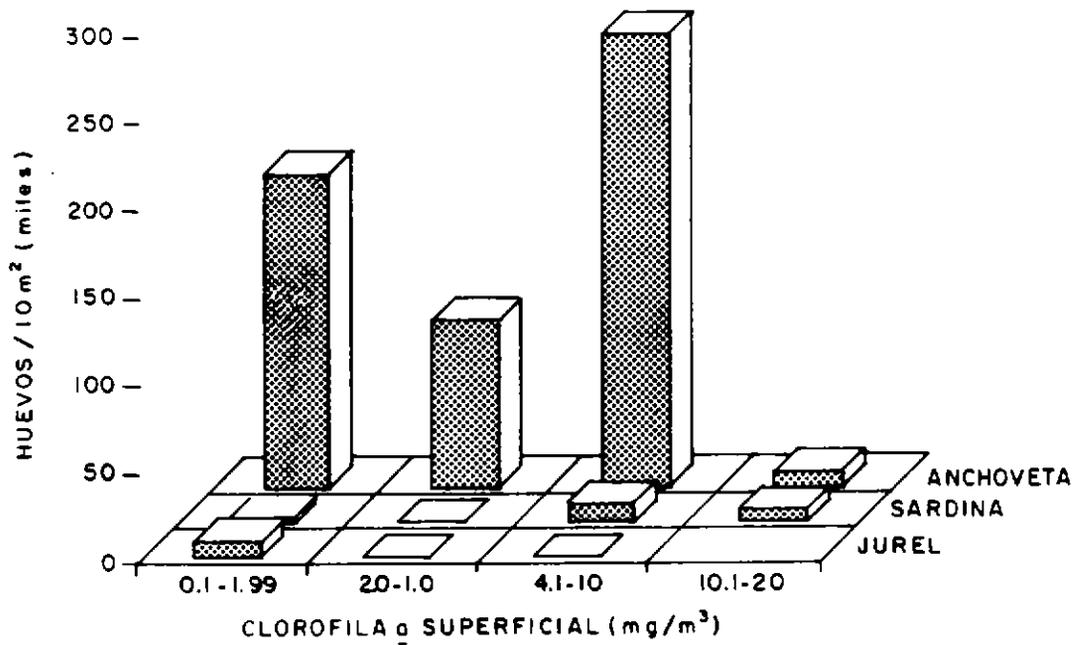
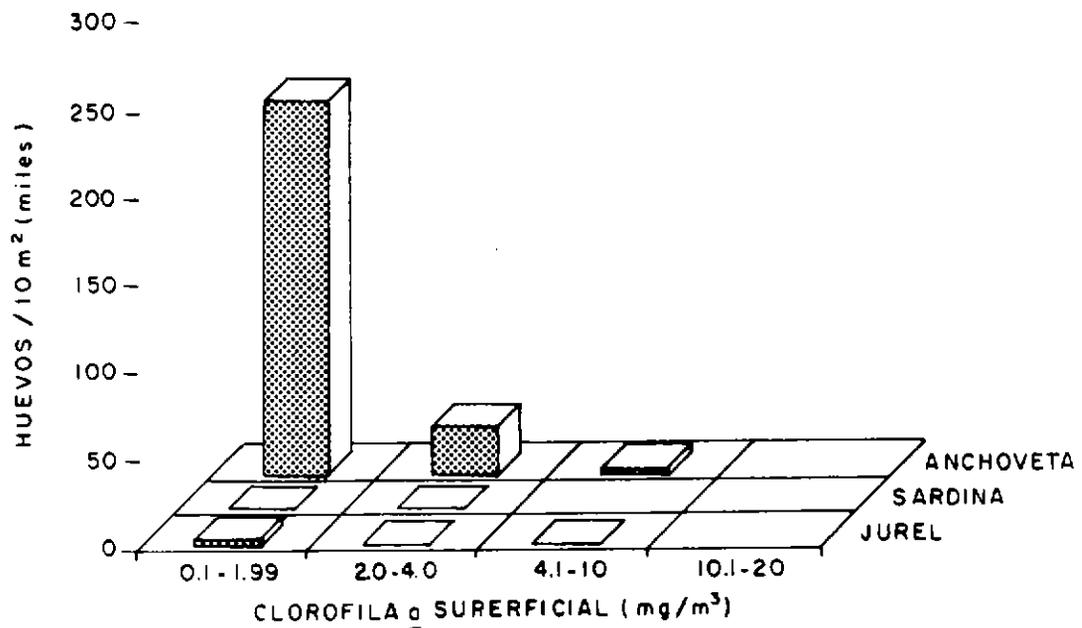


Figura 127. Abundancia relativa de huevos (número de huevos / 10 m<sup>2</sup>) de anchoveta, sardina española y jurel en relación a la clorofila a superficial.

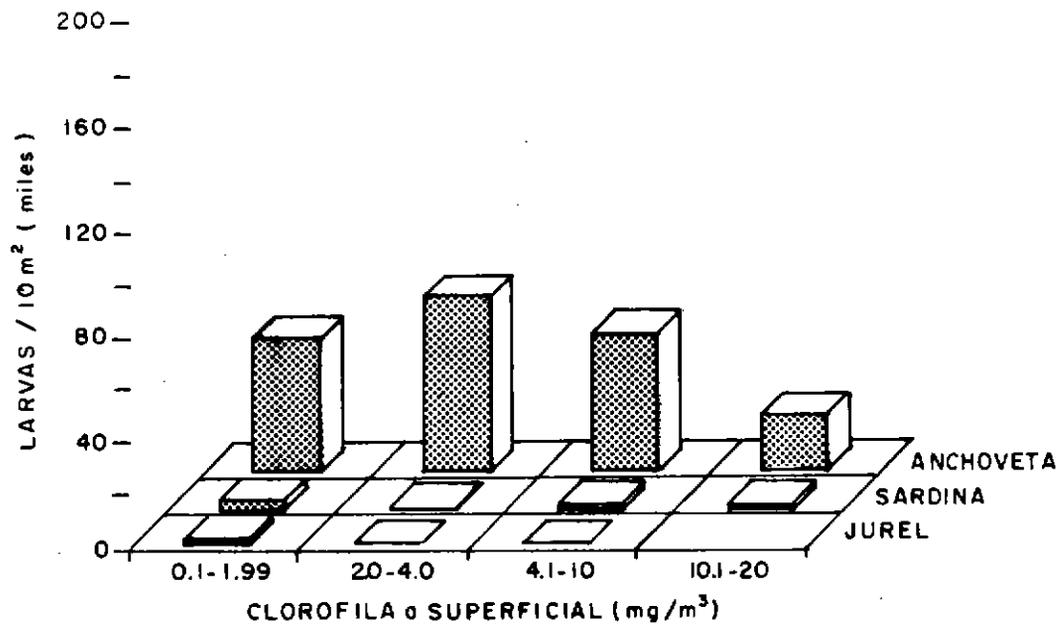
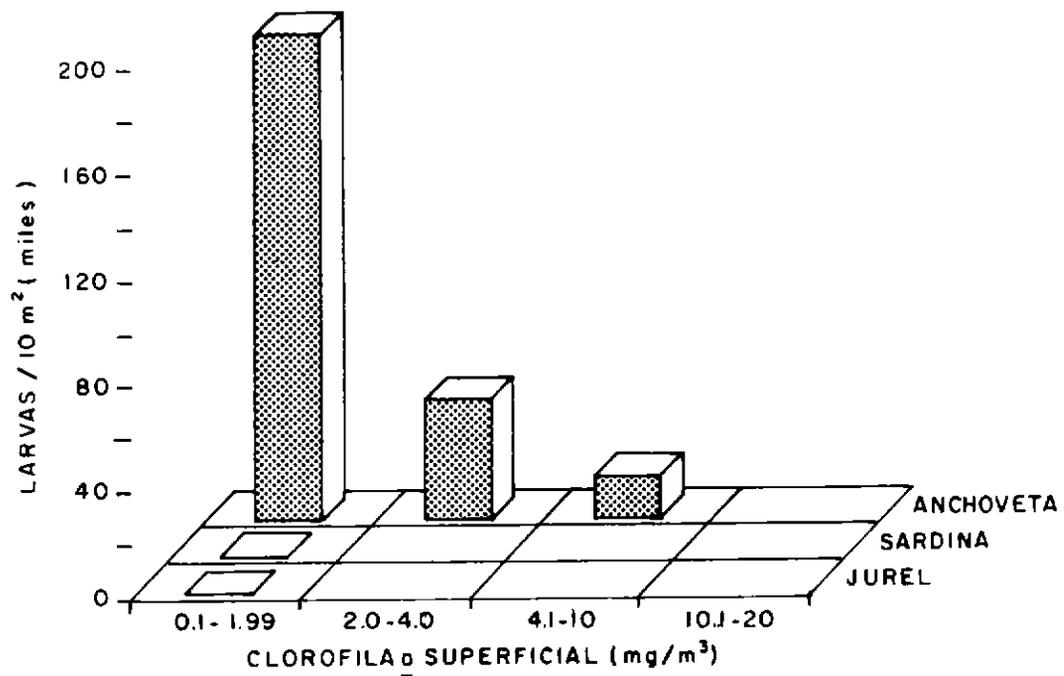


Figura 128. Abundancia relativa de larvas (número de larvas / 10 m²) de anchoveta, sardina española y jurel en relación a la clorofila a superficial.

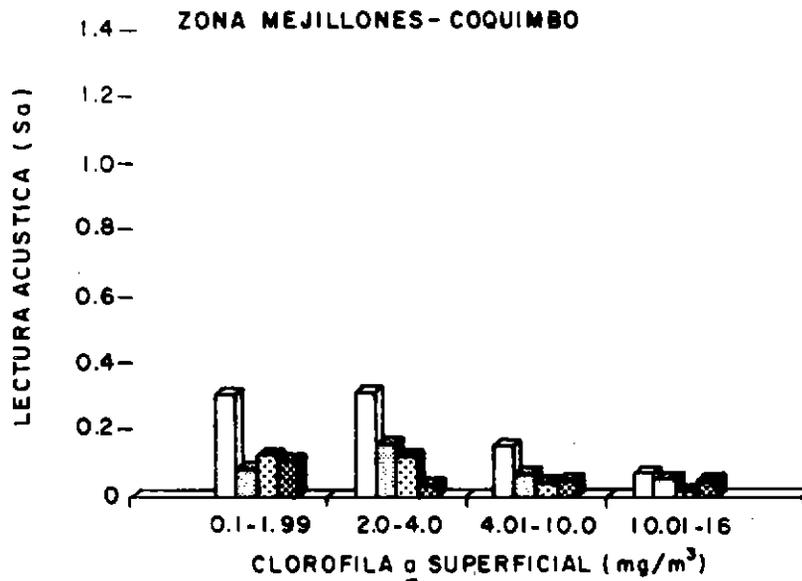
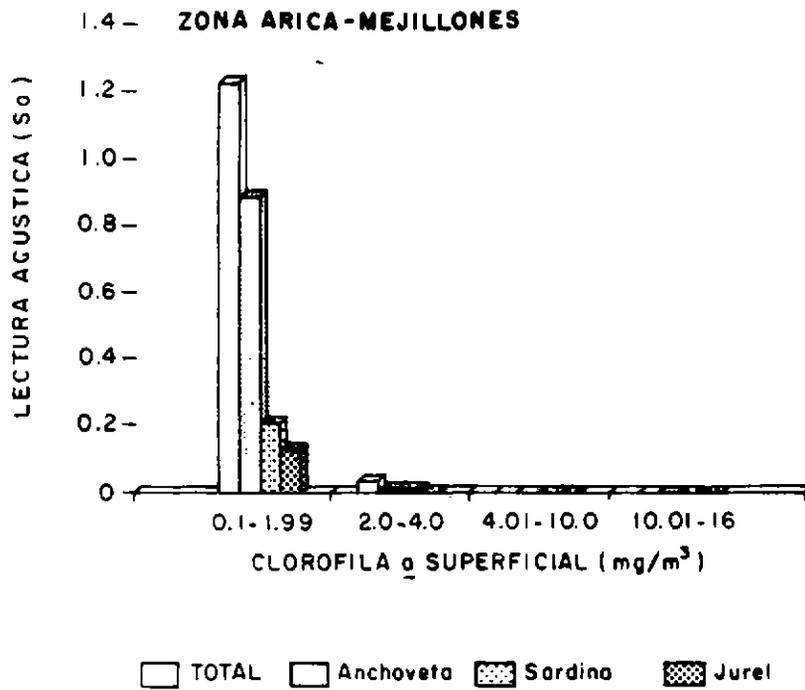


Figura 129. Distribución de los recursos anchoveta, sardina española, jurel y total de especies respecto a la clorofila a .

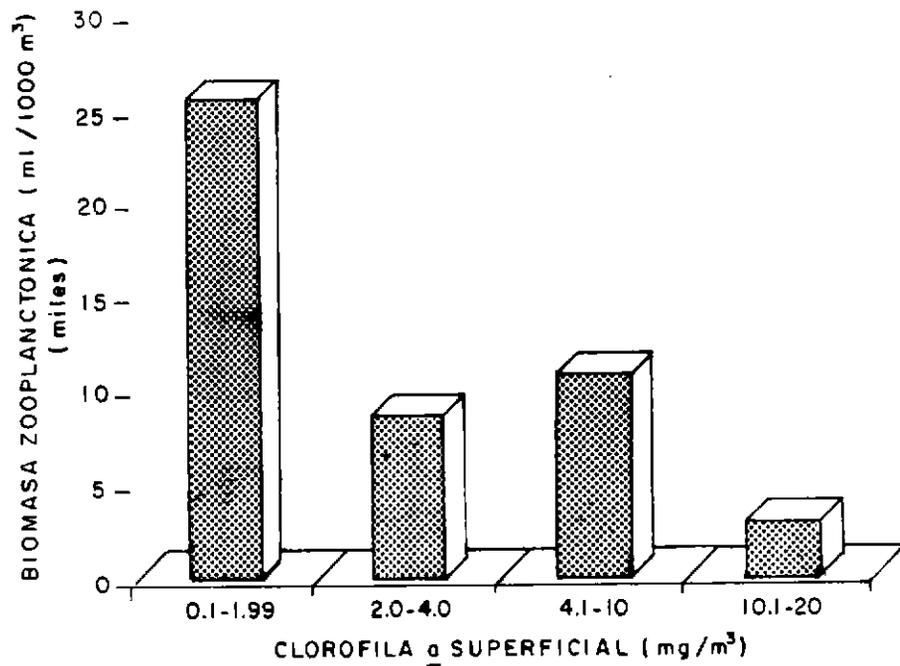
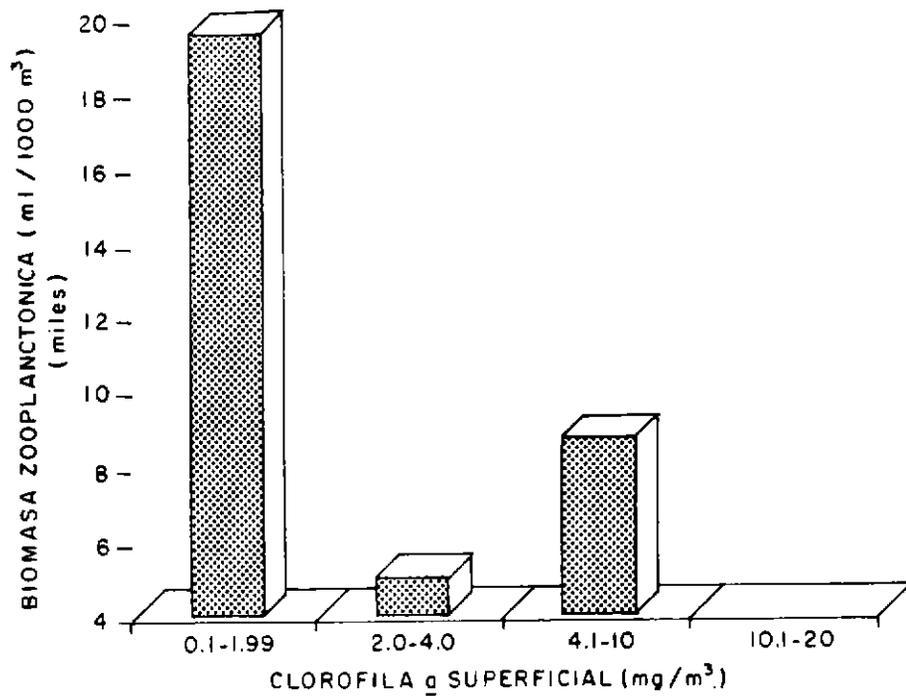


Figura 130. Distribución de la biomasa zooplanctónica (ml/1.000 m<sup>3</sup>) respecto a la clorofila a .

ANEXO I

DATA REPORT

## ANEXO I

La información obtenida durante el crucero se encuentra almacenada en registros magnéticos en diskette de alta densidad y fueron generados bajo sistema operativo DOS, los archivos y el formato de grabación de cada una de las componentes es el siguiente:

### 1.- DATOS OCEANOGRÁFICOS Y METEOROLÓGICOS

La información oceanográfica y meteorológica de cada una de las estaciones bio-oceanográficas realizadas durante el crucero, se encuentra en el archivo CRUCE362, cuyo formato de grabación (Formulario de codificación), corresponde a una modificación del formato NODC. El formato IFOP esta compuesto por un registro de identificación y varios registros de información:

#### a) Registro de identificación

Campo		Col.inicio	Formato
país		1	E 2
buque		3	A 2
latitud	grados	5	E 2
	minutos	7	R 3.1
longitud	grados	10	E 2
	minutos	13	R 3.1
marsden		16	E 3
año		19	E 2
mes		21	E 2
día		23	E 2
hora local		25	R 3.1
institución		28	E 2
crucero		30	E 3
estación		33	A 3
prof.Ecosonda		36	E 4

máxima profundidad	40	E 2
n° observaciones	42	E 2
trans. Secchi	44	E 2
dirección olas	46	E 2
altura olas	48	E 1
período olas	49	E 1
dirección viento	50	E 2
velocidad viento	52	E 2
presión barométrica	54	R 3.1
bulbo seco	57	R 3.1
bulbo humedo	60	R 3.1
tiempo	63	E 2
tipo nubes	65	E 1
cant. Nubes	66	E 1
visibilidad	67	E 1
latitud n-s	68	A 1
longitud w-e	69	A 1
tipo de datos	76	A 1
control	80	E 1

b) Registros de datos

identificación	1	35	(Repetición)
profundidad (m)	36	E 4	
temperatura (°C)	40	R 4.2	
salinidad	44	R 5.3	
oxígeno (ml/l)	49	R 4.4	
control	80	E 1	

Observaciones:

Formato tipo: A n: Alfanumérico

E n: Entero

R n: Real sin el punto (ej. 34.356 en  
formato R 5.3 es 34356

n: Número de columnas

Columna 28 y 29 - códigos institución : 01=SHOA,

02=IFOP, 03=UCV, 04=SSP y 05=otros

Columna 76 - códigos del tipo de datos:  
B=botellas, C=CTD

Columna 80 - código control : 1 identificación de  
la estación y 2 ultimo dato  
observado

Los datos meteorológicos se encuentran codificados de  
acuerdo las normas y códigos del NODC.

## 2.- ICTIOPLANCTON

La información zooplanctónica de cada una de las estaciones bio-oceanográficas realizadas durante el crucero, se encuentra en el archivo 362IC.PRN, cuyo formato de grabación se detalla a continuación:

columna	tipo de información
1	Código estación
2,3,4	Año, mes y día
5 y 6	Hora estación: hora, minuto
7	Latitud grados
8	Latitud minutos
9	Longitud grados
10	Longitud minutos
11	Código de la red
12	Abertura de malla de la red, en micras
13	Profundidad
14	Código flujómetro
15	Número inicial revoluciones
16	Número final revoluciones
17 y 18	Tiempo calado minuto, segundo
19 y 20	Tiempo virado minuto, segundo
21	Metros cable arriado
22	Angulo del cable
23	Factor de estandarización
24 y 25	Huevos y larvas de sardina
26 y 27	Huevos y larvas de anchoveta
28 y 29	Huevos y larvas de jurel
30 y 31	Huevos y larvas de otras especies

### 3.- REGISTROS ACUSTICOS

La información concerniente a la evaluación hidroacústica está contenida en 2 tipos de archivos: BIOMA-XX.DAT y POSIC-XX.DAT. En el nombre de estos archivos se indica el número de transecta por las letras XX, en este caso 32.

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

Los archivos BIOMA-XX.DAT están estructurados según:

Linea	columna	tipo de información
1	1-	nombre del crucero
2	2-	barco
3	3-	zona
4 y +	1 a 3	número de 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

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
13	coma (,)
14 a 20	latitud (LLLL.11)
21	coma (,)
22	S (sur)
23	coma (,)
24 a 31	Longitud (GGGGG.gg)
32	coma (,)
33	W (oeste)

