



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 95 - 03

INFORME : EVALUACION HIDROACUSTICA DE LOS
FINAL : RECURSOS ANCHOVETA, JUREL Y
SARDINA ESPAÑOLA DE LAS REGIONES I
A IV

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

Este documento ha sido inscrito en el registro de propiedad intelectual N° 98.265 a nombre del Fondo de Investigación Pesquera, y no podrá ser reproducido, ni en su totalidad o partes, por cualquier método o procedimiento, sin una autorización por escrito del Secretario Ejecutivo del Consejo de Investigación Pesquera.

INFORME FINAL

FIP 95 - 03

**Evaluación Hidroacústica de los Recursos Anchoqueta,
Jurel y Sardina Española de las Regiones I a IV**

● Abril de 1996 ●

REQUIRENTE :

**CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP -
Presidente Consejo: PATRICIO BERNAL P.**

EJECUTOR :

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

• Abril de 1996 •

**COMUNICACION
INFORMATIVA**



JEFE DE PROYECTO

JORGE CASTILLO P.

AUTORES

JORGE CASTILLO P.

M^a ANGELA BARBIERI B.

JOSE CORDOVA M.

SERGIO LILLO V.

ULISES PARKER

Oceanografía Física

JOSE LUIS BLANCO G.

Ictioplancton

JUAN MAURICIO BRAUN A.

Fluorescencia y Clorofila A

JORGE OSSES R.

PERSONAL PARTICIPANTE IFOP

Acústica

JORGE CASTILLO P.	Jefe de Crucero
JOSE CORDOVA M.	Ingeniero Pesquero
SERGIO LILLO V.	Ingeniero Pesquero
MARIA ANGELA BARBIERI B.	Ingeniero Pesquero
BERNARDO LEIVA P.	Ingeniero Pesquero
ALFREDO NIKLITSCHKE S.	Electrónico
ULISES PARKER P.	Biólogo Pesquero
NANCY ESPINOZA A.	Asistente

Oceanografía Física y Química

JOSE LUIS BLANCO G.	Oceanógrafo
JORGE OSSES R.	Profesor de Química
GUILLERMO ORTEGA S.	Asistente

Oceanografía Biológica (Ictioplancton)

MAURICIO BRAUN A.	Licenciado en Biología
VIVIAN VALENZUELA C.	Biólogo Marino
VERONICA ORTIZ R.	Técnico Marino
HERNAN MILES U.	Técnico

PAM "LA PORTADA"

MAURICIO CASTRO S.	Asistente
HERNAN GODOY M.	Asistente

I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, correspondiente al Informe Final del proyecto FIP 95-03 "Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, sardina española y jurel en las Regiones I a IV" presenta los resultados de la estimación de biomasa, distribución geográfica y batimétrica de las especies objetivo 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 sardina española, anchoveta y jurel. La zona de estudio estuvo comprendida entre Arica y pta. Talca (31°00'S) (Regiones I a IV), desde la costa hasta 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 6 de Agosto y el 16 de septiembre de 1995, correspondiente al invierno, período en que se registra la máxima actividad reproductiva de la mayoría de las especies pelágicas objeto del estudio. Las pescas de reconocimiento de ecotrazos y para muestreo biológico, se realizó con el PAM la Portada, arrendado para estos efectos.

El muestreo oceanográfico se realizó en estaciones discretas ubicadas sobre el track acústico a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa, completándose un total de 234 estaciones. En estas estaciones se recolectó información de temperatura salinidad y oxígeno desde la superficie hasta los 600 m como máximo, muestreo de la fluorescencia in vivo e información meteorológica y muestras de ictioplancton con una red WP-2.

COPIA
INFORMATIVA

La evaluación de los recursos se efectuó mediante métodos hidroacústicos con un muestreo sistemático en transectas paralelas entre sí y perpendiculares a la costa con una separación de 20 mn entre Arica y pta. Amarilla ($24^{\circ}00'S$) y 25 mn entre pta Amarilla y pta. Talca ($31^{\circ}00'S$), completándose 34 transectas.

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, Bootstrap y Geoestadístico.

Se analizan las distribuciones de los recursos mediante cartas de distribución, correlogramas, variogramas, índices de densidad y cobertura.

Las condiciones meteorológicas durante el crucero indican que los vientos medidos en las estaciones presentan una gran variabilidad tanto en su intensidad como en la dirección. Predominan los vientos del 2º y 3º cuadrante, con una media de 2,5 m/s e intensidades máximas de hasta 7 m/s (14 nudos).

La temperatura superficial, presentó valores entre 11,99 y 17,18°C, aumentando de sur a norte y desde la costa hacia el sector oceánico

La anomalía de temperatura superficial respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds (1982) fluctúa en torno a los 0°C con valores desde +1 a -1°C, lo que indica una normalidad en casi toda el área.

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

La salinidad superficial aumenta de sur a norte con valores que fluctúan de 34,31 a 35,06. El valor mínimo se encuentra en 26°S a 70 millas de la costa y el máximo a 40 millas frente a Arica. Entre Arica y los 21°S y fuera de las 40 mn los valores son mayores a 34,9, el sector costero presenta valores menores de 34,9 producto de la surgencia.

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 (menores de 5 ml/l), se ubican en la franja costera.

En el área se presentan las masas de agua subtropical costera (AST-1), subantártica (ASAA), ecuatorial subsuperficial (AESS) e intermedia antártica (AIAA).

La circulación superficial 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 un flujo dirigido hacia el norte en las primeras 20 millas desde los 24°S al norte, hacia el sur de esta latitud, el flujo es hacia el sur. Por el sector oceánico el flujo predominante es al sur desde Arica hasta Tocopilla y hacia el norte de Coquimbo a Taltal.

Entre Arica y Antofagasta los valores de temperatura en superficie para el período de estudio, son similares a los registrados en agosto de 1974, 1984, 1985, 1986, 1988 y 1990, años calificados como de condiciones normales o fríos, situación que

coincide con el diagnóstico del Boletín de Alerta Climático (BAC) de la CPPS, durante agosto y septiembre, donde se señala que los índices oceánicos y atmosféricos continúan cerca de sus valores normales.

La proyección para el verano 1995-96 basada en el BAC de diciembre de 1995 (BAC 63) y los resultados del presente crucero, es de condiciones normales a frías, las que se mantendrán por lo menos durante los próximos 6 meses.

Las mayores concentraciones de biomasa fitoplanctónica medidas para todo el crucero, están restringidas casi en su totalidad a la zona costera, situación que se debe a la intrusión de masas de agua oligotróficas provenientes de la zona oceánica. La única desviación observada de este patrón es la presencia oceánica de altas concentraciones de clorofila a (cloa) integrada, en la zona correspondiente a la Península de Mejillones, que indican sistemas de transporte activo desde la zona costera hacia la oceánica.

Al comparar los valores de cloa obtenidos durante este crucero con los del año 1994, se puede concluir que el sistema está deprimido, en términos productivos, especialmente en aquellas zonas en las que durante 1994 se midió concentraciones significativas de cloa.

Existen zonas en que las diferencias en los valores de cloa integrada obtenidos en 1995 son más altos que los de 1994, pero estas diferencias están restringidas a valores de cloa integrada inferiores a 50 mg/m^2 , por lo que esta variabilidad correspondería a un sistema típicamente poco productivo, en los dos años considerados.



Las densidades promedio de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel, calculadas sobre la base de las estaciones totales y positivas, revelan que durante el invierno de 1995, se produce un marcado predominio 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, concentración y extensión de la actividad reproductiva.

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 95,3% y 98,9% respectivamente.

La mayor frecuencia de estaciones positivas para huevos de sardina se registró en la zona comprendida entre Mejillones y Punta Lavata, mientras que en el extremo norte y especialmente sur del área de estudio, ésta experimentó una marcada disminución.

Los huevos de sardina presentaron una modalidad nerítica en la postura, concentrándose más del 70% de ellos en las primeras 20 mn de la costa.

Los niveles de abundancia de los huevos de sardina con respecto a la latitud muestran una leve tendencia creciente en sentido norte - sur.

Los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina española, analizados en términos de la densidad promedio por estaciones totales utilizada como un índice de la extensión del desove, señala que en invierno de 1995 se produce un incremento en la cobertura geográfica de huevos y una fuerte disminución en la

en fase de larvas, lo cual se refleja en porcentajes de cambio con respecto a 1994, iguales a 27,5% y -61,8% para ambas fases de desarrollo respectivamente.

Con respecto a la intensidad y concentración del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1994, una situación diferente para huevos y larvas, en efecto el primer estadio exhibe un significativo incremento en su intensidad del orden de 60,8%, en cambio las larvas experimentan una drástica disminución la cual alcanza a - 64,6%.

Las áreas de mayor abundancia de huevos de sardina (> 1.100 huevos/ $10m^2$), se ubicaron preferentemente en la línea de estaciones de 1 mn frente a Mejillones ($23^{\circ}00'S$), Antofagasta ($23^{\circ}40'S$), caleta Oliva ($25^{\circ}15'S$) y Punta Salado ($26^{\circ}30'S$).

Las áreas de mayor abundancia larvaria (> 220 larvas/ $10m^2$) se localizaron principalmente frente a Punta Arenas ($21^{\circ}40'S$), punta Ana ($22^{\circ}00'S$) y caleta Oliva ($25^{\circ}15'S$).

La distribución geográfica de los huevos de anchoveta, señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta Peña Blanca ($27^{\circ}45'S$) y longitudinalmente se extendió hasta las 100 mn.

Las áreas de mayor abundancia larvaria para anchoveta (> 2.000 larvas/ $10m^2$) se detectaron al norte de punta Guaneras ($20^{\circ}00'S$), caleta Yapes ($20^{\circ}40'S$), punta Chipana ($21^{\circ}20'S$), punta Ana ($22^{\circ}00'S$) y punta Amarilla ($24^{\circ}00'S$), exhibiendo los niveles de abundancia una tendencia decreciente en sentido norte - sur.

Para anchoveta se constató una significativa disminución en la extensión espacial del desove, acusando con respecto a 1994

diferencias porcentuales negativas iguales a 63,8% y 73,1% para las fases de huevo y larva, constituyéndose en el octavo y sexto registro más importante de la serie histórica analizada para cada una de las fases de desarrollo respectivamente.

En relación a la intensidad y concentración del desove, se presenta con respecto al invierno precedente, una importante disminución para ambas fases de desarrollo iguales a - 53,4% y - 74,5%. No obstante lo anterior, los resultados obtenidos en invierno de 1995 son coherentes con el pick primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie, y que se manifestó en la zona de estudio a través de su amplia e importante actividad reproductiva, lo cual se reflejó en los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta censados durante el crucero.

El recurso jurel experimentó una drástica disminución en sus niveles de desove, y en relación a 1994, disminuye su densidad promedio por estaciones totales en - 100% y - 75% para la fase de huevo y larva respectivamente, constituyéndose para el primer estadio de desarrollo en el registro más bajo de la serie 1983 - 1995, mientras que la fase de larva alcanza el quinto nivel más bajo registrado para el período analizado.

La biomasa zooplanctónica observada en el presente estudio fluctuó entre 8 - 1.016 ml/1.000 m³ con un promedio general de 239, predominando las densidades comprendidas entre 101 - 300 unidades.

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, han sido los más bajos a partir del año 1989 en

adelante y con respecto al promedio estimado fue el segundo mas bajo después de este último año.

Con respecto a la zona Antofagasta - punta Talinay, tanto los valores extremos de la biomasa zooplanctónica como su promedio, se constituyen en el segundo registro más importante de la serie 1991 - 1993.

En general se detectó la presencia de recursos pelágicos en gran parte de la zona de estudio, con una distribución altamente gregaria dominada por las densidades bajas, con escasas agregaciones de alta densidad y de pequeño tamaño. Entre Arica y Antofagasta el mayor aporte correspondió a la anchoveta, mientras que al sur de Antofagasta el total de especies estuvo explicado casi exclusivamente por la presencia de jurel.

El Índice de Cobertura (IC) en la subzona Arica-pta. Amarilla indica la baja presencia de sardina española en el área de estudio registrándose el valor mas bajo de la serie histórica con 1,6%. La anchoveta también disminuyó su presencia en el área de estudio respecto a 1994, siendo menos drástico que en el caso de sardina con un IC de 14,1%.

En el caso del jurel también se registró una disminución en el IC, rompiéndose la tendencia alcista de los últimos años, presentándose el valor mas bajo de los registrados hasta la fecha, con un 8,0%.

Los Indices de Densidad (ID) de las tres especies presentan una disminución respecto a lo observado en 1994, con 85,4 t/mn² para sardina, 72,3 para anchoveta y 14,5 t/mn² para jurel, comparados con 150, 150,1 y 28,7 t/mn², obtenidos en 1994, respectivamente.

En ambas subzonas la anchoveta se distribuyó entre la superficie y los 30 m, mientras que la sardina se localizó entre la superficie y los 20 m, asociados a las isotermas entre 13 y 16°C para la subzona Arica-pta. Amarilla y entre 12 y 15° en la subzona pta. Amarilla-pta. Talca.

Batimétricamente, el jurel alcanzó hasta los 70 m entre Arica y punta Amarilla, llegando hasta los 190 m al sur de este sector, asociado a las isotermas entre 12 y 16°C.

En la subzona Arica-pta Amarilla la anchoveta presentó los mayores estimados de biomasa con 295.700 t, representando sobre el 79% del total de especies estimado para la subzona y un incremento del 129 % respecto a 1993 y una reducción del 78,5% respecto a 1994, estando virtualmente ausente entre pta. Amarilla y pta. Talca (31°00'S), con 4.190 t, reduciéndose en un 84,0% en relación al mismo período del año pasado.

La sardina española contribuyó con el 10,9% de la biomasa total estimada en la subzona Arica-pta. Amarilla, con 40.790 t. Este valor representa una reducción superior al 86% respecto a los valores obtenidos en los últimos 5 años y del 90,6% en relación al invierno de 1994. En la subzona pta. Amarilla-pta. Talca se estimó una biomasa de 39.840 t, representando una merma superior al 84,1 y 80,2% respecto al mismo período de 1993 y 1994, respectivamente.

El jurel representó alrededor del 9,3% del total en la subzona Arica pta. Amarilla, con 34.460 t y una merma del 83,8 y 93,3% respecto a 1994 y 1993, respectivamente. En la subzona pta. Amarilla-pta. Talca fue la especie mas importante, con 274.660 t, valor que representó el 86,2 % del total estimado para la

subzona, ubicándose en una tendencia estable en los últimos tres años.

Se ajustaron regresiones lineales simple entre las capturas y los ID de primavera y de invierno. La primera de ellas permite explicar las capturas del año en base al ID medido en la primavera del mismo año, mientras que con la segunda se efectúa un pronóstico de las capturas para 1996. Las capturas pronosticadas para 1996, en base a la relación de la captura (+) con el ID, presentan una reducción entre un 30,7 y un 42,8% respecto a 1995.

II. INDICE GENERAL

	página
I. RESUMEN EJECUTIVO	1
II. INDICE GENERAL	11
III. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	14
IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO	29
1. Objetivo general	29
2. Objetivos específicos	29
V. ANTECEDENTES	30
VI. METODOLOGIA	33
1. Zona de estudio y plan de muestreo	33
2. Metodología por objetivo	34
2.1 Objetivo 2.3	34
2.2 Objetivo 2.4	36
2.3 Objetivo 2.2	38
2.4 Objetivo 2.1	46
VII. RESULTADOS	65
1. Registrar y analizar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución de los recursos sardina española, anchoveta y jurel (Objetivo 2.3)	65
1.1 Vientos	65
1.2 Temperatura	65
1.3 Salinidad	67
1.4 Oxígeno	68
1.5 Densidad	68
1.6 Circulación	69
1.7 Masas de agua	69
2. Cuantificación de la concentración de la clorofila <u>a</u> en muestras discretas (Objetivo 2.4)	71

	12
2.1. Distribución superficial de fluorescencia in vivo (fliv), clorofila <u>a</u> y feopigmentos	71
2.2 Distribución superficial de clorofila <u>a</u> y feopigmentos integrados	73
2.3 Distribución batimétrica de la fluorescencia in vivo, clorofila <u>a</u> y feopigmentos	74
3. Determinación de la distribución espacial y abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel (Objetivo 2.2)	77
3.1 Calibración de medidores de flujo	77
3.2 Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces	77
3.3 Biomasa zooplanctónica	86
4. Distribución y biomasa (en peso) de los recursos sardina española, anchoveta y jurel y su varianza asociada	88
4.1 Calibración de los equipos acústicos	88
4.2 Pescas de reconocimiento	88
4.3 Distribución de los recursos	97
4.4 Estimados acústicos de la biomasa	105
4.5 Precisión de los estimados de biomasa	106
4.6 Método Geoestadístico	109
4.7 Índices de cobertura y densidad	110
VIII. ANALISIS DE RESULTADOS	112
1. Registrar y analizar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución de los recursos sardina española, anchoveta y jurel	112
1.1 Temperatura, salinidad y oxígeno	112
1.2 Surgencia	113
1.3 Masas de agua	114
1.4 Circulación	115



2.	Cuantificación de la concentración de la clorofila <u>a</u> en muestras discretas	116
3.	Determinación de la distribución y abundancia de huevos y larvas	119
3.1	Sardina	121
3.2	Anchoveta	123
3.3	Jurel	124
3.4	Biomasa zooplanctónica	124
3.5	Densidad larval en relación a la temperatura superficial	126
4.	Estimados de biomasa y su precisión	128
4.1	Estimados de biomasa	128
4.2	Precisión de los estimados de biomasa	131
4.3	Indices de cobertura y densidad	135
5.	Condiciones oceanográficas físicas y distribución de los recursos	140
5.1	Sardina	140
5.2	Anchoveta	141
5.3	Jurel	143
6.	Relación entre los índices de densidad de anchoveta y las capturas	143
IX.	CONCLUSIONES	147
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	154

TABLAS

FIGURAS

III. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

- Tabla 1. Categorías por densidad
- Tabla 2. Análisis estadístico de relación lineal para la relación funcional entre la fluorescencia in vivo versus la clorofila a.
- Tabla 3. Resumen histórico de las relaciones lineales entre la fluorescencia in vivo (fliv) vs clorofila a (cloa) superficial, fliv vs cloa total y cloa integrada vs cloa superficial, en los años 1994 y 1995.
- Tabla 4. Análisis estadístico de relación lineal para la relación funcional entre la clorofila a integrada versus clorofila superficial.
- Tabla 5. Rangos de fluorescencia in vivo, clorofila a, feopigmentos y clorofila a integrada entre la superficie y los 100 m.
- Tabla 6. Registro de pruebas de calibración de flujómetro TSK 4909. Crucero PELANOR 9508-09
- Tabla 7. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel. Crucero PELANOR 9508-09
- Tabla 8. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel. Crucero PELANOR 9508-09
- Tabla 9. Número y porcentaje de estadios tempranos de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa. Crucero PELANOR 9508-09

Tabla 10. 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 11. 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 12. Lances de pesca de reconocimiento realizados por el PAM La Portada. Crucero PELANOR 9508-09.

Tabla 13. Estimados de biomasa por especie y subzona. Crucero PELANOR 9508-09.

Tabla 14. Varianza $V(B_0)$, coeficientes de variación (CV) y error (%) del estimado de biomasa total de especies

Tabla 15. Varianza $V(B_0)$, coeficiente de variación (CV) y de error (%) de los estimados de biomasa de anchovetas

Tabla 16. Varianza $V(B_0)$, coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de sardina

Tabla 17. Varianza $V(B_0)$, coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de jurel

Tabla 18. Varianza $V(\hat{B}_0)$, coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de sardina, jurel y anchoveta por el método Geoestadístico.

Tabla 19. Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn^2) por especie y zona.

Tabla 20. Número de datos y porcentaje del total, por rango de clorofila, en toda el área muestreada, para los años 1994 y 1995.

- Tabla 21. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel en invierno de los años 1983 - 1995 para la zona Arica - Antofagasta
- Tabla 22. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel en invierno de los años 1983 - 1995 para la zona Arica - Antofagasta
- Tabla 23. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos de sardina, anchoveta y jurel en invierno de los años 1983 - 1995 para la zona Antofagasta - Punta Talinay
- Tabla 24. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de sardina, anchoveta y jurel en invierno de los años 1983 - 1995 para la zona Antofagasta - Punta Talinay
- Tabla 25. Rangos y promedio de la biomasa zooplanctónica en invierno de los años 1991 - 1995 para la zona Antofagasta - Punta Talinay
- Tabla 26. Varianzas de la razón $(\hat{V}(\hat{R}))$ entre (B2) y dentro (W2) de las transectas determinados en la subzona Arica-pta. Amarilla (IBM's= 1,0 mn).
- Tabla 27. Análisis estadístico de la regresión predictiva de invierno
- Tabla 28. Análisis de Varianza de la regresión predictiva de invierno
- Tabla 29. Capturas de anchoveta y predichas en base a la ecuación ajustada para invierno.

FIGURAS

- Figura 1. Zona de estudio y red de transectas realizadas. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 2. Ubicación de transectas y estaciones bio-oceanográficas. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 3. Dirección e intensidad (m/s) del viento registrado en las estaciones oceanográficas. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 5. Distribución de profundidad (m) de la isoterma de 15°C . Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 6. Distribución superficial de salinidad y densidad ($\sigma\text{-t}$). Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 7. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 8. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 9. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno

INSTITUTO
NACIONAL DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
MEXICO

disuelto, en la transecta 5. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

Figura 10. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

Figura 11. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

Figura 12. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

Figura 13. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

Figura 14. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

Figura 15. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

Figura 16. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

- Figura 17. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 18. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 19. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 20. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 21. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 22. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 23. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 24. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l). Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

- Figura 25. Distribución de la anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db, durante Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 26. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 1, 3, 5 y 9. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 27. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 11, 13, 15 y 19. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 28. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 21, 23, 25 y 27. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 29. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transecta 29 y 31 y de 9 estaciones a lo largo de un corte a 40 y 100 millas de la costa. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 30. Distribución superficial de fluorescencia in vivo (UR) (a) y clorofila a (mg/m^3) (b). Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 31. Relación funcional entre la fluorescencia in vivo y la clorofila a, para el plano superficial (a) y para todos los valores de la columna (b).
- Figura 32. Distribución superficial de los feopigmentos superficiales (mg/m^3) (a) y la clorofila integrada (mg/m^2) (b), entre la superficie y los 100 m. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 33. Distribución de los feopigmentos integrados (mg/m^2) entre la superficie y los 100 m. Crucero PELANOR 9508-09.

- Figura 34. Relación funcional entre la clorofila integrada y la superficial, para todas las estaciones (a) y sin los datos obtenidos en las transectas 1 (est. 1) y 17 (ests. 112 a la 118) (b).
- Figura 35. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 1. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 36. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 3. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 37. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 5. Crucero PELANOR 9508-09. -
- Figura 38. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 7. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 39. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 9. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 40. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 11. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 41. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 13. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 42. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 15. Crucero PELANOR 9508-09.

- Figura 43. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 17. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 44. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 19. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 45. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 21. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 46. Distribución batimétrica de la fluorescencia in vivo (UR), para las transectas 23, 25 y 27. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 47. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), para las transectas 29, 31 y 33. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 48. Curva de calibración de flujómetro utilizado en crucero PELANOR 9508-09. TSK 4909.
- Figura 49. Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina, *Sardinops sagax*.
- Figura 50. Abundancia promedio de huevos y larvas de sardina con respecto a la latitud.
- Figura 51. Frecuencia acumulada relativa de huevos de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa.
- Figura 52. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina con respecto a la latitud.

- Figura 53. Frecuencia acumulada relativa de larvas de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa.
- Figura 54. Distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*.
- Figura 55. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la latitud.
- Figura 56. Abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la latitud.
- Figura 57. Distribución y abundancia de huevos y larvas de jurel, *Trachurus murphyi*.
- Figura 58. Distribución de frecuencias por categorías de densidades de la biomasa zooplanctónica.
- Figura 59. Biomasa promedio y curva de tendencia por estaciones a igual distancia de la costa.
- Figura 60. Biomasa promedio del zooplancton con respecto a la latitud.
- Figura 61. Curvas de tendencia de la abundancia promedio del zooplancton con respecto a la latitud en invierno de los años 1994 (a), 1993 (b), 1992 (c) y 1995 (d).
- Figura 62. Patrón de directividad medido en la frecuencia de 38 KHz del B/I Carlos Porter. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 63. Recorrido del PAM La Portada y posición de los lances de identificación.

- Figura 64. Distribución de frecuencia de longitudes de anchoveta en los lances de identificación. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 65. Relación longitud-peso de las muestras de anchoveta provenientes de los lances de identificación. Crucero Pelanor 9508-09.
- Figura 66. Distribución de frecuencia de longitudes de jurel (a) y sardina española (b) en los lances de identificación. Crucero Pelanor 9508-09.
- Figura 67. Capturas del total de especies realizadas por la flota cerquera durante el período del crucero (Agosto 1995). PELANOR 9508-09.
- Figura 68. Capturas por especie realizadas durante agosto 1995 por la flota cerquera de la zona norte (PELANOR 9508-09).
- Figura 69. Capturas semanales de anchoveta de la flota cerquera durante el período del crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 70. Capturas semanales de jurel realizadas por la flota cerquera durante el período del crucero. PELANOR 9508-09.
- Figura 71. Capturas semanales de sardina española realizadas por la flota cerquera durante el período del crucero. PELANOR 9508-09.
- Figura 72. Distribución geográfica del total de especies, Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 73. Distribución geográfica de anchoveta, Crucero PELANOR 9508-09.



- Figura 74. Distribución geográfica de sardina española, Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 75. Distribución geográfica de jurel, Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 76. Distribución batimétrica de anchoveta, sardina española y jurel por subzona. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 77a. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de temperatura y salinidad. Zona Arica - Antofagasta. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 77b. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de temperatura y salinidad. Zona Antofagasta -Coquimbo. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 78. Histogramas de las lecturas acústicas (Sa) acumulados por transecta.
- Figura 79a. Correlogramas de anchoveta, sardina española y jurel. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 79b. Correlogramas de jurel. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 80. Variogramas de la distribución de sardina española (a), anchoveta (b) y jurel (c) en la subzona Arica-Punta Amarilla. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 81. Variogramas de la distribución del total de especies (a) y jurel (b) en la subzona Arica-punta Talca. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 82. Centros de gravedad de la distribución de los recursos. Crucero PELANOR 9508-09.

- Figura 83. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 84. 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 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 85. Distribución vertical de a) densidad ($\sigma\text{-t}$), y b) oxígeno (ml/l), a lo largo de una transecta a 40 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 86. Distribución vertical de a) densidad ($\sigma\text{-t}$), y b) oxígeno (ml/l), a lo largo de una transecta a 40 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.
- Figura 87. Distribución longitudinal de la clorofila a integrada desde la costa hasta las 100 mn, durante los años 1994 y 1995, en las transectas 1, 3, 5, 7, 9 y 11.
- Figura 88. Distribución longitudinal de la clorofila a integrada desde la costa hasta las 100 mn, durante los años 1994 y 1995, en las transectas 13, 15, 17, 19 y 21.
- Figura 89. Estimación de la abundancia promedio y contribución porcentual de huevos de sardina, anchoveta y jurel para la zona norte de Chile en invierno de los años 1983 -1995.
- Figura 90. Estimación de la abundancia promedio y contribución porcentual de larvas de sardina,

anchoveta y jurel para la zona norte de Chile en invierno de los años 1983 -1995.

- Figura 91. Dominancia numérica de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel para la zona Arica-Antofagasta para en el invierno 1983 - 1995.
- Figura 92. Estimación de la densidad promedio por estaciones totales para huevos y larvas de sardina española en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1990 - 1995.
- Figura 93. Estimación de la intensidad y concentración de huevos y larvas de sardina en la zona Arica - Antofagasta en invierno de los años 1983 - 1995.
- Figura 94. Estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel para la zona Antofagasta - Punta Talinay en invierno de los años 1983 - 1995.
- Figura 95. Estimación de la intensidad y concentración de huevos y larvas de anchoveta en la zona Arica - Antofagasta en invierno de los años 1983 - 1995.
- Figura 96. Estimación de la intensidad y concentración de huevos y larvas de jurel en la zona Arica - Antofagasta en invierno de los años 1983 - 1995.
- Figura 97. Abundancia promedio y rangos de la biomasa zooplanctónica total en invierno de los años 1985 - 1995 para la zona Arica - Antofagasta.
- Figura 98. Relación entre la temperatura superficial y la intensidad y concentración de larvas de sardina y anchoveta, para la zona Arica-Antofagasta para el invierno de los años 1983-1995.

- Figura 99. Biomosas estacionales e invernales de sardina española, anchoveta y jurel estimadas para la zona Arica - Antofagasta, durante el período 1981-1995.
- Figura 100. Desembarques de recursos pelágicos en la zona Arica - Coquimbo en 1994 y 1995. FUENTE IFOP.
- Figura 101. Biomosas estacionales e invernales de sardina española, anchoveta y jurel estimadas para la zona Antofagasta - Coquimbo, durante el período 1981-1995.
- Figura 102. Precisión de los estimados estacionales de biomasa para la zona Arica - Antofagasta de a) sardina española; b) anchoveta y c) jurel.
- Figura 103. Índice de densidad y cobertura de invierno de anchoveta, Sardina española y jurel, para el período 1981-1995.
- Figura 104. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de la distribución de la sardina española para el período 1981-1995.
- Figura 105. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de la distribución de la anchoveta para el período 1981-1995.
- Figura 106. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de la distribución del jurel para el período 1981-1995.
- Figura 107. Relación funcional entre las capturas de anchoveta y los Índices de densidad obtenidos mediante hidroacústica para invierno.
- Figura 108. Relación funcional entre las capturas de anchoveta y los Índices de densidad obtenidos mediante hidroacústica para primavera.

IV. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1. Objetivo general

Cuantificar aplicando el método hidroacústico los stocks de los recursos pelágicos sardina española (*Sardinops sagax*), anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus murphyi*) existentes en el litoral de las Regiones I a IV dentro del área marítima comprendida entre la primera milla y las 100 millas de la costa y entre el límite norte de la República y el límite sur de la IV Región, durante el período de máxima actividad reproductiva de sardina española y anchoveta.

2. Objetivos específicos

- 2.1. Determinar la distribución y la biomasa (en peso) y su varianza asociada de los recursos: sardina española, anchoveta y jurel.
- 2.2. Determinar la distribución espacial y la abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel.
- 2.3. Registrar y analizar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución de los recursos sardina española, anchoveta y jurel.
- 2.4. Cuantificación de la concentración de la clorofila a en muestras discretas.

**COPIA
INFORMATIVA**

V. ANTECEDENTES

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 para evaluar la biomasa de anchoveta en 1992 y en 1995 (proyecto FIP en actual ejecución).

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, la distribución de los recursos y el grado de agregación de estos, elemento que adquiere especial relevancia para explicar las capturas.

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, tendientes a caracterizar las condiciones oceanográficas que determinan la distribución de los recursos y buscar relaciones que expliquen la variabilidad de la abundancia.

En este sentido, es posible distinguir dos tipos de variables a estudiar, las de tipo físicas y las biológicas. Las variables físicas del océano 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 lo anterior lo constituye la influencia de los fenómenos El Niño, que afectan periódicamente 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, variable que evidentemente se reflejará en la composición específica de los recursos a nivel de adultos, determinado en consecuencia en el tipo de pesquería.

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 ictio-plancton el que se ha caracterizado por su condición casi mono-específica, 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.

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 items 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).

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 (Osses 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^3) 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).

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.

VI. METODOLOGIA

1. Zona de Estudio y plan de muestreo

La zona de estudio estuvo comprendida entre Arica ($18^{\circ}20'S$) y punta Talca ($31^{\circ}00'S$), desde 1 hasta 100 mn de la costa. El crucero se realizó a bordo del B/I Carlos Porter entre el 6 de agosto y el 16 de septiembre de 1995. La calibración de los equipos acústicos y de los flujómetros se llevó a cabo en la bahía de Mejillones los días 6 y 7 de agosto. Las pescas de reconocimiento de especies se efectuaron con el apoyo del PAM La Portada, barco que operó simultáneamente al B/I Carlos Porter en la zona Arica- Antofagasta entre el 9 y 27 de agosto.

La prospección hidroacústica se realizó mediante 34 transectas paralelas entre sí y perpendiculares a la costa, completándose 18 en la zona Arica-punta Amarilla ($24^{\circ}00'S$) separadas por 20 mn y 16 entre punta Amarilla y punta Talca ($31^{\circ}00'S$) equidistantes por 25 mn (Fig. 1).

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 (Fig. 2). 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 ubicadas en la zona Arica-punta Amarilla, comenzando desde Arica. En algunas transectas pares se obtuvo muestras superficiales para análisis de cloa y feop solamente.

2. Metodología por objetivo

2.1 **Objetivo 2.3:** Registrar y analizar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución de los recursos sardina española, anchoveta y jurel.

2.1.1 Toma de datos

El crucero se realizó en el B/I Carlos Porter, efectuándose un total de 235 estaciones oceanográficas (Fig. 2), en las cuales se obtuvo un registro continuo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad y oxígeno (ml/l) con profundidad hasta un máximo de 600 m mediante un CTD OCEAN SENSOR modelo OS200.

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 estándares de 0, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, y 600 metros como máximo.

2.1.2 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, concentración 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



± 0.0038 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 σ_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 (σ_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 impares.

2.2 Objetivo 2.4: Cuantificación de la concentración de la clorofila a en muestras discretas.

2.2.1 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:

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

El cálculo de la concentración de feopigmentos se realizó según:

$$feop = Df \left(\frac{a}{a-1} \right) (a Fld - Fl) \frac{v}{V}$$

donde:

- Fl = fluorescencia del extracto sin acidificación
- Fld = fluorescencia del extracto con acidificación
- Df = factor de calibración entre la fl y la concentración de cloa
- Df = 0,005488
- a = Fl/Fld (1,8745)
- v = volumen de acetona utilizado para extraer el filtro (ml)
- V = volumen filtrado de agua de mar (l)

2.2.2 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).

2.2.3 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 CaCl₂.

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.

2.2.4 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:

$\int cloa$ = sumatoria de los valores considerados (mg/m^2)

$cloa$ = concentración de cloa a la profundidad z (mg/m^3)

z = profundidad de la muestra (m)

2.2.5 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 homogeneidad 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

2.2.6 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.

2.3 Objetivo 2.2 : Determinar la distribución espacial y la abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel.

2.3.1 Zona de estudio y plan de muestreo

La prospección ictioplanctónica se efectuó mediante 34 transectas perpendiculares a la costa equidistantes cada 20 y 25

mn en las zonas Arica ($18^{\circ}24'S$) - punta Amarilla ($24^{\circ}00'S$) y punta Amarilla - punta Talinay ($30^{\circ}40'S$) respectivamente.

El muestreo zooplanctónico se realizó en estaciones ubicadas sobre el track de navegación a 1, 5, 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa efectuándose un total de 233 estaciones en el crucero (97,9% del total de estaciones programadas) (Fig. 2).

2.3.2 Muestreo

2.3.2.1 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 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 el crucero, siendo luego graficados los metros por revolución en función de las revoluciones por segundo.

2.3.2.2 Descripción de la red modelo Wp-2

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).

2.3.2.3 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 un medidor de flujo TSK previamente calibrado, lo que permitió cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance. La utilización de esta red es apropiada y se respalda en los trabajos comparativos efectuados entre las redes Wp-2 y Bongo en el marco del proyecto FIP 1994 "Evaluación hidroacústica de los stocks de sardina española, anchoveta y jurel en la zona norte, I a IV Regiones", los que no mostraron diferencias significativas entre ambos sistemas de redes de muestreo.

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 límite de muestreo.

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.

2.3.3 Procesamiento de las muestras y análisis de la información

2.3.3.1 Huevos y Larvas

El procesamiento de las muestras contempló tres etapas:

IA
COLECTIVA

- de las muestras - Extracción de cada una de las muestras, la totalidad de los
 peces, huevos y estadios tempranos de peces (huevos y larvas),
 de las muestras - Identificación taxonómica de huevos y larvas de las
 especies objetivo, y finalmente la
 de las muestras - Cuantificación de huevos y larvas de sardina, 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 cuantificó 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 m², de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C = 10 * \frac{d}{w} * c \quad (1)$$

donde:

C = número de huevos o larvas en una unidad de área de mar (10 m^2).

d = profundidad máxima del lance (m).

w = volumen de agua filtrado (m^3).

c = número de huevos o larvas en la muestra.

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

$$d = L_0 * \cos \theta \quad (2)$$

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:

$$w = Q * t \quad (3)$$

donde :

Q = volumen de agua filtrado por unidad de tiempo (m^3/seg).

t = tiempo empleado en el arrastre (seg).

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

$$Q = V * A \quad (4)$$

donde :

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

A = área de la boca de la red (m^2).

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 los 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 - punta Talinay, desde la costa hasta una distancia máxima de 100 mn hacia el oeste.

2.3.3.2 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:

$$Y = 1.000 \left(\frac{X}{W} \right) \quad (6)$$

donde:

Y = ml de zooplancton por 1000 m³

X = ml de zooplancton

W = volumen de agua filtrada por la red (m³)

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.

2.4.1. Objetivo 2.1: Determinar la distribución y la biomasa (en peso) y su varianza asociada de los recursos: sardina española, anchoveta y jurel.

2.4.1 Muestreo acústico

El muestreo acústico se realizó mediante transectas diurnas sistemáticamente distribuidas, paralelas entre sí y perpendiculares a la costa; la prospección tuvo una mayor intensidad en la subzona Arica-punta Amarilla con una separación de 20 mn (Fig. 1), mientras que entre punta Amarilla y punta Talca (31°00'S); las transectas estuvieron separadas por 25 mn.

La prospección se realizó en forma continua durante la navegación; discretizándose la información en Intervalos Básicos de Muestreo (I.B.M.) de 0,5 mn, controlados por la interfase del sistema de eointegración con el navegador satelital GPS. La información acústica registrada fue el valor de densidad expresado en energía retrodispersada, referida a una mn^2 (Sa). Se prospectó hasta los 500 m de profundidad, eointegrándose los registros desde la superficie hasta los 300 m.

2.4.2 Calibración del sistema acústico

a) Calibración electroacústica

El procedimiento de calibración electroacústica del sistema de eointegración SIMRAD EK 500 consiste en un proceso iterativo, en que se mide las señales de la intensidad de blanco (TS) y eointegración (Sa) provenientes de un blanco de referencia conocido, los que deben converger hacia el valor teórico del blanco de referencia. Este blanco de referencia se debe ubicar en el centro del haz acústico, a una distancia mínima de 15 m de



la cara radiante del transductor, de este modo 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 ± 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 Mejillones, el 6 y 7 de agosto de 1995. El buque se fondeó con dos anclas por la proa y una por la popa (barbas de gato).

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

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

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

donde:

G_1 = nueva ganancia del transductor

G_0 = ganancia antigua

TSm = intensidad de blanco medida (dB)

Tsb = intensidad de blanco teórico (dB)

Para ajustar los parámetros de las lecturas del ecointegrador (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:

σ_{bs} = sección dispersante de la esfera (dB).

r = profundidad de la esfera (m).

r_0 = profundidad de referencia (1 m).

Ψ = ángulo equivalente del haz acústico (dB).

$S_{a(t)}$ = 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 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 computacional, diseñado por el Institute of Marine Research (Bergen) instalado en un computador personal interconectado al EK-500.

b) 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_{kg} = intensidad de blanco por kg (dB).

En este caso se ha utilizado un TS_{kg} 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).

2.4.3 Identificación de especies

La identificación de especies se realizó mediante la aplicación de tres procedimientos:

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y AVANCE EN CIENCIAS MARINERAS
 ESTACION EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIONES MARINERAS
 PUERTO RICO, P.R.

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

Este método calcula el coeficiente volumétrico de dispersión, S_v , de cada cardumen, considerando el análisis de la forma geométrica de los cardúmenes, comportamiento de las especies y su relación con la señal acústica, utilizándose la siguiente formulación:

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

En el caso de muestras digitales como la entregada por el sistema EK-500, la altura media de la señal corresponde al promedio de las alturas observadas en cada ping, respecto al número total de muestras consideradas, para este caso se aplica la siguiente ecuación.

$$S_v = 10 \log \left[\frac{S_{a(e)}}{L_a D_a} \right] \quad [dB]$$

donde:

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

De este modo, Guzmán et al. (1983) establecieron que los Sv de los cardúmenes de sardina española 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.

b) Pescas de identificación:

Con el objeto de validar la identificación efectuada mediante el método acústico y obtener muestras biológicas, en la zona Arica-Antofagasta se realizaron lances de pesca con una red de cerco de jareta tipo anchovetera a bordo del PAM La Portada (Eslora 21,97 m; Manga 6,65 m; Puntal 2,60 m-, Calado 1,60 m; Potencia 1800 HP; red anchovetera 300 x 40 br), arrendado para estos efectos. De esta forma, en aquellos sectores detectados por el B/I Carlos Porter en las zonas en que las características de las agregaciones lo permitieron, se realizaron lances de pesca de identificación.

La información de las capturas de identificación se presentan en cartas geográficas por especie.

De las capturas obtenidas en cada lance se obtuvieron los aportes porcentuales de cada especie, comparándose con la identificación de las especies realizada mediante el método acústico y aplicándose a las lecturas acústicas en las I.B.M's cercanas a los lugares en que se realizaron las pescas (Simmonds et al., 1991).

c) Análisis biológico de las capturas

A las capturas de cada lance se realizaron muestreos biológicos tendientes a establecer la estructura de tallas y peso de la especie dominante. Los datos recopilados en las pescas de identificación permitieron establecer en forma comparativa las estructura de tallas y peso de los stocks de los recursos evaluados mediante los métodos acústicos, realizando un análisis comparativo con la información correspondiente a las capturas de la flota contemporánea al crucero y a la información histórica disponible en IFOP.

d) Composición de las capturas de la flota contemporáneas al crucero:

En forma complementaria a los dos procedimientos anteriores, se utilizó la información de las capturas obtenidas por la flota en forma contemporánea al crucero, georeferenciadas en cuadrículas de 10 x 10 mn.

Esta información permitió, una vez finalizado el crucero, validar la identificación realizada mediante el método acústico y las pescas de identificación, haciendo una comparación entre las cartas de distribución geográfica y las capturas georeferenciadas, esta información fue recolectada entre el 7 de agosto al 3 de septiembre de 1995.

2.4.4 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.

2.4.5 Estimación de la biomasa y sus varianzas

a) Biomasa

La biomasa (\hat{B}) se estimó según:

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

donde:

A = área de estudio en millas náuticas cuadradas

(\hat{R}) = Estimador de razón de densidad media por número de intervalos básicos de muestreo.

\hat{C}_b = Coeficiente de ecointegración (t/mn²/Sa), determinada en base a un $TS_{kg} = -32,5$ dB/kg.

siendo la razón (\hat{R}) equivalente 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.

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

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

donde :

S_a = lecturas promedio del 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 metros a millas náuticas.

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

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

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

b) Estimadores de la Varianza

Para diseños sistemáticos como el aplicado en la presente 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. Por esta razón, la varianza de la biomasa se ha estimado mediante los Métodos Conglomerados de Tamaños Desiguales (Hansen *et al.*, 1954); Estratos Agrupados (Volter, 1985) y Bootstrap (Robotham y Castillo, 1990). Adicionalmente se ha estimado la varianza de la biomasa mediante métodos geoestadísticos.

El estimador de la varianza de la biomasa (\hat{B}), se expresa según:

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

Los estimadores de la varianza de la razón $\hat{V}_1(\hat{R})$ son:

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

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

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:

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

Estratos agrupados (Kirk M. Volter, 1985).

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

donde:

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

$$S_x^2 = S_{xx} \quad ; \quad S_y^2 = S_{yy}$$

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

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

Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990).

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

donde:

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

siendo \hat{R}_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 ϕ^{-1} la función inversa de la distribución normal estándar y Z_α es el percentil superior de una normal estándar.

Método Geoestadístico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.4.6 Distribución de los recursos

La información procesada se presenta en cartas de distribución geográfica y batimétrica.

La distribución del total de especies y de sardina española, jurel y anchoveta por separado, se presenta en cartas geográficas, utilizando una escala de densidad (t/mn^2), determinada por la siguiente expresión $75 \cdot 2^{(n-1)}$, donde n representa el nivel de la categoría, siendo $0 < n \leq 4$ (Tabla 1).

Las cartas de distribución se confeccionaron realizando una interpolación mediante el método de la distancia inversa al cuadrado ($1/d^2$), presentándose graficamente en dos tipos de representación, en mantos tri-dimensional y en isolíneas planas de igual densidad según las categorías señaladas anteriormente.

2.4.7 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:

$$CDR = \frac{S}{X}$$

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

siendo:

s = dispersión de los datos

\bar{x} = media

N = número de I.B.M.s

S_j = lecturas acústicas del econtegrador en la j -ésima I.B.M.

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

En el sentido batimétrico, la distribución de los recursos es presentada en secciones verticales correspondientes a la longitud total de las transectas de acuerdo a la escala de categorías señalada anteriormente, indicando la información de isolneas de temperatura y salinidad.

2.4.8 Determinación y descripción de estructuras espaciales en la información acústica

En forma complementaria a las cartas de distribución espacial de los recursos, se analizan las características de las agregaciones mediante correlogramas para cada transecta, con lo que se describen los patrones de agregación en forma analítica. 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).

El procedimiento consistió en construir para cada transecta 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 esta dado por:

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

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

2.4.9 Análisis de las estructuras espaciales de las distribuciones

Para conocer la estructura espacial de la distribución de los recursos, se determinaron 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 Sa.
 x = denota el vector de posición de la medición (IBM)
 h = vector de magnitud h o distancia entre la posición de z(x) a z(x+h).

2.4.10 Índices de cobertura y abundancia relativa

Además de lo anterior y con el fin de complementar el análisis de la distribución espacial de los recursos en estudio, se utilizan los índices de Densidad y Cobertura (Castillo *et al.*, 1986). El Índice de Cobertura (IC) indica el porcentaje del área ocupada efectivamente por la especie, dando una idea acerca del grado de agregación presentado por la especie en el momento de la prospección. El IC se calculó según:

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

La abundancia relativa de los recursos se determinó con el Índice de Densidad (ID), que indica el grado de concentración de los recursos en aquellas observaciones acústicas que detectaron su presencia. El procedimiento de cálculo para el ID es:

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

donde:

- k = número de observaciones acústicas con presencia de recurso
- z = número total de observaciones acústicas en el crucero.
- $S_{a_{ij}}$ = lecturas acústicas en la i -ésima IBM de la j -ésima transecta.
- C_b = factor de ecointegración, obtenido en base a un TS_{kg} de $-32,5$ dB/kg.
- I.C. = índice de cobertura (%)
- I.D. = índice de densidad en t/mn².

2.4.11 Asociación entre las variables oceanográficas físicas y los recursos

Se realiza un análisis descriptivo entre las variables oceanográficas físicas (temperatura y salinidad) y los recursos, presentando 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 temperatura y salinidad. Además, se analiza el comportamiento histórico de las variables oceanográficas y los recursos, utilizando 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. Registrar y analizar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución de los recursos sardina española, anchoveta y jurel (Objetivo 2.3.)

1.1 Viento

Los vientos medidos en las estaciones durante el transcurso del crucero presentan una gran variabilidad tanto en su intensidad como en la dirección (Fig. 3). Predominan los vientos del 2^{do} y 3^{er} cuadrante, con una media de 2,5 m/s e intensidades máximas de hasta 7 m/s (14 nudos). En la zona Arica - Iquique, la máxima intensidad fue de 4 m/s, con una media de 1,8 m/s. Entre Iquique y Caldera la intensidad máxima fue de 5 m/s y la media de 2,4 m/s. En la zona Caldera - Coquimbo, se observó una media de 3,4 m/s y una máxima de 7 m/s. Durante el período, tanto la intensidad como la dirección de los vientos son favorables para los procesos de surgencia sólo en algunas áreas al norte de Antofagasta y al sur de Huasco. En general, se observa una disminución de la intensidad de los vientos en el sector costero respecto al área oceánica.

1.2 Temperatura

La temperatura superficial (Fig. 4), presentó valores entre 11,99 y 17,18°C, aumentando de sur a norte y desde la costa hacia el sector oceánico. Entre Arica y Tocopilla la mayor parte del área oceánica presenta valores mayores de 16°C, de Tocopilla hasta Caldera los valores son cercanos a los 15°C, y a los 14° desde Huasco hasta Coquimbo. El gradiente costero entre Arica y Antofagasta es cercano a 1°C.

COPIA
INFORMATIVA

La anomalía de temperatura superficial respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds (1982) (Fig. 4) fluctúa en torno a los 0°C con valores desde $+1$ a -1°C , lo que indica una normalidad en casi toda el área. Sólo se registraron anomalías superiores a 1°C en el sector costero entre Chañaral y Caldera. En el sector oceánico, la anomalía presenta una alternancia de áreas positivas y negativas, siendo de Arica a Iquique positiva, de Iquique a Antofagasta negativa, de Antofagasta a Caldera positiva y de Caldera a Coquimbo negativa.

La base de la termoclina, representada por la profundidad de la isoterma de 15°C (Fig. 5a) desde los 25°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 sector oceánico entre Antofagasta y Chañaral y otro en el sector costero. Al sur de los 26°S de latitud esta isoterma alcanza la superficie.

Con profundidad, las isotermas se distribuyen en forma casi horizontal (Figs. 7 a 23), 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 50 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 Caldera hacia el norte con un gradiente de aproximadamente $0,5^{\circ}\text{C}/10\text{m}$, mientras que hacia el sector de Caldera, ésta es más débil ($0,25^{\circ}\text{C}/10\text{m}$).

A 500 metros de profundidad la temperatura disminuye de 8°C frente a Arica a 7° frente a Coquimbo.

Se observan pequeñas inversiones de temperatura en la columna de agua en varias estaciones distribuidas en toda el área de estudio, a aproximadamente 100 m de profundidad, y entre las 40 y 70 millas (transectas 9, 13, 16, 20, 22, 26, 30, 31 y 33).

1.3 Salinidad

La salinidad superficial aumenta de sur a norte con valores que fluctúan de 34,31 a 35,06 (Fig. 6). El valor mínimo se encuentra en 26°S a 70 millas de la costa y el máximo a 40 millas frente a Arica. Entre Arica y los 21°S y fuera de las 40 mn los valores son mayores a 34,9, el sector costero presenta valores menores de 34,9 producto de la surgencia. Desde los 21°S hasta los 24°S la salinidad tiene valores sobre 34,6. Entre Taltal y Coquimbo la variación es pequeña, con valores entre 34,4 y 34,6, siendo mayores hacia el sector costero.

En la vertical (Figs. 7 a 23) se observa casi en toda el área una haloclina bien definida entre los 40 y 80 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.

Entre Arica y Chañaral se observan en la columna dos máximos salinos, uno superficial y otro subsuperficial. Entre estos dos máximos se localiza un mínimo, con valores de 34,3 en el sector sur y que aumenta a 34,7 en el norte.

El máximo salino subsuperficial tiene un valor de 34,8 en casi toda el área, con algunos núcleos de 34,9 y se encuentra centrado en los 200 metros, con un espesor de aproximadamente 200 m.

A la profundidad de 500 metros la salinidad alcanza valores menores de 34,6 y que se mantienen en toda el área.

1.4 Oxígeno

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

En la vertical (Figs. 7 a 23), el contenido de oxígeno disuelto disminuye bruscamente entre los 20 y 100 metros de profundidad en área norte y entre 40 y 120 m en el sur, alcanzando valores menores de 0,5 ml/l. Esta capa de mínimos de oxígeno se encuentra hasta por debajo de los 500 metros en el sector norte y 400 m en el sector sur. A partir de allí los valores comienzan a aumentar nuevamente. En algunos sectores costeros (1 a 5 millas), las isolinéas de oxígeno ascienden a superficie, aflorando aguas de baja concentración.

1.5 Densidad

La densidad superficial, en valores de sigma-t (Fig. 6), aumenta de norte a sur y del sector oceánico hacia la costa. Los valores fluctúan entre 25,41 y 26,41 Kg/m³. Los menores valores de sigma-t se encuentran asociados a los sectores de menor salinidad.

En la vertical (Figs. 7 a 23) 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. 25) 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 un flujo dirigido hacia el norte en las primeras 20 millas desde los 24°S al norte, hacia el sur de esta latitud, el flujo es hacia el sur. Por el sector oceánico el flujo predominante es al sur desde Arica hasta Tocopilla y hacia el norte de Coquimbo a Taltal.

En general, los flujos presentes forman parte de remolinos o meandros claramente identificables. Dos remolinos anticiclónicos, uno entre Arica y Tocopilla y otro mas pequeño un poco al sur de Antofagasta y dos remolinos con sentido de giro ciclónico, uno entre Taltal y Caldera a 60 millas de la costa y el otro a entre Huasco y Coquimbo. Una notable discontinuidad generada por un flujo hacia la costa, de gran intensidad, se observa en el área entre Caldera y Huasco. Otra discontinuidad, asociada a un flujo desde la costa, se produce frente a Antofagasta.

1.7 Masas de Agua

En el área se identifican cuatro masas de agua (Figs. 26 a 29). Estas son: masa de agua subtropical costera (AST-1), 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. 26 a 29) y norte-sur (Fig. 29).

De Chañaral al norte y en los primeros 30 a 40 metros se ubican el Agua Subtropical Costera (AST-1). 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 Agua Subantártica (ASAA) se encuentra presente desde Chañaral al sur entre la superficie y los 100 metros con salinidades de 34,2 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 34,7 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 AECS 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 casi 400 metros en el sector norte y variable entre 300 y 350 m 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 0.5 ml/l en oxígeno en el extremo norte y a 1 ml/l en el sur.

2. Cuantificación de la concentración de la clorofila a en muestras discretas (Objetivo 2.4.).

2.1 Distribución superficial de fluorescencia in vivo (fliv), clorofila a y feopigmentos.

La distribución espacial del campo de fluorescencia in vivo (fliv) superficial (Fig. 30a), indica un patrón de distribución formando núcleos costeros entre Arica y Pisagua, sur de Iquique y entre Tocopilla y Antofagasta. El núcleo más significativo se encontró en esta última zona, con valores en el rango 0,12 a 0,26 unidades relativas (UR) de fliv. Al sur de Antofagasta, es decir desde la transecta 21 hasta la 33, la distribución de la fliv indica que los mayores registros se observaron solamente cercanos a la zona costera, con la formación de un solo núcleo de importancia en la transecta 31 (Lat 29°27'S), con valores superiores a 0,14 UR.

La distribución superficial de la cloa (Fig. 1b) indica que los valores más altos de cloa se encontraron asociados a los núcleos de registros altos de fliv, como son los casos de Arica (10 mg/m³), sur de Iquique (4 mg/m³) y Antofagasta (10 mg/m³). Más allá de la zona costera, la concentración de cloa disminuye a valores inferiores a 1 mg/m³, con la excepción de las transectas ubicadas en las cercanías de la península de Mejillones (transectas 15 y 17). Al sur de Antofagasta, la concentración de cloa disminuyó ostensiblemente llegando a valores que fluctuaron en torno a 0,5 mg/m³, tanto en la zona oceánica como costera.

En prácticamente toda el área oceánica, los valores de cloa fueron cercanos o inferiores a 0,5 mg/m³, con la excepción de algunas lenguas de alta concentración (mayor de 1 mg/m³) que llegaron hasta las 40 mn, entre caleta Camarones y Pisagua y 70 mn

entre la península de Mejillones y Antofagasta, siendo especialmente intensas, en términos de magnitud y distribución espacial, en esta última localidad. Al sur de Antofagasta la cloa superficial indica que los valores para toda la zona son típicamente oligotróficos, con un solo núcleo mayor de 1 mg/m^3 en la transecta 31 (Lat $29^{\circ}27'S$).

Se ajustó la fliv y cloa a una regresión lineal simple, mediante el método de los mínimos cuadrados, considerando la cloa como variable independiente y la fliv como variable dependiente. Los ajustes se realizaron considerando las variables a nivel superficial y posteriormente se relacionó para toda la columna de agua.

Los resultados obtenidos al establecer la asociación funcional entre la fliv y la cloa para los valores obtenidos a nivel de superficie (Fig. 2a) y para toda la columna de agua (Fig. 2b), se ajustaron con un r de 0,933 y 0,898 para los datos a nivel superficial y en toda la columna de agua, respectivamente. De igual modo, este ajuste se aplicó para cada una de las transectas realizadas durante este crucero (Tabla 2). Estos resultados son congruentes con los obtenidos en el crucero estacional realizado en el año 1994, observándose divergencias en las relaciones obtenidas entre la cloa integrada y la cloa superficial entre ambos años (Tabla 3) (Osses, 1995).

Los feopigmentos (feop) superficiales (Fig. 3a) presentaron concentraciones mayores de 1 mg/m^3 solamente a la cuadra de Antofagasta. En la zona costera del área comprendida entre Pisagua y norte de Tocopilla y en las cercanías de Coquimbo la feop presentó una lengua superior a los $0,5 \text{ mg/m}^3$.

2.2. Distribución superficial de clorofila *a* y feopigmentos integrados

La distribución de la cloa integrada (Fig. 3b) indica que los máximos de hasta 100 mg/m^2 , se encuentran solamente en las inmediaciones de la península de Mejillones y Antofagasta (transectas 15 y 17), tanto en la zona costera como en la oceánica, y algunos valores altos ($> 50 \text{ mg/m}^2$), en la zona costera al sur de Iquique. En el resto de la zona, tanto costera como oceánica, se observa que los valores de integración son típicos de sistemas oligotróficos (cerca de 25 mg/m^2). Es conspicua la presencia de una lengua de concentración inferior a 25 mg/m^2 , entre Arica y el sur de Iquique, en el tramo comprendido entre las 20 y 40 mn y que probablemente esta asociada a la presencia de una masa de agua más cálida y salina.

Los feopigmentos integrados (Fig. 4) tienen la misma distribución que la cloa integrada, formando un núcleo de alta concentración (75 a 100 mg/m^2), entre la península de Mejillones y Antofagasta, que llega hasta las 100 mn. En el resto del área disminuye a concentraciones menores de 50 mg/m^2 en Tocopilla y menores de 25 mg/m^2 en el resto del área oceánica.

La distribución espacial de la cloa integrada, es semejante a la de la cloa superficial, como puede ser observado tanto en las Figs. 1 a 3, como en el diagrama de dispersión entre la cloa superficial y la cloa integrada (Fig. 5a). Los valores obtenidos de correlación (Tabla 4) indican que la biomasa fitoplanctónica se situó principalmente en las cercanías de la superficie o mezclada uniformemente desde la superficie hasta la máxima profundidad del núcleo. Respecto de este patrón global existen desviaciones de importancia, particularmente en las transectas 3, 7 y 17 (Tabla 4). Si se descarta de esta tendencia

general los datos correspondientes a estas transectas, se logra un mejor ajuste en los datos (Fig. 5b).

Al comparar los valores obtenidos para las relaciones fliv vs cloa superficial, fliv vs cloa para todas las profundidades y la cloa integrada vs la superficial, durante los años 1994 y 1995 (Tabla 3), puede ser definido que en general el sistema no presenta grandes variaciones en las relaciones funcionales entre las variables consideradas, aunque sí en las magnitudes involucradas.

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

La distribución batimétrica global de la biomasa fitoplanctónica indica que existen acumulaciones de cloa, casi exclusivamente entre la costa y las 10 mn (Figs. 6 a 16), especialmente en las transectas 1, 9, 11, 13, 15 y 21. Los mayores valores observados de cloa ($>10 \text{ mg/m}^3$) y fliv ($>0,5 \text{ UR}$) (Tabla 5), se encontraron distribuidos homogéneamente entre la superficie y los 25 m, con las mayores agregaciones entre 1 a 10 mn de la costa.

En términos particulares, se observó que en la transecta 1 (Fig. 6) la distribución de niveles altos de cloa estuvo restringida a la zona costera y hasta las 10 mn, con valores máximos de 10 mg/m^3 de cloa y que tuvo un registro equivalente de 0,2 UR de fliv. Hacia la zona oceánica, la concentración de cloa disminuyó drásticamente a valores iguales o superiores a $0,5 \text{ mg/m}^3$, equivalentes a aproximadamente 0,13 UR de fliv. En esta transecta en particular, se ha observado en años anteriores la presencia de valores relativamente altos de cloa pasadas la 40 mn de distancia de la costa, no obstante en este crucero, la situación es diametralmente diferente con la presencia casi exclusiva de una masa de agua típicamente oligotrófica.

La excepción a lo anterior se observó en las transectas 5 (Fig. 8) y 17 (Fig. 14). En la transecta 5, se constató la existencia a 70 mn de la costa, de un núcleo de concentración de cloa mayor de $1,5 \text{ mg/m}^3$ y $0,24 \text{ UR}$ de fliv, entre la superficie y los 25 m, siendo este núcleo el único valor de consideración en toda la transecta. En la transecta 17, los valores altos de cloa se distribuyeron en prácticamente toda la transecta, con un gradiente que va de 10 a 1 mg/m^3 de cloa y de $0,4$ a $0,2 \text{ UR}$ de fliv, en sentido costa-océano y que se profundizó hasta los 50 m. La profundización de este gradiente, estuvo asociada a la presencia de una masa de agua oligotrófica, caracterizada por un núcleo, a 40 mn de la costa, de cloa inferior a $0,5 \text{ mg/m}^3$ y mayor de $0,1 \text{ UR}$, entre la superficie y los 25 m. Posteriormente a las 100 mn se observó nuevamente la presencia de un núcleo cercano a la superficie de concentración mayor de $1,5 \text{ mg/m}^3$ y mayor de $0,2 \text{ UR}$.

La presencia de altas concentraciones de cloa podría ser indicativa de un sistema de transporte intenso de cloa desde la zona costera hacia la oceánica, interrumpido por la masa de agua oligotrófica mencionada anteriormente.

En las transectas 3 (Fig. 7), 7 (Fig. 9) y 19 (Fig. 15), no se registraron acumulaciones significativas de cloa, siendo los valores de cloa, fliv y feop típicos de sistemas oligotróficos (inferiores o levemente superiores a $0,5 \text{ mg/m}^3$, de cloa y feopigmentos y $0,1$ a $0,16$ de fliv). Debido a las bajas concentraciones de cloa y con el fin de observar los posibles núcleos subsuperficiales, en estas transectas se redujo el rango de distribución de las isolíneas. A pesar del incremento en la sensibilidad de la graficación, los núcleos en general fueron insignificantes.

Los feopigmentos presentaron un comportamiento global semejante al de la cloa, con la excepción de los valores medidos en la zona del mínimo de oxígeno disuelto en donde los valores inferiores a $0,4 \text{ mg/m}^3$, se distribuyeron homogéneamente en toda la columna de agua. Esto está relacionado con el "ruido" analítico que tiene el método de análisis de cloa en zonas hipóxicas o de baja concentración de oxígeno ($< 10\%$ de saturación del gas), ya que las evidencias indican que sumado a productos de la degradación de cloa (feopigmentos) se pueden encontrar bacteriopigmentos fotosintéticos, que inducen diferencias de concentración de hasta un orden de magnitud respecto de la concentración real (Repeta et al., 1991, Coble et al., 1991), pero esta situación no puede ser dilucidada con la capacidad analítica instalada en la actualidad.

En las transectas 23 a la 33 se obtuvo solamente registros de fliv (Figs. 17 y 18) los que presentan un patrón de distribución costero, con registros en el rango $0,11$ a $0,14$ UR. No se observa la formación de núcleos de consideración, con la excepción de la transecta 31, en la que se registró un núcleo costero con valores de $0,13$ a $0,2$ UR.

Los valores de fliv obtenidos en estas transectas más la ecuación lineal, obtenida a partir del análisis de mínimos cuadrados para las variables fliv y cloa y que es presentada en la Fig. 2b, permite transformar los valores de fliv a valores aproximados de cloa. Los resultados obtenidos indican que para registros de fliv iguales o inferiores a $0,2$ UR, el valor equivalente de biomasa fitoplanctónica es inferior a 2 mg/m^3 de cloa y para los registros de fliv de $0,13$ UR la cloa es inferior a $0,5 \text{ mg/m}^3$. Sin embargo, debido a la naturaleza de esta medición, estos valores de cloa deben considerarse solamente como una aproximación a los reales.

3.3. Determinación de la distribución espacial y abundancia de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel (Objetivo 2.2)

3.1 Calibración de medidores de flujo

La calibración del medidor de flujo utilizado 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 el flujómetro se entregan en la Tabla 6. 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 la curva de calibración (Fig. 48) y cuya ecuación fue igual a:

$$\text{Red Wp-2} \quad \text{TSK 4909 (A08)} \quad V = 0,1515218 * N + 0,0429761$$

En general, los resultados presentados en la Tabla 6 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 Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces

El procesamiento y análisis de las 233 muestras colectadas durante el crucero permitió determinar la presencia de 694.714 huevos y 307.658 larvas, de los cuales 578.340 huevos (83,2%) y

INSTITUTO NACIONAL DE HIDRÁULICA
BOGOTÁ, COLOMBIA

234.705 larvas (76,3%) fueron identificados a nivel específico (Tabla 7 y 8).

3.2.1 Sardina, *Sardinops sagax*

Se reconocieron 32 estaciones positivas para huevos y 28 para larvas en las cuales se colectaron 25.827 huevos y 2.403 larvas, ambas cifras referidas a un área de superficie de 10 m², lo que señala para dichas fases de desarrollo una dominancia numérica de 3,7% y 0,8% respecto del total de huevos y larvas colectados, situación que caracteriza una actividad reproductiva muy moderada, presentando la fase de huevo una constancia numérica igual a 13,7%.

Con respecto al total de estaciones las larvas exhiben una constancia igual a 12,0%, la cual es 13 veces superior a jurel y 6 veces 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 95,3% y 98,9 % respectivamente (Tabla 7 y 8).

Las estaciones con presencia de huevos de sardina se distribuyen latitudinalmente entre Arica (18°24'S) y punta Cabeza de Vaca (26°55'S), sin embargo longitudinalmente es posible distinguir tres modalidades de cobertura espacial: entre Arica y Mejillones (23°00'S), los huevos presentan una distribución esencialmente nerítica con una cobertura ocasional máxima de 100 y 70 mn al oeste de caleta Yapes (20°40'S), punta Ana (22°00'S) y punta Guaque (22°40'S) respectivamente. Entre Mejillones y punta Lavata (25°40'S) los huevos de esta especie incrementan su cobertura geográfica, adoptando el desove una modalidad más

oceánica en la postura colonizando la franja de mar comprendida entre la costa y las 100 mn. Finalmente una tercera zona identificada se extiende desde punta Salado ($26^{\circ}30'S$) a punta Copiapó ($27^{\circ}20'S$) y en ella se aprecia una significativa disminución en la frecuencia de estaciones positivas y donde la distribución longitudinal de la fase de huevo, termina circunscrita a las estaciones ubicadas a 1 mn de la costa frente a estas localidades (Fig. 49).

Las áreas de mayor abundancia (> 1.100 huevos/ $10m^2$), se ubicaron preferentemente en la línea de estaciones de 1 mn frente a Mejillones ($23^{\circ}00'S$), Antofagasta ($23^{\circ}40'S$), Caleta Oliva ($25^{\circ}15'S$) y punta Salado ($26^{\circ}30'S$), encontrándose configuradas por 5 registros positivos de un total de 32 reconocidos durante la prospección (15,6%) los que en conjunto albergan al 88,4% de los huevos de sardina censados durante el crucero y cuyas abundancias promedio se muestran en la Fig. 50.

El resto de las estaciones positivas, excluyendo a los focos de desove anteriormente descritos, presentan bajas concentraciones comprendidas dentro del rango de 22 a 463 huevos/ $10m^2$.

La estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio, fue la situada a 1 mn frente a Mejillones ($23^{\circ}00'S$) con 7.530 huevos/ $10m^2$ (29,1%) (Fig. 49).

Cabe señalar que esta fase de desarrollo presentó en general una modalidad nerítica en la postura, concentrándose el 73% de los huevos de esta especie en las primeras 20 mn de la costa (Tabla 9, Fig. 51).

Por otra parte, la mayor frecuencia de estaciones positivas (56,3%) se registró en el área comprendida entre Mejillones y

punta Lavata ($25^{\circ}40'S$), mientras que, en el extremo norte y especialmente sur del área prospectada, ésta experimentó una marcada disminución 37,5% y 6,25% respectivamente, no obstante lo anterior, los niveles de abundancia que exhiben los huevos de sardina respecto de la latitud presentan una tendencia creciente en sentido norte - sur (Fig. 52).

Con respecto a la distribución y abundancia de las fases larvarias (Fig. 49) 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 7 y 8).

La distribución espacial de las larvas ocupó el rango latitudinal comprendido entre punta Chipana ($21^{\circ}20'S$) y punta Copiapó ($27^{\circ}20'S$) 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 lugar donde se localizó el 60,7% de las estaciones positivas.

Entre punta Arenas ($21^{\circ}40'S$) y punta Amarilla ($24^{\circ}00'S$), las fases larvarias exhiben una modalidad de desove más oceánica, ampliando su cobertura espacial e incrementando la frecuencia de registros positivos (71,4%). Esta fase de desarrollo para esta zona, coloniza la franja de mar comprendida entre la costa y las 70 mn y en forma ocasional esta distribución se extiende hasta las 100 mn al oeste de punta Arenas, punta Ana ($22^{\circ}00'S$), Mejillones, caleta Bandurria del Sur ($23^{\circ}20'S$) y Antofagasta.

Para la zona punta Posallaves ($24^{\circ}50'S$) - punta Copiapó las larvas de sardina presentaron un patrón de distribución preferentemente costero con una extensión longitudinal máxima de



40 mn al oeste de caleta Oliva (25°15'S) concentrándose en esta zona el 28,5% restante de los registros positivos.

Las áreas de mayor abundancia larvaria (> 220 larvas/10m²) se localizaron principalmente frente a punta Arenas (21°40'S), punta Ana (22°00'S) y caleta Oliva (25°15'S) comprometiendo a 3 estaciones de un total 28 registros positivos identificados, lo que representa el 10,7% del total de la especie, contribuyendo con más del 35% en términos de abundancia al total de larvas de sardina censadas durante el crucero (Fig. 50).

La estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio, fue la situada a 10 mn frente a Caleta Oliva con 315 larvas/10m² (13,1%) (Fig. 49).

Con respecto a la fase de huevo, las larvas de sardina presentaron en general una modalidad más oceánica en la postura, concentrándose el 75,4% de las larvas de esta especie dentro de las primeras 70 mn de la costa (Tabla 9, Fig. 53).

Como se señaló anteriormente, no hubo registros positivos en el extremo norte de la zona prospectada, vale decir, desde Arica hasta caleta Lobos (21°00'S). Entre punta Arenas (21°40'S) y punta Amarilla (24°00'S) se detectó la mayor frecuencia de estaciones positivas con una amplia e importante cobertura longitudinal, para luego terminar circunscrita a las estaciones costeras localizadas al sur de puerto Chañaral. En general, los niveles de abundancia que exhiben los larvas de sardina respecto de la latitud presentan una tendencia decreciente en sentido norte - sur (Fig. 52).

3.2.2. Anchoveta, *Engraulis ringens*

Para esta especie se identificaron 77 estaciones positivas para huevos y 181 para larvas, lo que representó una frecuencia de 33,0% y 77,7% y una dominancia numérica igual a 79,5% y 75,5% para cada uno de estos estadios de desarrollo, respectivamente (Tabla 7 y 8).

El análisis de las muestras colectadas en las 233 estaciones zooplanctónicas permitió determinar la presencia de 552.126 huevos y 232.235 larvas, señalando una situación característica de una amplia y significativa 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 anchoveta, señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta Peña Blanca ($27^{\circ}45'S$) y longitudinalmente se extendió hasta las 100 mn (Fig. 54).

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 89,2% de ellos en las primeras 40 mn (Fig. 51), constatándose que los niveles de abundancia presentan una leve tendencia a incrementarse hacia el sur de la zona prospectada (Fig. 55), pudiéndose identificar para la zona de estudio modalidades diferentes en la postura. Para la zona Arica - caleta Yapes ($20^{\circ}40'S$) y a excepción del foco de desove cuantitativamente importante registrado al oeste de Arica y sur de caleta Vitor, el desove adopta un carácter oceánico, colonizando los huevos de anchoveta la franja de mar comprendida entre las 70 y las 100 mn, con una proporción baja de estaciones positivas (19,5%).

Entre caleta Lobos ($21^{\circ}00'S$) y caleta Oliva ($25^{\circ}15'S$) se registran las áreas más significativas de desove, donde la modalidad de postura se torna esencialmente nerítica, concentrándose los huevos de esta especie entre la costa y las 40 mn, en forma ocasional esta distribución se extiende hacia el oeste hasta las 70 y 100 mn, incrementando la proporción de estaciones positivas (62,3%) con respecto a la zona Arica - Caleta Yapes, y finalmente desde Punta Lavata ($25^{\circ}40'S$) hasta el extremo sur del área de estudio, la proporción de estaciones positivas se presenta tan baja como la registrada en la zona norte (18,2%), adoptando el desove una modalidad oceánica en la postura, situación que se observa claramente entre punta Copiapó y punta Peña Blanca (Fig. 54).

Las áreas de mayor abundancia (> 22.500 huevos/ $10m^2$), se ubicaron al norte de punta Madrid ($19^{\circ}00'S$), frente a punta Arenas ($21^{\circ}40'S$), punta Ana, caleta Oliva y punta Salado ($26^{\circ}30'S$), encontrándose configuradas por 5 registros positivos de un total de 77 (6,5%) los que en conjunto albergan al 73,3% 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 27 a 18.624 huevos/ $10m^2$ y sus niveles de abundancia promedio se muestran en la Fig. 56.

La estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio fue la designada con el número 142, situada a 1 mn frente a Caleta Oliva ($25^{\circ}15'S$) con 230.442 huevos/ $10m^2$ (41,7%) (Fig. 56).

Con respecto al patrón de distribución espacial de las larvas, este ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta

Lengua de Vaca ($30^{\circ}13'S$) y longitudinalmente se extendió hasta una distancia de 100 mn de la costa, y como se ha mencionado en informes precedentes (Braun, 1995), las larvas tienen un " tiempo de permanencia " o período de vulnerabilidad al muestreo mayor que los huevos, lo que determina que como consecuencia de la dispersión provocada por corrientes u otros factores que transportan los productos del desove en el curso de su desarrollo, estas ocupen un área geográfica mayor que aquella colonizada por los huevos, circunstancia que se ve corroborada para el presente estudio, por la elevada proporción de estaciones positivas que aparecen en la zona prospectada (Fig. 54, Tabla 7 y 8).

Con respecto a la fase de huevo, y como suele acontecer, las larvas de anchoveta exhiben una mayor cobertura espacial y menor abundancia relativa, la cual se manifiesta por una diferencia porcentual de 135% en la frecuencia de estaciones positivas y de - 57,9% y - 82,1% 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 y al efecto combinado de la mortalidad y capacidad de evasión por parte de las larvas más desarrolladas (Tabla 7 y 8).

Las áreas de mayor abundancia promedio (> 2.000 larvas/ $10m^2$) se detectaron al norte de punta Guaneras ($20^{\circ}00'S$), caleta Yapes ($20^{\circ}40'S$), punta Chipana ($21^{\circ}20'S$), punta Ana ($22^{\circ}00'S$) y punta Amarilla ($24^{\circ}00'S$), exhibiendo los niveles de abundancia una tendencia decreciente en sentido norte - sur (Figs. 55 y 56).

La estación positiva más relevante en términos de su densidad para la zona de estudio, fue la situada a 100 mn frente a Punta Ana ($22^{\circ}00'S$) con 15.447 larvas/ $10m^2$ (6,7%) (Fig. 54).

Para la zona Arica - punta Amarilla ($24^{\circ}00'S$), las larvas de anchoveta presentaron una amplia e importante cobertura espacial, colonizando desde la costa hasta la línea de estaciones ubicada a 100 mn, con 120 registros positivos (66,3%) de un total de 181 reconocidos durante la prospección. Desde Punta Buitre hasta la transecta realizada al sur de Coquimbo, estas disminuyen su cobertura longitudinal ocupando preferentemente la franja de mar comprendida entre 1 y 20 mn (Fig. 54).

3.2.3 Jurel, *Trachurus murphyi*

En el curso de la prospección se encontraron 4 estaciones positivas para huevos y 2 para larvas con totales de 387 huevos y 67 larvas, situación que es característica de una actividad reproductiva no iniciada, ya que de acuerdo a los antecedentes durante los meses de agosto - septiembre, el desove tendría un origen reciente, sin descartar la posibilidad de que durante su desarrollo estas fases sean afectadas por procesos de transporte fuera de la zona de estudio. Con respecto a sardina y anchoveta, los niveles de abundancia del ictioplancton de jurel se presentan extremadamente bajos, exhibiendo para cada una de dichas fases una dominancia numérica de 0,1% y 0,0% (Tabla 7 y 8).

La distribución espacial de los huevos de esta especie se restringe a la zona sur de la zona de estudio, observándose registros positivos desde punta Lavata hasta bahía Coquimbo (Fig. 57), en cambio los dos registros positivos para larvas se ubicaron al oeste de caleta Chica ($19^{\circ}20'S$) y a 100 mn frente a punta Ana ($22^{\circ}00'S$).

3.3 Biomasa zooplanctónica

Los valores en términos volumétricos del zooplancton detectado en la zona de estudio, se expresan en mililitros (ml) de zooplancton presentes en 1.000 m³ de agua filtrada.

Para la zona prospectada se detectaron valores que fluctuaron entre 8 y 1.016 ml de zooplancton/1.000 m³, con un promedio general de 239, predominando el rango de densidades comprendido entre 101 - 300, lo que representa el 56,33% del total de estaciones (Fig. 58), distribuyéndose geográficamente en toda el área muestreada, siendo su cobertura mas homogénea hacia el sector oceánico.

Una segunda categoría de importancia fue aquella comprendida dentro del rango 301 - 900 ml/1.000 m³, la que representó el 28.38% del total de estaciones (Fig. 58), presentando una distribución espacial que abarcó gran parte de la franja costera (65 % del total de las transectas), extendiéndose longitudinalmente hasta las 100 mn en la zona comprendida entre punta Molle (28°10'S) y punta Lengua de Vaca (30°13'S) (Fig. 59). Desde Arica hasta el sur de la península Cangrejos (24°25'S), esta categoría de densidad predomina principalmente en la franja de estaciones comprendidas entre las 0 y 40 m.n., no obstante, esta distribución se extiende hacia el oeste hasta las 100 m.n. frente a Arica y entre punta Chipana (21°20'S) y el sur de punta Guape (22°40'S). Entre el norte de punta Lavata (25°40'S) y punta Peña Blanca (27°45'S) se presentó casi exclusivamente dentro de las primeras 10 mn.

La biomasa zooplanctónica cuantitativamente más importante se localizó en un pequeño foco a 5 mn al oeste de Antofagasta con un estimado de 1.016 ml/1.000 m³.

La categoría de densidades 301 - 900, fue importante por su gran extensión llegando a niveles entre 700 y 800 ml/1.000 m³ tanto en la zona costera como en la oceánica; no obstante, la máxima concentración que se observó frente a Antofagasta coincide con los registros reportados en estudios anteriores, donde las mayores densidades han sido detectadas en la zona nerítica, es así como en el presente estudio los mayores promedios de la biomasa zooplanctónica se registraron entre la costa y las 5 mn, lo que estaría relacionado con las altas tasas de productividad de esta zona.

Se observó como tendencia general una disminución de la biomasa hacia estaciones más oceánicas (70 mn) para incrementarse hacia el sector comprendido entre las 70 y 100 mn, zona donde se detectó uno de los valores promedio más altos de biomasa (Fig. 59).

Latitudinalmente las transectas 15 y 30 exhibieron las mayores concentraciones promedio de zooplancton ubicándose estas al oeste de Mejillones (23°00'S) e isla Chañaral (29°00'S) respectivamente (Fig. 60).

La tendencia general del gradiente latitudinal mostró un leve incremento de los niveles de la biomasa zooplanctónica promedio en sentido norte - sur (Fig. 61).

En cuanto a la composición específica de las muestras en general, el zooplancton estuvo conformado mayoritariamente por el grupo de los copépodos, los que estuvieron presentes en mayor o menor grado en todas las estaciones de muestreo, seguido por larvas de eufáusidos y quetognatos.

4. Distribución y biomasa (en peso) de los recursos sardina española, anchoveta y jurel y su varianza asociada

4.1 Calibración de los equipos acústicos

La calibración electroacústica del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter, 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.

Las mediciones se efectuaron en la bahía de Mejillones los días 6 y 7 de agosto, midiéndose las frecuencias de 38 y 120 Khz en pulsos corto, medio y largo.

En las Tablas 10 y 11 se entregan los resultados de estos trabajos, adicionando los valores históricos realizados a este equipo.

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

La medición del lóbulo principal del transductor de 38 Khz, se presenta en la Fig. 62.

4.2 Pescas de reconocimiento

Durante el crucero se realizaron un total de 12 lances de pesca de reconocimiento. Las capturas obtenidas fluctuaron entre 200 y 60.000 kg (Tabla 12), en 8 lances la anchoveta fue la especie principal y en sólo 2 se capturó sardina española, los que se

efectuaron en sectores muy cercanos a la costa (dentro de las 2 mn de la costa) (Fig. 63).

4.2.1 Composición por tamaño de las capturas de reconocimiento

a) Anchoveta

Se analizaron 1.334 ejemplares de anchoveta. La estructura de talla fluctuó entre los 7,0 y los 18,5 cm, observándose una bimodalidad, con una moda principal centrada en los 16,0 cm (15%) y la moda secundaria en los 10,0 cm (5%), conformada por un 29% de ejemplares bajo los 12 cm (Fig. 64).

De los 7 Lances con anchoveta, el número 1 y el 2, estuvieron constituidos por un 94% de ejemplares menores a 12 cm. Hecho asociado, a que las capturas se realizaron dentro de las primeras 5 millas, área en que se ubican a los juveniles de anchoveta (caletas y playas), correspondiendo a zonas de refugio (Serra *vide* Barría, 1994). En cambio, los lances efectuados al sur del puerto de Iquique dentro de las 10 primeras millas presentaron ejemplares adultos.

b) Relación Longitud- peso

La relación longitud-peso de la anchoveta fue :

$$P = 0,0196 * L^{2,6398} \quad (\text{Fig. 65})$$

donde :

P = Peso Total (gr)

L = Longitud Total (cm)

El coeficiente de determinación fue 0,76 lo que indica que las variables presentan una relación aceptable, tomando en

consideración que el peso de los individuos fue registrado a bordo y con una precisión de 1 gramo.

b) Jurel

El jurel presentó una amplitud estrecha entre los 30 y 35 cm de longitud horquilla, con una moda centrada en los 32 cm (62%), para un total de 50 ejemplares analizados (Fig. 66a).

c) Sardina española

De los 12 lances efectuados la sardina estuvo presente en dos de ellos (Zona de Mejillones). La amplitud de longitud de la sardina española fue de 26,5 a 31,0 cm, con una moda principal centrada en los 29,5 cm (24%) y dos secundarias en 28,5 y 27,5 cm. El 100% de las sardinias muestreadas se encontraron maduras en un estado vitelogénico lo que indica un importante proceso reproductivo (Fig. 66b).

4.2.2 Aspectos reproductivos

a) Anchoveta

La actividad reproductiva se estimó mediante el índice gonádico (I.G) y la variación de los estados de madurez del ovario. Durante la Semana 32 (7 al 13 de agosto, 1995) el I.G alcanzó un valor promedio de 5,8, con un 100% de hembras maduras; en la Semana 33 (14 al 20 de agosto, 1995) fue de 5,7, con un 99% de hembras maduras. En la Semana 34 (21 al 27 de agosto, 1995), el I.G fue de 5,6, con un 100% de hembras maduras y en la última Semana del 28 de agosto al 3 septiembre disminuyó a 5,0, con un 89% de hembras maduras.

Los análisis histológicos señalaron que durante la Semana 32 se observó un bajo Índice de Atresia Ovárica (IAO) (7%) y una alta frecuencia de desove, en la Semana 33 el IAO aumentó a un 18%, manteniéndose la frecuencia de desove. En las Semanas 34 y 35 los índices de atresia se incrementaron significativamente (42 y 46%, respectivamente), indicando el inicio del proceso regresivo de los ovarios, en esta condición las hembras no volverán a expulsar ovocitos al medio (com. per, Jorge Oliva, IFOP 1995).

4.2.3 Distribución espacio-temporal de las capturas entre los años 1986-1994

a) Anchoqueta

La anchoqueta sustenta la pesquería de la zona Norte desde 1992, presentando una distribución costera (primeras 30 mn) observándose focos aislados e inusuales entre las 50 y 100 mn.

El predominio de las capturas se ha concentrado en la Zona de Iquique, donde el mayor volumen se ha centralizado entre pta. Piedra y cta. Loa. En cambio en Arica se ha ubicado al norte entre el pto. Arica y cta. Vitor. En la Zona de Antofagasta se han focalizado las mayores capturas entre pta. Grande y pta. Angamos.

b) Jurel

El jurel ha mantenido sus capturas constantes hasta 1993, con una baja contribución a las capturas totales, disminuyendo un 45% en 1994 (163 mil toneladas). La mayor parte de las capturas se han registrado dentro de las primeras 70 m.n, con el mayor volumen en la zona de Iquique entre pta. Gruesa y río Seco. En

Arica se han obtenido los mayores registros entre el pto. Arica y cta. Vitor, con escasos volúmenes (10 a 40 mil toneladas) sobre las 80 mn.

Cabe destacar, que en 1993 el jurel pasó a ocupar por primera vez el segundo lugar en las capturas de la zona Norte, postergando a un tercer lugar a la sardina española.

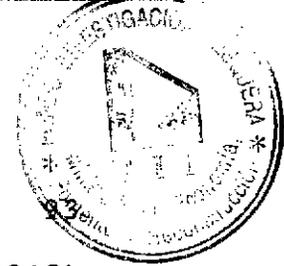
c) Sardina española

En los últimos nueve años la sardina española predominó entre 1986 hasta 1991, presentando una distribución costera, capturándose de preferencia hasta las 80 mn, con focos oceánicos (sobre las 100 m.n) aislados, preferentemente en la zona de Arica (cerca del límite con el Perú). Históricamente, el mayor volumen se ha obtenido en la zona de Iquique, concentrando la flota su accionar entre pta. Piedra por el norte y cta. Loa por el sur. En la Zona de Arica el mayor volumen se concentró entre el pto. Arica y cta. Vitor.

4.2.4 Capturas correspondientes a la flota, contemporáneas al crucero

La captura realizada por la flota cerquera de la zona Norte, durante el Crucero PELANOR 9508-09 fue de 50.316 toneladas, cifra menor en un 44% a igual período de 1994. Estas capturas estuvieron constituidas principalmente por anchoveta (39.889 t), jurel (5.136 t) y sardina española (1.902 t).

La captura se concentró fundamentalmente en la zona de Arica entre 1 y 60 mn alcanzando inusualmente en la semanas 34 y 35 (21 agosto al 3 septiembre) hasta una distancia de 130 mn (jurel y anchoveta) entre Arica y cta. Chica (20°10'S). En Iquique las



capturas se focalizaron entre Pisagua y cta. Chipana ($21^{\circ}20'S$) principalmente entre 1 y 30 mn y hasta las 100 mn (juel) y en Antofagasta sólo se capturó en áreas costeras (1 a 20 mn) entre Cta Lautaro y Cta Coloso (Fig. 67 y 68).

a) Anchoqueta

Durante la Semana 32 (09 al 13 de agosto, 1995) las capturas de anchoqueta se concentraron al sur de Iquique y norte del río Loa ($21^{\circ}27'S$), con 4 mil toneladas, capturándose preferentemente dentro de las 30 mn. El otro foco de concentración estuvo a 20 mn a la cuadra de Tocopilla, con 4 mil toneladas, mientras que en la zona de Arica las capturas fueron solamente 539 toneladas, ubicadas a 10 mn frente al puerto de Arica y a 40 mn al oeste de pta. Argolla ($18^{\circ}50'S$) (Fig. 69).

En la Semana 33 (14 al 20 de agosto, 1995), las capturas se concentraron dentro de las 40 mn entre Arica y Pisagua, con 2 mil t. Entre Pisagua y río Loa sólo se obtuvo 345 t en dos focos aislados, el primero a las 40 mn frente a Pisagua y el segundo a las 20 mn del río Loa. Entre cta. Lautaro y Tocopilla se extrajeron 582 toneladas (Fig. 69).

En la Semana 34 (21 al 27 de agosto, 1995), se observó una mayor distribución de las capturas en el área, respecto a las semanas anteriores. Los mayores volúmenes fueron obtenidos dentro de las 50 mn entre Arica y cta. Chica con 7 mil toneladas, a 70 mn de pta. Argolla y 90 mn de pta. Gorda ($19^{\circ}10'S$) y a 60 mn frente al pto. de Iquique y Pisagua con una captura de 1 mil toneladas.

En cambio, al sur se concentró en las primeras 30 m.n, entre Pta. Patache ($20^{\circ}50'S$) y el Loa, con capturas ubicadas dentro de

21°30'S) y las 10 mn entre cta. Lautaro (21°30'S) y pta. del Urcu (21°50'S) y al oeste de Michilla (22°45'S) (Fig. 69).

En la Semana 35 (28 de agosto al 03 de septiembre, 1995), las capturas se distribuyeron preferentemente hasta las 90 mn a la cuadra de Arica, obteniéndose un total de 4 mil t. Entre Chucumata (20°30'S) y cta. Chipana se registraron focos costeros ubicados dentro de las primeras 10 mn, con 2 mil toneladas. Una distribución similar se presentó entre cta. Paquica (21°55'S) y Antofagasta, obteniéndose 2 mil toneladas (Fig. 69).

Las capturas del PAM "LA PORTADA" no coinciden plenamente con las capturas de la flota contemporánea, las que se registraron de preferencia en la subzona costera C.1, en donde se concentró la mayor densidad del recurso (segunda quincena de agosto).

Cabe mencionar, que durante el crucero de 1994 en la zona de Arica se registró una baja presencia de anchoveta.

Al comparar las distribuciones geográficas de anchoveta determinada mediante el método acústico, respecto a la distribución de las capturas, se observa una alta coincidencia en las semanas 32 y 33 (7 al 20 de agosto), con algunas divergencias en la semana del 21 al 27 de agosto, motivada fundamentalmente porque la mayor concentración de la flota se concentró al oeste de Arica, mientras que la prospección se estaba efectuando al sur de Tocopilla.

El análisis comparativo del comportamiento de las capturas realizadas por la flota contemporánea al crucero, con las efectuadas por la flota a igual período (agosto), entre los años 1986-1994, se observa un comportamiento distinto, ya que históricamente la anchoveta se ha concentrado principalmente en

la subzona costera C.2 (zona Iquique) hasta las 50 mn. En cambio, en el presente año (agosto) la anchoveta se distribuyó de preferencia en el área de Arica entre las 1 y 50 mn, con un máximo inusual hasta las 130 mn.

b) Jurel

Entre el 7 al 13 de agosto se obtuvieron 923 t concentrándose el 98% en la Zona de Antofagasta (907 toneladas) entre cta. Hornos ($22^{\circ}57'S$) y Antofagasta y 18 t a 10 mn de cta. Vitor ($18^{\circ}40'S$) y pta. Blanca ($20^{\circ}25'S$), con focos puntuales (Fig. 70).

Entre el 14 y 20 de agosto, al igual que en la semana anterior las capturas se concentraron entre Iquique y río Loa, las 194 toneladas se obtuvieron a 40 mn; 10 mn frente al puerto de Iquique y a 10 mn de pta. Blanca. En la zona de Antofagasta (695 toneladas) a las 10 mn entre Tocopilla y la Rinconada ($23^{\circ}30'S$) (Fig. 70).

Desde el 21 al 27 de agosto, las capturas obtenidas en las zonas de pesca de Iquique y Antofagasta fueron similares (764 toneladas cada una). La distribución de las capturas en la zona de Iquique presentó focos aislados a las 100 mn al oeste de Mejillones del Norte ($19^{\circ}10'S$); 60 m.n frente al puerto de Iquique y entre San Marcos ($21^{\circ}00'S$) y pta. Blanca hasta las 20 mn. En cambio, en la zona de Antofagasta las capturas se ubicaron dentro de las 10 mn, entre cta. Lautaro ($22^{\circ}30'S$) y Michilla (Fig. 70).

En la semana entre el 28 de agosto y el 3 de septiembre, las mayores capturas se registraron en la zona de Antofagasta dentro de las primeras 10 mn, concentrándose entre Cobija y pta. Angamos. En la zona de Iquique se observan tres puntos aislados,

dos entre pta. Patache y Mejillones del Norte y a 100 m.n frente al Puerto de Iquique. Igual situación se observó en la zona de Arica, con la diferencia que los tres puntos están en el límite con Perú a las 70 mn al oeste del Pto. Arica (Fig. 70).

En la pesca de reconocimiento el jurel estuvo presente, lo cual concuerda con lo obtenido por la flota contemporánea en agosto de 1995 y con los datos históricos para el período (agosto, 1986 a 1993). Cabe destacar, que en agosto de 1994, el jurel estuvo ausente en las capturas de la flota producto de que éstas disminuyeron drásticamente, en un 45% en comparación a 1993.

c) Sardina española

Este recurso registró, durante el período analizado, una baja captura (1.902 toneladas), ubicándose entre el pto. Arica y cta. Coloso (23°50'S).

Entre el 2 al 13 de agosto, se capturaron 227 toneladas, registrándose 115 toneladas en focos aislados a 40 mn de Mejillones del Norte y a 10 mn de Chucumata y entre pta. Lagartos (23°30'S) y Coloso con 112 toneladas (Fig. 71).

Desde el 14 al 20 de agosto se capturaron 355 toneladas localizadas a 40 mn de cta. Vitor (61 t), con los mayores registros en focos puntuales en las primeras 10 mn entre Iquique y cta. Patillos (135 t) y entre pta. Patache y pta. Hornos (169 t) (Fig. 71).

Durante la Semana 34, se mantuvo la tendencia a capturar dentro de las 10 mn, obteniéndose 551 toneladas, las que se registraron 48 t frente al pto. Arica, 142 t entre pta. Patache y el Loa y 361 t entre cta. Lautaro y pta. Angamos (23°02'S) (Fig. 71).

Durante la última semana (35), la distribución de las capturas fue similar a la Semana 34 (dentro de las 10 m.n), con una captura de 423 toneladas, concentrándose en la zona de Antofagasta con 252 toneladas y en la zona de Iquique con 165 toneladas (Fig. 71).

Los bajos niveles de sardina, obtenidos por la flota contemporánea al crucero, coinciden con lo observado por el PAM "LA PORTADA", puesto que sólo estuvo presente en dos lances, mezclado con jurel. La distribución del recurso tendió a focalizarse hacia el sur de Tocopilla, lo que no concuerda con lo observado durante los últimos 8 años a igual período (agosto), en que la sardina española se concentró preferentemente en las cercanías de Iquique.

4.3 Distribución de los recursos

4.3.1 Distribución geográfica de los recursos

4.3.1.1 Total de especies

En general se detectó la presencia de recursos pelágicos en gran parte de la zona de estudio, con una distribución dominada por las densidades bajas, con escasas agregaciones de alta densidad de pequeño tamaño. Entre Arica y Antofagasta el mayor aporte correspondió a la anchoveta, mientras que al sur de Antofagasta el total de especies estuvo explicado casi exclusivamente por la presencia de jurel (Fig. 72).

4.3.1.2 Anchoveta

En general los límites de la distribución de anchoveta variaron entre la costa y las 85 mn (Fig. 73). En la zona de estudio se

destacan tres patrones de distribución, entre Arica e Iquique se detectó una escasa presencia de anchoveta con cardúmenes de baja densidad, en esta zona los registros de densidad relativamente mayores se ubicaron en las primeras 10 mn cercanos a punta Madrid ($19^{\circ}00'S$); entre Iquique y Antofagasta se observó un aumento en la presencia y en las densidades de los cardúmenes de esta especie, caracterizándose por un comportamiento altamente gregario, es así como entre las 63 y 73 mn de la costa desde punta Blanca ($22^{\circ}10'S$) hasta punta Tames ($22^{\circ}39'S$) se registraron las mayores densidades de esta especie de todo el crucero, en este sector se concentró el 48,1 % de los registros acústicos asignados a anchoveta detectados entre Arica y punta Amarilla, otros sectores que se destacaron por sus densidades relativamente altas se localizaron entre las 47 y 63 mn de la costa desde punta Cobija ($22^{\circ}35'S$) hasta el norte de punta Hornos ($22^{\circ}50'S$) y entre las 20 y 28 mn desde Antofagasta a punta Coloso ($23^{\circ}48'S$); al sur de Antofagasta la anchoveta estuvo virtualmente ausente, observándose solamente en bajas densidades en las primeras 5 mn al oeste de Caldera.

4.3.1.3 Sardina española

Esta especie estuvo virtualmente ausente del área de estudio, detectándose en registros de baja densidad, con las únicas excepciones de los sectores ubicados entre las 92 y 100 mn al oeste de punta Madrid ($19^{\circ}00'S$) y en el sector costero al oeste de punta Lengua de Vaca ($30^{\circ}15'S$), que presentó una alta densidad pero de pequeño tamaño. En general, los escasos registros de sardina se localizaron entre las 22 y 100 mn de la costa (Fig. 74).

4.3.1.4 Jurel

En general el jurel se detectó en toda la zona de estudio, con una alta frecuencia de las bajas densidades. Entre Arica y punta Lobos ($21^{\circ}03'S$) la presencia de esta especie fue escasa, tendiendo a aumentar entre punta Lobos y Mejillones, manteniendo en ambos sectores la característica de bajas densidades. Al sur de Antofagasta aumentó la homegeneidad en la distribución de jurel, manteniéndose la característica de las bajas densidades, en este sector se destacaron cuatro áreas de alta concentración de esta especie ubicados entre las 10 y 17 mn y entre las 25 y 30 de la costa al oeste de bahía Copiapó ($27^{\circ}20'S$); entre las 95 y 100 mn de la latitud $27^{\circ}45'S$ y; en las cercanías de Huasco (Fig. 75).

4.3.2 Distribución batimétrica de los recursos

4.3.2.1 Anchoveta

En general en ambas subzonas la anchoveta se distribuyó entre la superficie y los 30 m, observándose que sobre el 60 % de los cardúmenes detectados entre Arica y punta Amarilla y el 75% entre punta Amarilla y punta Talca se localizaron entre los 10 y 20 m de profundidad (Fig. 76). Es necesario señalar que en la subzona punta Amarilla - punta Talca ($31^{\circ}00'S$) se detectaron solamente 4 cardúmenes.

Dicha distribución batimétrica estuvo asociada a las isotermas entre 13 y $16^{\circ}C$ para la subzona Arica-punta Amarilla y entre 14 y $15^{\circ}C$ entre punta Amarilla y punta Talca. Las mayores frecuencias (sobre el 60 %) estuvieron localizados entre 14 y 16° entre Arica y punta Amarilla y $15^{\circ}C$ para la subzona punta Amarilla-punta Talca (Fig. 77).

Las salinidades límites de la distribución en profundidad de la anchoveta fluctuaron entre 34,5 y 35 ppm para la subzona Arica-punta Amarilla y entre 34,4 y 34,5 ppm para la subzona punta Amarilla-punta Talca. Las mayores frecuencias se presentaron en el rango 34,6 y 34,8 para la subzona Arica-punta Amarilla, disminuyendo a 34,5 en la subzona punta Amarilla-punta Talca (Fig. 77).

4.3.2.2 *Sardina española*

En profundidad, la sardina se localizó entre la superficie y los 20 m, registrándose las mayores frecuencias de cardúmenes en los primeros 10 m (sobre el 85% entre Arica y punta Amarilla y el 75% en la subzona punta Amarilla-punta Talca) (Fig. 76).

Las condiciones térmicas que limitaron dicha distribución variaron entre 14 y 16°C para la subzona Arica-punta Amarilla y entre 12 y 15° en la subzona punta Amarilla-punta Talca. Las mayores frecuencias de estas distribuciones se ubicaron en torno a los 15-16 °C y 14°C para las subzonas 1 y 2 respectivamente (Fig. 77).

Las salinidades fluctuaron entre 34,6 y 34,9 ppm entre Arica y punta Amarilla y entre 34,3 y 34,5 con una pequeña moda en 34,8 en la subzona ptunta Amarilla-punta Talca (Fig. 77). Las modas principales se ubicaron en 34,9 y 34,5 ppm en las subzonas 1 y 2, respectivamente.



4.3.2.3 Jurel

Batimétricamente, el jurel alcanzó hasta los 70 m entre Arica y punta Amarilla, llegando hasta los 190 m entre punta Amarilla y punta Talca. En todo caso, en ambas subzonas, las mayores frecuencias se presentaron en el estrato 10 - 20 m (Fig. 76).

Las isotermas asociadas a la distribución batimétrica del jurel en la subzona Arica-punta Amarilla variaron entre 12 y 16°C, con las mayores frecuencias en 14 y 15°C. Entre punta Amarilla y punta Talca estas isotermas fluctuaron entre 10 y 15°C (Fig. 77), detectándose con mayor frecuencia en los 14°C.

Las isohalinas límites de la distribución vertical del jurel entre Arica y punta Amarilla variaron entre 34,3 y 34,9 ppm, con las mayores frecuencias entre 34,6 y 34,8 ppm. Entre punta Amarilla y punta Talca las salinidades variaron entre 34,2 y 34,9 ppm, con las mayores frecuencias entre 34,3 y 34,5 ppm (Fig. 77).

4.3.3 Análisis cartográfico de la información

4.3.3.1 Caracterización, descripción y análisis de las estructuras espaciales provenientes de la información acústica

En los histogramas de las lecturas acústicas acumuladas por transecta, presentados en la Fig. 78, es posible observar la relativamente alta concentración de la sardina en la transecta 3, la estratificación del jurel en las transectas 11 a 15 y la alta variabilidad presentada por la anchoveta en la transecta 14, respecto a las transectas anteriores.

a. Subzona Arica-pta. Amarilla

La sardina se presentó solamente en el 0,9% de las IBM's y el 90% de estos Sa se encontraron al norte de la subzona. La anchoveta fue el recurso que presentó la más amplia distribución con presencia en el 10,2% de las IBM's y en el 89% de las transectas los valores más altos de Sa se encontraron en las transectas 13, 14 y 17 situadas hacia el sur de la subzona.

Para el caso de la sardina, en la transecta 3, donde se presentaron los más altos valores de Sa de la subzona, el correlograma muestra una macroestructura de 4 mn (Fig. 79 a). El variograma isotrópico calculado para el área de distribución de la sardina (que es el 3.8% de la total) se muestra en la Fig. 80 a, se observa que el variograma pasa por el origen, que se presenta una estructura de 4 mn y se ajusta a un modelo esférico.

Para la anchoveta sólo en 2 de las 18 transectas los correlogramas presentan macroestructuras, estas tienen una extensión de 2 y 6 mn y se encuentran en las transectas 8 y 11

respectivamente (Fig. 79 b). El variograma isotrópico ajustado para la anchoveta no pasa por el origen y presenta un fuerte efecto pepita, se ajusta un modelo esférico donde el efecto pepita es muy alto, este aporta en un 63% al modelo. En el variograma el umbral se estabiliza a sólo una milla, por lo que se puede decir que la variabilidad de los Sa no es explicada por la estructura espacial de la anchoveta. (Fig. 80 b).

En el caso del jurel sólo en tres transectas se presentan macroestructuras (12, 13 y 14) y solamente en la 12 la agregación es estadísticamente significativa, alcanzando las 5 mn, (Fig. 79 c). Por otro lado, en el variograma isotrópico se observa una estructura entre las 2 y 3mn, se ajusta un modelo exponencial, el semi-variograma no pasa por el origen y presenta un efecto pepita que aporta con el 27,3% a la variabilidad del modelo. (Fig. 80c).

El variograma que se obtiene al considerar todas las especies conjuntas para el área de estudio, indica que las estructuras encontradas son pequeñas variando entre 1 y 2 mn, después de ésta el umbral se estabiliza incrementándose a una distancia de 20 mn, esto puede estar influenciado por la distancia inter-transecta. El variograma presenta un fuerte efecto pepita, él que aporta al 46,1% del modelo, indicando que casi la mitad de la variabilidad de los Sa total de la subzona no es explicada por las estructuras espaciales que se presentan en el área. (Fig. 81 a)

b. Subzona punta Amarilla-punta Talca

La sardina se presentó solamente en el 1% de las IBM's, la anchoveta se encontró en apenas el 0,2% de las IBM's y en sólo

una transecta, mientras que existió presencia de jurel en el 10,9% de las IBM's y en 15 de las 16 transecta de la subzona.

En esta subzona los recursos anchoveta y sardina presentan muy baja cobertura espacial, por lo que no es posible en la escala espacial que se trabaja en el estudio, aplicar métodos estadísticos, por lo tanto estos se emplearon sólo para el caso del recurso jurel y para el conjunto de los recursos del área.

Para el caso del jurel en los correlogramas se encuentra autocorrelación en 8 transectas (20, 22, 23, 25, 26, 27, 30, 33), pero en sólo las números 20, 22, 23 y 25 se muestra la presencia de macroestructuras, que varían entre 2 a 3 mn (Fig. 79 b). El variograma isotópico presenta una estructura de 3 a 4mn (Fig. 81), se ajusta un modelo esférico donde el efecto pepita aporta con el 13,2 %. El variograma para las especies en su conjunto presenta una apariencia similar al jurel, pero disminuye el efecto pepita (Fig. 81), esto indica que las estructura tienen un peso importante en la variabilidad de los Sa, incrementándose la varianza debido a las estructuras que forman los recursos y por la alta influencia de los datos 0.

4.3.3.2 Centros de gravedad de las distribuciones

En la Fig. 82 se presentan los centros de gravedad de las distribuciones de los recursos, señalándose en color azul a la sardina, verde a la anchoveta, amarillo el jurel y rojo para el total de especies.

En general los centros de gravedad de las distribuciones de sardina española presentaron un bajo peso relativo en la distribución del total de los recursos, destacándose claramente de anchoveta y jurel, ubicándose en una posición oceánica y

hacia el extremo norte en la subzona 1, mientras que en la subzona 2 tuvo una localización costera y hacia el extremo sur (Fig. 82).

La anchoveta en la subzona 1 fue la especie que presentó el mayor peso relativo sobre la distribución del total de recursos, localizándose en el sector costero y hacia el centro de la subzona. El jurel en cambio, en esta subzona tuvo un peso relativo similar a la sardina, ubicándose levemente más oceánico que la anchoveta.

En la subzona 2, el jurel fue la especie que registró el mayor peso relativo, ubicándose en sectores costeros en la segunda mitad de la subzona, la anchoveta en cambio fue la especie que tuvo el menor aporte en esta subzona, localizándose en las primeras millas de la costa.

4.4 Estimados acústicos de la biomasa

En la subzona Arica-punta Amarilla la anchoveta presentó los mayores estimados de biomasa con 295.700 t, representando sobre el 79% del total de especies estimado para la subzona, estando virtualmente ausente entre punta Amarilla y punta Talca (31°00'S), con 4.190 t (Tabla 13). La sardina española contribuyó con el 10,9% de la biomasa total estimada en la subzona Arica-punta Amarilla, con 40.790 t, presentando un incremento relativo sobre el total en la subzona punta Amarilla-punta Talca, con el 12,5% (39.840 t). El jurel representó alrededor del 9,3% del total en la subzona Arica punta Amarilla, con 34.460 t, siendo la especie mas importante en la subzona punta Amarilla-punta Talca, con 274.660 t, valor que representó el 86,2 % del total estimado para la subzona.

COPIA
INFORMATIVA

4.5. Precisión de los estimados de biomasa

4.5.1 Total de especies

En general las mayores precisiones en los estimados de biomasa, medidas según el Coeficiente de Variación (CV), se alcanzaron en la subzona Arica-punta Amarilla, variando según el método utilizado entre 0,28 y 0,29, con Errores entre 46,3 y 49,2 % (Tabla 14). En la subzona punta Amarilla-punta Talca los CV fluctuaron entre 0,59 y 0,61, con Errores que superaron el 70%, razón por la cual se omiten de la Tabla 14.

En ambas subzonas los mayores CV se obtuvieron con el método de los Conglomerados, siendo iguales en el caso de los Estratos Agrupados y Bootstrap.

El mayor aporte a la varianza total estuvo dada por la anchoveta en la subzona Arica-punta Amarilla y por el jurel en la subzona punta Amarilla-punta Talca, que corresponden a las especies de mayor abundancia en ambas subzonas, sin embargo debido a la mayor biomasa de estas especies, los correspondientes CV se amortiguan disminuyendo en consecuencia los CV individuales.

Los niveles de CV estimados en la presente evaluación difieren en forma importante del CV 0,16 y 0,17 utilizados en la planificación del muestreo para las subzonas Arica-punta Amarilla y punta Amarilla-punta Talca, respectivamente, calculados según el método de Aglen (1989) y Mac Lennan y Simmonds (1992) y que fueron expuestos en la Oferta Técnica del proyecto. Dichas divergencias son atribuidas fundamentalmente a la distribución altamente contagiosa presentada por las especies, particularmente la sardina en la subzona Arica-punta Amarilla y la anchoveta en la subzona punta Amarilla-punta

Talca. Es importante señalar que en el caso de la primera especie sólo se detectó en 14 de 853 observaciones, mientras que para la segunda sólo se registró en 2 observaciones de un total de 751.

Este fenómeno también fue observado por Castillo et al., (1994) y Castillo et al. (1995), en las evaluaciones acústicas realizadas en 1993 y 1994, respectivamente, acentuándose esta situación en los últimos períodos, puesto que las divergencias observadas en 1993 fueron inferiores que las presentadas en 1994, aumentando aún más en la presente evaluación. Esta situación sugiere un incremento en la polarización de las distribuciones de los recursos en los últimos años. Es importante mencionar que en todos los casos se ha aplicado el mismo esquema de muestreo.

4.5.2 Anchoqueta

En el caso de la anchoqueta, los CV variaron entre 0,32 y 0,34 para la subzona Arica-punta Amarilla y entre 0,97 y 1,07 para la subzona punta Amarilla-punta Talca (Tabla 15), los errores asociados a estos CV fluctuaron entre 53,2 y 57,0% para la subzona Arica-punta Amarilla, superando el 70% en la subzona punta Amarilla-punta Talca, razón por la cual son excluidas de la Tabla 15.

Al igual que para el total de especies, en ambas subzonas los menores CV se obtuvieron con los métodos de los Estratos Agrupados y Bootstrap, siendo levemente inferior que los estimados con el método de los Conglomerados. La baja precisión del estimado de biomasa alcanzado en la subzona punta Amarilla-punta Talca se explica en la escasa presencia de esta especie en este sector,

habiendo detectado solamente en 2 observaciones de un total de 751.

Comparativamente los niveles de precisión de anchoveta estimados en la presente evaluación son de similar orden que los alcanzados en 1994 (Castillo et al., 1995), no obstante las importantes diferencias en los estimados de biomasa registrados en ambos casos.

4.5.3 Sardina española

Esta especie presentó errores de los estimados extremadamente altos, superando para las dos subzonas el 70% razón por la cual son excluidos de la Tabla 16, los CV variaron entre 0,81 y 0,87 para la subzona Arica-punta Amarilla y entre 0,71 y 0,77 para la subzona punta Amarilla-punta Talca. En ambas subzonas, los menores CV se alcanzaron con el método Bootstrap. Los altos valores del error del estimado de biomasa están asociados con la escasa presencia de la especie en la zona estudiada y en su comportamiento gregario, reflejándose en un alto número de observaciones nulas, en contraste con un escaso número de observaciones positivas (14 en ambas subzonas, respecto a 853 y 751 observaciones totales para la subzonas Arica-punta Amarilla y punta Amarilla-punta Talca, respectivamente).

El gregarismo de esta especie se aprecia claramente en la subzona Arica-punta Amarilla, puesto que en 4 observaciones se concentró el 85,9% de las lecturas acústicas totales para la subzona. Una situación similar se registró en la subzona punta Amarilla-punta Talca, puesto que el 73,9% de las lecturas acústicas de sardina estuvieron concentradas en sólo 1 observación.

4.5.4 Jurel

Dependiendo del método utilizado, los CV estimados para el jurel en la subzona Arica-punta Amarilla, fluctuaron entre 0,17 y 0,31 con errores entre 29,1 y 51,6%, registrándose el menor CV con el método de los Estratos Agrupados (Tabla 17). En la subzona punta Amarilla-punta Talca los valores del CV variaron entre 0,67 y 0,69, con errores que superaron el 70%.

En este caso, es posible apreciar claramente la influencia del gregarismo de la especie en los niveles de precisión de los estimados de biomasa, puesto que esta especie estuvo presente en bajos niveles de densidad en la subzona Arica-punta Amarilla registrándose con mayor frecuencia, pero en bajas densidades, entre Tocopilla y Mejillones, tendiendo a formar un estrato (Fig. 78), esta concentración permitió que el método de los estratos agrupados aumentara su efectividad para medir la precisión de la especie. En contraste a lo anterior, en la subzona punta Amarilla-punta Talca, el 81,2% de las lecturas acústicas, se registraron en 21 observaciones, de un total de 751.

4.6 Método Geoestadístico

En consideración a los resultados alcanzados con los otros métodos, se aplicó el método de las variables regionalizadas considerando el área restringida a la distribución de los recursos detectados en la prospección (Tabla 18).

De este modo, el área considerada para anchoveta en la subzona 1 fueron 19.157 mn², reduciéndose en un 35,5% del área prospectada, obteniéndose un CV de 0,24, con un error del 39,5%, mejorando sustancialmente la precisión respecto al conseguido con el método de los estratos agrupados (53,2%).

Para el jurel en la subzona 1 se estimó un área de 16.985 mn², con una reducción del área prospectada similar a la de anchoveta, calculándose un CV de 0,23 y un error del 37,8%. Este resultado es inferior al conseguido con el Bootstrap y Conglomerados, manteniéndose por encima del calculado por el método de los estratos agrupados. Esta situación se explica fundamentalmente por el tipo de distribución del recurso que permitió establecer un claro estrato entre las transectas 12 y 15 (Fig. 78). En el caso de la sardina, aún cuando el área de distribución considerada fueron 690 mn², reduciéndose en 97% del área prospectada, el CV fue 0,73, con un error que sobrepasó el 70%.

En la subzona 2 sólo se aplicó el método al jurel, puesto que las distribuciones de anchoveta y sardina impidieron la aplicación de este procedimiento. Es así como el área se redujo a 30.020 mn² (22,8%), disminuyendo el CV a 0,51, valor que fue insuficiente para reducir el error a niveles inferiores al 70%.

4.7 Índices de cobertura y densidad

Con el objeto de permitir la comparación con los datos históricos, los Índices de Densidad (ID) y Cobertura (IC), fueron calculados considerando IBM's de 2 mn, para lo cual se agruparon las lecturas acústicas básicas obtenidas cada 0,5 mn.

En la subzona Arica-punta Amarilla los ID de sardina española, anchoveta y jurel fueron 85,4, 72,3 y 14,5 t/mn², respectivamente (Tabla 19). En esta subzona la mayor área fue ocupada por la anchoveta con un IC de 14,1 %, el jurel en cambio presentó un IC de 8,0% y la sardina sólo se detectó en el 1,6% del área prospectada. La menor área ocupada por la sardina española, puede explicar su escasa presencia en las capturas,

puesto que aún cuando su densidad es relativamente mayor que las otras especies su alto gregarismo hace que sea de difícil detección por la flota pesquera. En las zonas de mayor concentración, la anchoveta registró ID de 88,1, llegando hasta 296,2 t/mn², la sardina en cambio incrementó su ID a 256,9 t/mn², mientras que el jurel sólo aumentó hasta 19,2 t/mn².

En la subzona punta Amarilla-punta Talca, la sardina española tuvo el mayor ID de las tres especies con 56,2 t/mn², ocupando sólo el 1,9% del área prospectada, el jurel en tanto registró un ID de 42 t/mn², con un IC del 17,2 %, mientras que la anchoveta presentó un ID de 41,3 t/mn², detectándose solamente en el 0,3% del área prospectada. El análisis en las zonas de mayor concentración permite establecer que la sardina alcanzó densidades de 580,9 t/mn², mientras que el jurel alcanzó hasta las 320,6 t/mn², la anchoveta en cambio no presentó incremento en sus niveles de densidad.

VIII. ANALISIS DE RESULTADOS

1. Registrar y analizar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución de los recursos sardina española, anchoveta y jurel

1.1 Temperatura, Salinidad y Oxígeno

Entre Arica y Antofagasta la distribución de las isothermas en superficie para el período de estudio, es similar a la registrada en cruceros oceanográficos realizados en agosto de 1974, 1984, 1985, 1986, 1988 y 1990 (Blanco, 1995) años calificados como de condiciones normales o fríos, situación que coincide con el diagnóstico del Boletín de Alerta Climático de la CPPS, durante agosto y septiembre (BAC, 50 y 60), donde se señala que los índices oceánicos y atmosféricos continúan cerca de sus valores normales. La proyección para el verano 1995-96 basada en el BAC de diciembre de 1995 (BAC 63) y los resultados del presente crucero, es de condiciones normales a frías, las que se mantendrán por lo menos durante los próximos 6 meses.

En general, los valores de temperatura superficial, respecto de igual período de los años cálidos 1982 - 1983 (Blanco y Díaz, 1985) y 1992 - 1993 (Castillo et al., 1992 y Castillo et al., 1994) son menores en aproximadamente 2°C, en el área Arica Antofagasta, menores en 1°C entre Antofagasta y Caldera y similares de Caldera al sur.

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. La profundización que se encuentra en el sector oceánico frente a los 25°S, donde ésta isoterma alcanza los 70 metros correspondería al anillo anticiclónico

casí permanente descrito por diversos autores (Sievers y Silva, 1975; Silva y Sievers, 1981; Blanco, 1991; Castillo et al., 1994; Castillo et al., 1995), por otra parte, el núcleo profundo que se observa en el sector costero entre Chañaral y Taltal y que alcanza a más de 40 m, no se tienen registros anteriores y podría corresponder a condiciones locales.

En tanto en el área costera, esta isoterma se encuentra a profundidades similares que los años 1988 et al., 1988), 89 (Osses et al., 1989), 1990 (Kelly et al., 1990) y 1991 (Blanco, 1991), años catalogados como fríos y 20 a 30 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 similares a los registrados en igual período años anteriores, 1987 (Kelly y Osses, 1987), 1988 (Kelly et al. 88) y 1990 (Kelly et al., 1990), 1991 (Blanco, 1991), menores 1 a 4 décimas que los años 1983, 1984 (Blanco y Díaz, 1985), 1992 (Castillo et al., 1992), 1993 (Castillo et al., 1994) y 1994 (Castillo et al., 1995).

En la vertical, el límite superior de la capa de mínimo oxígeno (<1 ml/l) se ubica entre 60 y 100 m de profundidad, lo que coincide aproximadamente con la registrada en similar período en años fríos, y es 10 a 20 m más superficial que los años cálidos. Con respecto al límite inferior de la capa, esta se ubica de 60 a 80 metros más profunda que lo reportado los años 1992 y 1993.

1.2 Surgencia

La intensidad de los vientos predominantes registrados durante el período de estudio, que provienen del segundo y tercer

COPIA
FOOTNOTES

cuadrante, son propicios para la generación de surgencias débiles sólo en algunos sectores, la disminución de la intensidad en los sectores costeros respecto a de los oceánicos podría corresponder a que gran parte de las estaciones costeras fueron realizadas al anochecer o al amanecer, período en el cual la tendencia general es de relajación del viento.

Sin embargo, el ascenso en el sector costero de las isolíneas de todas las variables analizadas a lo largo de casi toda el área estudiada, confirma los procesos de surgencia típicos de la zona, que en este período son relativamente débiles. 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

El Agua Subtropical costera (AST-1), en condiciones normales, 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 débil participación del AST-1 en el área, cubriendo sólo desde Arica hasta los 21°S por fuera de las 40 millas de la costa, con un espesor de 20 a 40 metros. De acuerdo a los diagramas t-s (Figs. 26 a 29) esta masa de agua sería detectada en superficie como mezcla con ASAA hasta Chañaral.

La presencia de la AST-2, no fue detectada durante el período de estudio, lo que es normal 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).

El AESS presenta una temperatura, salinidad y oxígeno también típicos para la zona, con algunas interrupciones en su desplazamiento hacia el norte, de Iquique al norte su participación es reducida.

El AESS presenta 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). Su distribución superficial y longitudinal no difieren mayormente con lo observado en años anteriores, la continuidad latitudinal presenta una interrupción en los 27°S, generándose al sur de esa latitud una intensificación de los valores (Figs. 83, 84, 85 Y 86).

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. En el área de Arica a Tocopilla se observan dos flujos débiles, uno hacia el sur por el área oceánica y uno más costero, para que este patrón se cumpliera debería existir otro flujo hacia el norte por fuera de las 100 millas. Hacia al sur de Tocopilla, este patrón no se cumple, presentándose con mayor intensidad los flujos perpendiculares a la costa.

La circulación descrita mediante la anomalía de geopotencial responde a la distribución de anomalía de temperatura, donde se observaron áreas positivas y negativas alternadas, las que serían producidas por flujos hacia y desde la costa, siendo las positivas generadas por aguas oceánicas.

En términos generales, la distribución de los flujos observados, es similar a los registrados por Castillo et al (1994) para igual período de 1993.

Con profundidad, se puede estimar indirectamente de las secciones de salinidad y oxígeno paralelas a la costa (Figs. 83, 84, 85 Y 86), 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. Cuantificación de la concentración de la clorofila *a* en muestras discretas

Para establecer la variabilidad interanual de la producción biológica de una área en particular, es necesario contar con una base de información que tenga varios años de información para los mismos periodos del año, como los obtenidos para la Corriente de California por el programa CalCoFi. En este contexto, y debido a que la serie histórica para la zona norte es escasa solo es posible establecer una comparación rudimentaria entre dos años consecutivos. Con este fin es necesario buscar un indicador de biomasa fitoplanctónica que elimine la variabilidad producida por la tendencia de la cloa a situarse subsuperficialmente en la columna de agua, especialmente en la zona oceánica. Una solución a este problema es propuesta por Hayward & Venrick (1982), quienes integran la información de cloa en la columna de agua, para tener la representación en un sólo plano de la biomasa fitoplanctónica total presente en la columna de agua.

Al comparar los valores de cloa integrada obtenidos en este crucero con los obtenidos para la misma fecha en el contexto del proyecto PELANOR 1994 (Fig. 87 Y 88), se observa que las



Las transectas 1, 5, 15 y 19, se encuentran bajo un régimen de producción biológica deprimida, respecto del año 1994, con valores inferiores a 50 mg/m^2 , los que pueden ser considerados característicos de sistemas oligotróficos.

Las transectas 3, 7, 9 y 11 presentan un comportamiento semejante al del año 1994, pero con la tendencia a aumentar la cloa integrada en el área oceánica, especialmente en la transecta 3 y 11. Esta baja variabilidad interanual está asociada a los valores bajos de cloa integrada, que en ninguno de los casos supera los 70 mg/m^2 , para ambos periodos.

En la transecta 13 en el invierno de 1995 se registró una mayor concentración de cloa integrada en la zona costera, en la oceánica es levemente superior, pero dentro de los márgenes propios de sistemas poco productivos.

En la transecta 17, el comportamiento es variable respecto del año 1994, es más bajo entre la costa y las 10 mn y más alto a 20 y 100 mn. A las 40 mn la cloa integrada tiene la misma magnitud que el año anterior. En la transecta 19 el sistema está muy deprimido respecto del año 1994, con valores de cloa integrada típicos de giros oligotróficos de mar abierto (Osses y Troncoso, 1990).

En la transecta 21 la cloa integrada es más alta que la del año 1994, pero las magnitudes involucradas son típicas de sistemas de baja productividad, esto se debe a que en el año 1994 el sistema era extremadamente oligotrófico, con valores inferiores a 40 mg/m^2 .

Al ordenar los datos de cloa obtenidos en la columna de agua, para toda la zona, durante los años 1994 y 1995 (Tabla 20). Es

posible deducir que en 1995 se registró una mayor frecuencia de datos en los rangos más bajos de la escala, o menos productivos, equivalentes al 93,1 % de todos los datos obtenidos, mientras que en el año 1994 solamente era de un 86,4 %. En el rango productivo o muy productivo (i.e. $> 2 \text{ mg/m}^3$), el porcentaje de datos en ese rango para el año 1995 es de 7 % y de 14,6 % para el 1994. Estos datos indican que durante el año 1995 la biomasa fitoplanctónica fue menor que el 1994.

Los resultados obtenidos permiten definir que en términos de producción biológica, el sistema está deprimido respecto del año 1994, destacándose que existen zonas en que las diferencias en los valores de cloa integrados no son significativos entre ambos años, especialmente cuando estos son inferiores o cercanos a 50 mg/m^2 , los que pueden ser considerados en general como característicos de sistemas oligotróficos (Osses, 1995).

La intrusión a la zona Norte de masas de agua oligotróficas tienen efectos importantes sobre la estructura biológica del sistema, uno de los efectos más evidentes es la restricción en la distribución espacial de la cloa generada en la zona costera, al formar frentes costeros entre 5 a 1 mn de distancia de la costa, obligando a que la cloa se concentre solamente en las cercanías de la costa. Otro efecto producido, es la restricción impuesta para que masas de agua cargadas de nutrientes puedan llegar a la zona eufótica, impidiendo que se generen las condiciones adecuadas para el crecimiento de las microalgas.

Por otro lado, existen zonas en las que la generación de biomasa fitoplanctónica, en concentraciones mayores de 1 mg/m^3 , es constante para ambos años. Esta es la situación observada para la península de Mejillones y sur de Antofagasta. En esta zona, además, se ha detectado concentraciones considerables de biomasa

fitoplanctónica en la zona oceánica, generados probablemente por el transporte activo producto de la presencia de una zona de transición o convergencia, observada para el año 1994.

Las mediciones discretas de fliv pueden ser utilizadas solamente como un indicador relativo de cloa y esta última medición es solamente un indicador de la biomasa fitoplanctónica disponible para pastoreo, en ausencia de herramientas analíticas de bajo costo que permiten medir adecuadamente la biomasa fitoplanctónica, tales como el contenido de ácidos grasos, esteroides y terpenoides, que es lo que en definitiva los organismos pastoreadores utilizan como sustratos energéticos (Ederington et al., 1995). Por lo tanto, los resultados obtenidos al utilizar las ecuaciones lineales presentadas en las figuras 2a y 2b, para la transformación de los registros de fliv a cloa en las transectas 23 a la 33, deben ser utilizados solamente como indicador del rango probable de concentración de cloa cuyo valor máximo es cercano a los 2 mg/m³.

3. Determinación de la distribución y abundancia de huevos y larvas

De acuerdo a lo señalado por los antecedentes históricos y para el caso de los clupeideos, la prospección realizada en agosto - septiembre de 1995, coincide con una época caracterizada por ocurrencia de actividad reproductiva, constatándose que el período reproductivo de la sardina española y anchoveta se inició en julio y prematuramente en mayo, extendiéndose hasta octubre, con máximos en agosto y julio respectivamente; lo cual es avalado por los valores del índice gonádico registrados para la zona Arica - Antofagasta durante los meses de agosto y septiembre de 1995 (sardina: 7,3 y 6,2%; anchoveta: 6,1 y 6,3%)(Oliva, 1995).

Las Tablas 21 y 22 exhiben los resultados de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel obtenidos para la zona norte del país durante el invierno de los años 1983 - 1995, y estas reflejan con bastante fidelidad los cambios que ha experimentado la composición específica de la comunidad pelágica de la zona de estudio, constatándose 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.

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 1995, 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 7 y 8).

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 - 1995, señalan situaciones diferentes para la abundancia relativa de las especies objetivo del estudio.

En términos generales la abundancia del ictioplancton de las especies comprometidas en el estudio es elevada, alcanzando en su conjunto a 578.340 huevos y 234.705 larvas. De éstos, el 95,5% de los huevos y el 98,9% de las larvas corresponden a anchoveta, lo cual indica la persistencia a nivel del ictioplancton del cambio en 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., 1995; Braun, 1995) y que este análisis lo confirma nuevamente (Figs. 89 y 90).

Al analizar los 13 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 44 veces superior a jurel. Por otra parte, el mismo índice aplicado a la fase de larva señala que anchoveta es superior en 7 y 39 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. 89 a 91, y al contrastar los resultados obtenidos en invierno de 1995 con los reportados en inviernos precedentes, para una misma zona geográfica: Arica - Antofagasta, desde la costa hasta una distancia máxima de 100 mn, se determina que los niveles de abundancia del ictioplancton de esta especie, analizada en términos de la densidad promedio por estaciones totales utilizada como índice de la extensión del desove, señala que en esta oportunidad se produce un incremento en la cobertura geográfica de huevos y una disminución en la fase larvas, lo cual se refleja en porcentajes de cambio con respecto a 1994,

iguales a 27,5% y - 61,8% para ambas fases de desarrollo respectivamente.

Durante agosto - septiembre de 1995, y de acuerdo a lo señalado por los huevos de esta especie, la extensión espacial del desove ocupó un área mayor con respecto a la colonizada en 1994, constituyéndose en el registro más importante del período 1990 - 1995 (Fig. 92). En contraste a esta fase de desarrollo, las larvas de sardina exhiben en esta oportunidad una marcada disminución siendo su extensión muy similar a la reportada en invierno de 1991, constituyéndose en el segundo registro más bajo de la serie 1983 - 1995.

Con respecto a la intensidad y concentración del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1994, una situación diferente para huevos y larvas, en efecto el primer estadio exhibe un significativo incremento en su intensidad del orden de 60,8%, en cambio las larvas experimentan una drástica disminución la cual alcanza a - 64,6% (Fig. 93).

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 cual corrobora, la declinación del potencial reproductivo que ha experimentado esta especie a partir de 1985 en la zona norte del país y que se mantiene hasta esta fecha.

Para la zona Antofagasta - punta Talinay, 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 23 y 24). 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 invierno de los años 1983, 1984 y 1994 (Fig. 94).

En invierno de 1995, ambos estadios de desarrollo mostraron un decremento en sus niveles de abundancia, exhibiendo con respecto a 1994 tasas de cambio negativas iguales a 6,3% y 50,0% para huevos y larvas respectivamente.

3.2 Anchoqueta

Para esta especie, se detectó una significativa disminución en la extensión espacial del desove, acusando con respecto a 1994 diferencias porcentuales negativas iguales a 63,8% y 73,1% para las fases de huevo y larva, constituyéndose en el octavo y sexto registro más importante de la serie histórica analizada para cada una de las fases de desarrollo respectivamente.

En relación a la intensidad y concentración del desove, se presenta con respecto al invierno precedente, una importante disminución para ambas fases de desarrollo iguales a - 53,4% y - 74,5%. No obstante lo anterior, los resultados obtenidos en invierno de 1995 son coherentes con el pick primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie, y que se manifestó en la zona de estudio a través de su amplia e importante actividad reproductiva, lo cual se reflejó en los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoqueta registrados durante el crucero (Tabla 21 y 22, Figs. 89, 90 y 95).

Los niveles de abundancia del ictioplancton de anchoqueta registrados para la zona Antofagasta - Punta Talinay, la señalan como la especie de mayor relevancia cuantitativa, y de acuerdo a lo indicado por ambas fases de desarrollo, el invierno de 1995

se presenta como el segundo desove más extenso e intenso de la serie analizada, exhibiendo sus abundancias promedio, con respecto al crucero precedente, tasas de cambio negativas e iguales a 16,6% y 55,0% (Fig. 94, Tabla 23 y 24).

3.3 Jurel

La comparación de resultados obtenida para el recurso jurel, revela una drástica disminución en sus niveles de desove, y en relación a 1994, disminuye su densidad promedio por estaciones totales en - 100% y - 75% para la fase de huevo y larva respectivamente, constituyéndose para el primer estadio de desarrollo en el registro más bajo de la serie 1983 - 1995, mientras que la fase de larva alcanza el quinto nivel más bajo registrado para el período analizado (Figs. 89, 90 y 96).

Para la zona Antofagasta - punta Talinay, 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. No obstante lo señalado anteriormente, los resultados obtenidos en esta oportunidad y con respecto al invierno precedente muestran una importante disminución en la densidad promedio de huevos y larvas lo cual se refleja en porcentajes de cambio iguales a - 97,1% y - 100% respectivamente. (Fig. 94).

3.4 Biomasa zooplanctónica

La biomasa zooplanctónica observada en el presente estudio fluctúa entre 8 - 1.016 ml/1.000 m³ con un promedio general de 239, predominando las densidades comprendidas entre 101 - 300. Comparativamente estos resultados difieren con los encontrados

en invierno de 1994, en donde la fluctuación de la biomasa zooplanctónica fue mayor y el promedio general fue de 402 ml/1.000 m³ predominando los valores comprendidos dentro del rango de 301 - 900.

El gradiente latitudinal de la biomasa zooplanctónica mostró una leve tendencia a incrementar sus niveles promedio en sentido norte - sur. En términos comparativos, estos resultados coinciden con los reportados por Braun en el invierno de 1992 y 1993 para la zona Arica - Antofagasta, años en que la biomasa presentó la misma tendencia; sin embargo, en el año 1994 la situación fue distinta exhibiendo la biomasa promedio un incremento en sentido sur - norte.

Durante esta prospección, los niveles de biomasa fueron relativamente homogéneos longitudinalmente, detectándose concentraciones altas desde la costa hasta las 100 mn. Al respecto y contrariamente a lo observado durante el invierno precedente, donde los mayores niveles de biomasa zooplanctónica tendieron a concentrarse en la zona nerítica no excediendo la línea de estaciones comprendida entre la costa y las 5 mn, con una notable disminución hacia el sector oceánico.

Para la zona Arica - Antofagasta y en términos comparativos respecto de los cruceros precedentes, se puede señalar que los niveles promedio de la biomasa zooplanctónica exhiben tasas de cambio negativas respecto de los años 1992, 1993 y 1994 iguales a 1,23%, 1,65% y 40,5% respectivamente. Con respecto a las estimaciones de la biomasa total, se ha podido constatar que los niveles promedio se han ido incrementando a través de los años, siendo el invierno de 1994 el más significativo. De la misma manera, se puede apreciar que existe una disminución en los estimados de biomasa zooplanctónica los años 1987, 1991 y 1993,

coincidiendo los años 87 y 91 con la presencia del fenómeno de El Niño (Fig. 97).

Los antecedentes disponibles para la zona Antofagasta - Punta Talinay son escasos, y la información de la cual se dispone es a partir del año 1991, y al contrastar los resultados obtenidos en invierno de los años 1991 - 1995, se puede constatar que los mayores niveles promedio de biomasa zooplanctónica se reportaron en invierno de 1994 y 1995, presentando este último, tasas de cambio con respecto a los cruceros precedentes (1991-1994) de 208,2%, 116,3%, 116,3% y -38,52% respectivamente (Tabla 25).

3.5 Densidad larval en relación a la temperatura superficial

Para el análisis comparativo de las características asociadas a la abundancia del ictioplancton de sardina y anchoveta con respecto a la temperatura superficial, se utilizó la variación respecto a la fase de larva, en atención a que el corto tiempo de permanencia de los huevos en el plancton pudiera provocar errores de apreciación los cuales reflejaran inadecuadamente la intensidad y concentración del desove. En cambio, el mayor tiempo de permanencia de las larvas y consecuentemente su período de vulnerabilidad a las redes de plancton, inclina a diversos investigadores a pensar que su número refleja en forma más representativa la tendencia general del desove.

Las densidades de larvas de sardina y anchoveta en la zona Norte de Chile entre 1983 y 1995 ha sido pulsátil, exhibiendo para sardina una tendencia general fluctuante y creciente hasta 1989, destacando el desove del año 1983 el que se constituye en el principal registro de la serie 83/95 (Fig. 98) , coincidiendo con uno de los fenómenos de El Niño más intensos de los últimos 100 años, y donde las altas temperaturas registradas favore-

cieron la sobrevivencia de grandes concentraciones de larvas de sardina principalmente en la costa. Con respecto a anchoveta, las características ambientales que se presentaron en el ecosistema de la zona Norte de Chile en invierno de 1983, le fueron adversas lo que produjo prácticamente su desaparición a nivel del ictioplancton; no obstante, esta especie presentó una importante y significativa recuperación a partir del año 1984 alcanzando tres picos importantes en los años 1985, 1989 y 1994, siendo el primero y el último de ellos los de mayor relevancia del período 83-95. La anchoveta mostró una merma considerable durante el año 1986 y 1990, revelando la densidad más baja en los años 1987, 1991 y 1995.

Por otro lado, la sardina después del mayor pico detectado en 1983, no volvió a presentar similares densidades en los años posteriores, esta especie mostró durante el año 1983 una tolerancia de temperatura que fluctuó entre 15.84° - 19.43° C, rango de temperatura que no ha vuelto a repetirse; sin embargo, esta gran densidad mostrada por las larvas de sardina decreció bruscamente en 1984, volviendo a incrementarse durante el año 1985 hasta alcanzar en 1986 y 1988 el segundo y tercer pico más importante respectivamente; a partir de éste último año comenzó una merma cada vez mayor para esta especie, pero a partir de 1992 experimenta una leve recuperación, alcanzando una densidad moderada en 1994, año en que se reporta la más alta de las abundancias de larvas de esta especie en la serie histórica analizada.

4. Estimados de biomasa y su precisión (Objetivo 2.1)

4.1 Estimados de biomasa

4.1.1 Sardina española

El análisis histórico de las evaluaciones hidroacústica de la biomasa de sardina española en el período 1981-93 en la zona Arica-Antofagasta, permite destacar 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, con una 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 inestabilidad 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 (Castillo et al., 1994) (Fig. 99).

Es así como el estimado de biomasa para el invierno de 1995 (40.790 t) en la zona Arica-Antofagasta, constituye el valor mas bajo de la serie disponible, representando una reducción superior al 86% respecto a los valores obtenidos en los últimos 5 años y del 90,6% respecto al invierno de 1994.

Esta última situación está directamente relacionado con la disponibilidad presentada por el recurso en los dos últimos años, es así como en el invierno de 1994, la prospección coincidió con la segunda moda mas importante del año (Fig. 100),

mientras que en 1995 el crucero se realizó en el período en que las capturas registraron los niveles mas bajos.

En la zona Antofagasta-Coquimbo las mayores biomاسas 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. 101).

El resultado alcanzado en la subzona punta Amarilla-punta Talca presenta una tendencia similar a la registrada en la subzona Arica-punta Amarilla en cuanto a que el valor estimado, constituye el menor de la serie (39.840 t), representando una merma superior al 84,1 y 80,2% respecto al mismo periodo de 1993 y 1994 (201.410 y 250.126 t, respectivamente).

4.1.2 Jurel

En el caso del jurel, los máximos niveles en la biomasa se registraron 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 biomاسas de jurel mostraron importantes fluctuaciones interanuales y una tendencia a desaparecer la estacionalidad sugerida en el período 1981-82 (Castillo et al., 1992; Lillo et al., 1991) (Fig. 99).

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).

COPIA
INFORMATIVA

En este sentido, los resultados alcanzados en el presente crucero en la zona Arica-Antofagasta, se encuentran enmarcados en una tendencia negativa observada a partir de 1992, año en que se evaluó una biomasa de 803.420 t, reduciéndose a 511.150 y 212.972 t en los dos años siguientes, acentuándose en 1995 con un valor de 34.460 t, valor que representa una reducción del 83,8% respecto a 1994 y del 93,3% en relación a 1993.

En la zona Antofagasta-Coquimbo, al igual que en la zona norte (Arica-Antofagasta), los estimados de biomasa más altos se registraron 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. 101).

En este contexto, la biomasa de jurel estimada durante el presente crucero en la zona Antofagasta - punta Talca, se localiza en una tendencia estable en los últimos tres años, con valores que han fluctuado entre 240 y 293 mil t.

4.1.3 Anchoveta

Los estimados de biomasa de anchoveta en la zona Arica-Antofagasta, han presentado importantes fluctuaciones, variando entre 0,45 millones de t en 1985 hasta 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. 99) (Castillo et al., 1985; Castillo et al., 1987), con un notable incremento en el invierno de 1994 en que se registraron los niveles 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.

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 ha presentado en el sector centro-norte de dicha área (Fig. 101).

4.2 Precisión de los estimados de biomasa

La alta variabilidad registrada en los estimados de biomasa de recursos pelágicos con métodos acústicos se explica en gran parte por el patrón de distribución generalmente contagioso de los recursos, de allí entonces que aquellos métodos como el Bootstrap o el Estratos Agrupados, que tienden a suavizar la variabilidad registrada dentro de las transectas presentan indicadores de la precisión menores que aquellos obtenidos mediante el Método de los Conglomerados de Tamaños Desiguales.

Al respecto Shotton y Down (1975) en un análisis comparativo de tres estimadores de varianza, señalan que conceptualmente el método de los Conglomerados 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 caso de los recursos pelágicos de la zona Norte y debido a las características altamente contagiosas de sus distribuciones, los mejores estimadores de la precisión para cada una de las especies se obtuvieron con los métodos Bootstrap y Estratos Agrupados. A lo anterior es necesario agregar la variabilidad ejercida por la alta frecuencia de observaciones con datos cero, situación que es posible apreciar mediante el exámen de los Índices de Cobertura, siendo preciso señalar los bajos niveles de este índice en sardina y jurel en la subzona Arica-pta. Amarilla y sardina y anchoveta en la subzona punta Amarilla-punta Talca.

La situación descrita explica la alta variabilidad de los datos dentro de las transectas. 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, siendo especialmente importante en el caso de sardina y anchoveta (Tabla 26).

Lo anterior se confirma al tener presente que en el caso de sardina y anchoveta hubo una casi ausencia de macroestructuras, medidas mediante los correlogramas y la ausencia de estructuras medidas mediante los semivariogramas, indicando claramente el alto grado de polarización de los recursos. En el caso de jurel

se apreciaron algunas macroestructuras que se reflejaron en un menor aporte de la varianza dentro de las transectas al estimado total de la varianza y coeficientes de error levemente inferiores a los estimados para anchoveta, siendo notablemente menores que los de sardina.

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 censo 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, con la excepción de la sardina en la zona Arica-punta Amarilla, 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%, observándose una tendencia alcista 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 corresponde al mayor registrado en la serie

comparándose con los valores alcanzados en el otoño de 1988 y verano de 1992 (Fig. 102).

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. 102).

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 errores 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.

El jurel ha sido la especie que ha presentado los menores niveles de error en sus estimados, fluctuando entre 18 y 43%, reafirmando la influencia del patrón de distribución en este indicador, puesto que esta especie se ha caracterizado por presentar una mayor homogeneidad en sus distribuciones.

Al comparar los resultados de los CV alcanzados en el presente crucero con los obtenidos para la planificación del crucero, según el procedimiento propuesto por Aglen (1989), se aprecian divergencias similares a las registradas en 1994, puesto que los CV proyectados según este procedimiento variaron entre 0,16 y 0,17. En todo caso es necesario señalar que dicho procedimiento fue diseñado para condiciones de distribución de los recursos de carácter homogéneas.

4.3 Índices de cobertura y densidad

4.3.1 Índice de densidad

4.3.1.1 Sardina

La sardina ha registrado una alta variabilidad en los valores del ID fluctuando entre 51,1 y 501 t/mn². En los inviernos de los años 1981 a 1985, el ID fluctuó entre 300 y 400 t/mn², con la excepción del año 1984 en que se registraron 145 t/mn². En los años 1986 y 1987 se presentaron ID entre 59,6 y 92,3 t/mn², 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/mn², 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/mn² 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/mn² en el invierno de 1994 (Fig. 103), pero volviendo a decaer a 85,4 t/mn² en el invierno de 1995.

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.

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.

4.3.1.2 Anchoveta

Los Indices de Densidad (ID) de anchoveta han variado entre 25,5 t/mn² y 220,9 t/mn² 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/mn² en 1989 hasta 221 t/mn² 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/mn² en la misma estación de 1993. En otoño-verano los ID han fluctuado entre 16,2 y 76,8 t/mn² en el período 1986-91 a 88,8-218 t/mn² entre 1992-94.

En los períodos invernales del trienio 1985-88, se observa una tendencia decreciente, variando entre 35,1 a 61,8 t/mn², disminuyendo en los años 1989-90 a valores cercanos a 23 t/mn². Entre 1991-93 se observa una leve tendencia alcista, fluctuando entre 56,4 y 88,6 t/mn², la que se acentúa en 1994, con una densidad de 150,1 t/mn², reduciéndose a 72,3 t/mn² en el invierno de 1995.

4.3.1.3 Jurel

En general el jurel detectado en la zona norte ha presentado niveles de agregación inferiores a la sardina y anchoveta, observándose la inexistencia de una marcada estacionalidad y una variación histórica de tipo cíclica (Fig. 103).

De este modo, los máximos niveles se presentaron entre 1981-83, con ID invernales de 71,2 t/mn²; una considerable reducción en los años 1982-87 en que se registró un Índice de Densidad de 6,5 t/mn² 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/mn², observándose en el invierno de 1995, al igual que en las otras especies, una tendencia a disminuir el ID en el invierno de 1995.

4.3.2 Índice de cobertura

4.3.2.1 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. 103).

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%, tendencia que se acentuó en el invierno de 1995 registrándose valor mas bajo de la serie con 1,6%. Dicha tendencia solo fue interrumpida en el invierno de 1989 en que se determinó un IC de 14,6%.

4.3.2.2 Anchoveta

En el período 1985-94, el índice de cobertura (IC) presentado por la anchoveta 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 anchoveta, 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. 103).

Estacionalmente, en los años 1985-86, las mayores coberturas de esta especie se registraron en otoño-invierno, decayendo en la primavera.

4.3.2.3 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. 103). 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 uno de los IC mas bajos 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%. Sin embargo esta tendencia se rompió en el invierno de 1995, presentándose

el valor mas bajo de los registrados hasta la fecha, con un 8,0%.

5. Condiciones oceanográficas físicas y distribución de los recursos

5.1 Sardina

Las temperaturas que han limitado la distribución de sardina presentan 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. 104). (Castillo et al., 1992; Lillo et al., 1991; Castillo et al., 1990). Sin embargo esta amplitud en la distribución se reduce al considerar los rangos de las mayores frecuencias, observándose que en verano-otoño el mayor número de cardúmenes se ubican entre 15 y 23°C, mientras que en invierno-primavera el rango se ubica entre 14 y 17°C .

Durante los períodos en que se ha presentado el evento El Niño se observa un incremento en los rangos de distribución de la temperatura, es así como en la primavera de 1986 (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, situación que incluso se observó en el verano de 1989, en que se registraron condiciones tipo El Niño, pero que retornaron a la normalidad en los meses siguientes. De igual modo, durante el otoño de 1992, período en que se intensificó El Niño 1991-92, se registraron las temperaturas más altas de aquel año, con valores

entre 16 y 23°C y las mayores frecuencias entre 20 y 21°C (Castillo et al., 1992).

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.

Los resultados encontrados en el invierno de 1995, se encuadran en la tendencia observada desde 1991, observándose que el rango de distribución extremo fue menor que en los años anteriores.

La salinidad que a limitado la distribución de sardina, con excepción del invierno de 1986, verano de 1988 y otoño de 1992, ha presentado un rango 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. 104).

En el presente crucero, las salinidades límites de la distribución fueron inferiores a las observadas desde 1992, coincidiendo en todo caso, los valores correspondientes a las mayores frecuencias de cardúmenes.

5.2 Anchoqueta

En general las temperaturas que han limitado la distribución de la anchoqueta en el verano-otoño, con excepción del otoño de 1987, han fluctuado entre 12 y 20°C, observándose que el mayor número de ejemplares se ha localizado entre 14 y 19°C (Fig. 105), en el otoño de 1987 los valores extremos estuvieron entre 12 y 22°C, pero las mayores frecuencias se ubicaron en rangos

similares a 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 anchoveta se ubicó entre los 19 y 21°C (Castillo *et al.*, 1992; Lillo *et al.*, 1991; Castillo *et al.*, 1990).

En el invierno de 1995, las temperaturas en que se registró la anchoveta fueron levemente inferiores que lo observado en los tres años anteriores, observándose sin embargo, que los rangos límites fueron mas estrechos que en los años anteriores.

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 anchoveta 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. 105)

Para el invierno de 1993, el límite inferior de las salinidades fue menor que los registrados en anteriores oportunidades, observándose que las mayores frecuencias de cardúmenes estuvieron localizadas en salinidades superiores a las registradas anteriormente. En los inviernos de 1994 y 1995, lo rangos de salinidad de las mayores frecuencias presentaron una tendencia a ser menores que en los años anteriores.

5.3 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.

Los rangos de las mayores frecuencias de cardúmenes han presentado una tendencia alcista entre 1991 y 1993 bajando en el invierno de 1994, acentuándose en el presente crucero (Fig. 106) (Castillo et al., 1992; Castillo et al., 1995).

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

6. Relación entre los índices de densidad de anchoveta y las capturas.

Es reconocido que en recursos pelágicos pequeños, las capturas dependen en forma importante del grado de agregación que presenten las especies, produciéndose en algunos casos algunas incongruencias entre los niveles de biomasa y la productividad de la actividad pesquera. De este modo y considerando que las prospecciones acústicas permiten estimar el grado de agregación, mediante el índice de densidad (ID), en la presente sección se intenta explicar los niveles de captura de anchoveta obtenidos por la flota en el año, en relación al ID registrado en las prospecciones de primavera del mismo año.

Por otra parte, asumiendo que las condiciones oceanográficas permanecen normales y que el reclutamiento es dependiente de la intensidad del desove, es posible asociar los ID de anchoveta alcanzados en los cruceros de invierno, período en que se realiza la mayor intensidad del desove con las capturas del año siguiente, siendo posible realizar un pronóstico de las capturas de anchoveta, a partir de los ID de los cruceros acústicos de invierno.

La información utilizada corresponde a los Índices de Densidad (t/mn^2) obtenidos a partir de las evaluaciones acústicas de invierno (entre 1985 y 1995) y primavera (entre 1985 y 1993), considerados como variable independiente, relacionados con las capturas del año (ID de primavera) y obtenidas 1 año después (ID de invierno), considerados como variable dependiente.

De este modo, el ajuste mediante el modelo de regresión lineal simple entregó las siguientes ecuaciones (Fig. 107 y 108):

Ecuación predictiva (invierno)

$$C = 322.25 + 10.14 \text{ ID}$$

$$r^2 = 0,55$$

$$n = 10$$

Ecuación explicativa (primavera)

1. Se excluyen los datos correspondientes a 1991 y 1986

$$C = -144.47 + 5.802 \text{ ID}$$

$$r^2 = 0,93$$

$$n = 5$$

Se probó el ajuste de la regresión de invierno mediante el test $t_{(0,95, 8)}$ y el análisis de varianza con el test $F_{(1,8, 0.95)}$. La hipótesis de prueba fue $H_0 : \beta=0$. La hipótesis $H_0 : \beta=0$, probada mediante el test t y el test F es rechazada, aceptándose la hipótesis alternativa que indica que los datos se ajustan a una regresión lineal (Tabla 27 y 28).

En la Tabla 29, se comparan las capturas predichas mediante la ecuación de invierno con las reales, observándose que la predicción subestimó las capturas en los años 1986, 1989, 1993 y 1994 entre un 35 y un 11% y una sobrestimación para los años 1987, 1988 y 1995 entre 25,8 y un 27,4 %, con la excepción de 1988 en que se registró una diferencia superior al 300 %. En los años 1990, 1991 y 1992 los valores predichos fueron levemente superiores a los reales fluctuando entre un 3,6 y 6,6 %.

Las diferencias observadas entre las capturas predichas y las reales entre 1993 y 1995 y considerando la tendencia decreciente de las capturas registradas en 1995, respecto al año anterior, sugieren que el mejor ajuste entre la relación de esta variable con el ID corresponde a una relación $C = a + b \text{ LOG ID}$. De este modo, se determinó la ecuación $C = -1852,94 + 1622.32 \text{ LOG ID}$ ($r^2=0.64$, $n=10$). Esta ecuación efectivamente tiende a pronosticar capturas mas cercanas a los valores reales entre 1993 y 1995, subestimando en un 31,1% en 1994 y sobrestimando en un 15.9% para 1995.

Las diferencias registradas entre las capturas de anchoveta predichas y las reales pueden ser atribuidas a la presencia de alteraciones de tipo ambientales, a vedas que hicieron bajar las capturas o a que el crucero se efectuó desfasado de la intensidad del desove ó una combinación de estos factores. En este sentido, la mayor diferencia se produjo en 1987, año que

COPIA
INFORMATIVA

estuvo influenciado por la presencia de El Niño 1986-87 y que se obtuvieron el 86,1% de las capturas en los primeros 3 meses del año, registrándose una ostensible reducción en los meses posteriores.

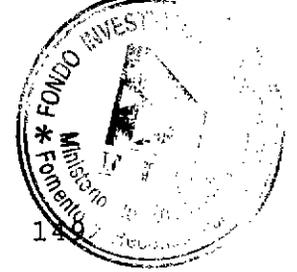
De este modo, las capturas pronosticadas para 1996 presentan una reducción entre un 30,7 y un 42,8% respecto a 1995, con valores entre 1,1 y 1,2 millones de t. Considerando que en los últimos años de la serie, la ecuación predictiva tiende a sobrestimar la captura entre un 16 y un 27 %, para 1996 se espera que la captura de anchoveta fluctúe entre 0,633 y 0,814 millones de t.

IX. CONCLUSIONES

1. El viento predominante es del 2^{do} y 3^{er} cuadrante, con una e intensidad media de 2,5 m/s y una máxima de hasta 7 m/s (14 nudos), produciendo surgencias débiles en algunas áreas.
2. Los valores de temperatura superficial entre Arica y Antofagasta, son similares a los registrados en cruceros oceanográficos realizados en agosto de 1974, 1984, 1985, 1986, 1988 y 1990, años calificados como de condiciones normales o fríos.
3. La anomalía de temperatura superficial respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds (1982) fluctúa en torno a los 0°C con valores desde +1 a -1°C, lo que indica una normalidad en casi toda el área.
4. La termoclina permanente se presenta desde Caldera hacia el norte con un gradiente de aproximadamente 0,5°C/10m, mientras que hacia el sector de Caldera, ésta es más débil (0,25°C/10m).
5. En el área se identifican las masas de agua subtropical costera (AST-1), subantártica (ASAA), ecuatorial subsuperficial (AESS) e intermedia antártica (AIAA).
6. La circulación superficial muestra un predominio de flujos perpendiculares a la costa. Con un flujo dirigido hacia el norte en las primeras 20 millas desde los 24°S al norte, hacia el sur de esta latitud, el flujo es hacia el sur. Por el sector oceánico el flujo predominante es al sur desde

Arica hasta Tocopilla y hacia el norte de Coquimbo a Taltal.

7. La proyección para el verano 1995-96 basada en el Boletín de Alerta Climático de diciembre de 1995 y los resultados del presente crucero, es de condiciones normales a frías, las que se mantendrán por lo menos durante los próximos 6 meses.
8. Desde el punto de vista de productividad el sistema puede ser considerado como deprimido, respecto del año 1994.
9. Las mayores concentraciones de biomasa fitoplanctónica se registraron casi en su totalidad restringidas a la zona costera, restricción impuesta por masas más cálidas y salinas provenientes de la zona oceánica.
10. Las densidades promedio de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel, calculadas sobre la base de las estaciones totales y positivas, revelan que durante el invierno de 1995, se produce un marcado predominio 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, concentración y extensión de la actividad reproductiva.
11. 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 95,3% y 98,9% respectivamente.



12. La mayor frecuencia de estaciones positivas para huevos de sardina se registró en la zona comprendida entre Mejillones y punta Lavata, mientras que en el extremo norte y especialmente sur del área de estudio, ésta experimentó una marcada disminución.
13. Los huevos de sardina presentaron una modalidad nerítica en la postura, concentrándose más del 70% de ellos en las primeras 20 mn de la costa.
14. Los niveles de abundancia de los huevos de sardina con respecto a la latitud muestran una leve tendencia creciente en sentido norte - sur.
15. Los niveles de abundancia del ictioplancton de sardina española, analizados en términos de la densidad promedio por estaciones totales utilizada como un índice de la extensión del desove, señala que en invierno de 1995 se produce un incremento en la cobertura geográfica de huevos y una fuerte disminución en la fase de larvas, lo cual se refleja en porcentajes de cambio con respecto a 1994, iguales a 27,5% y -61,8% para ambas fases de desarrollo respectivamente.
16. Con respecto a la intensidad y concentración del desove, las densidades promedio por estaciones positivas acusan con respecto a 1994, una situación diferente para huevos y larvas, en efecto el primer estadio exhibe un significativo incremento en su intensidad del orden de 60,8%, en cambio las larvas experimentan una drástica disminución la cual alcanza a - 64,6%.

17. Las áreas de mayor abundancia de huevos de sardina (> 1.100 huevos/ $10m^2$), se ubicaron preferentemente en la línea de estaciones de 1 mn frente a Mejillones ($23^{\circ}00'S$), Antofagasta ($23^{\circ}40'S$), caleta Oliva ($25^{\circ}15'S$) y punta Salado ($26^{\circ}30'S$).
18. Las áreas de mayor abundancia larvaria (> 220 larvas/ $10m^2$) se localizaron principalmente frente a punta Arenas ($21^{\circ}40'S$), punta Ana ($22^{\circ}00'S$) y caleta Oliva ($25^{\circ}15'S$).
19. La distribución geográfica de los huevos de anchoveta, señala que el desove ocupó el rango latitudinal comprendido entre Arica y punta Peña Blanca ($27^{\circ}45'S$) y longitudinalmente se extendió hasta las 100 mn.
20. Las áreas de mayor abundancia larvaria para anchoveta (> 2.000 larvas/ $10m^2$) se detectaron al norte de punta Guaneras ($20^{\circ}00'S$), caleta Yapes ($20^{\circ}40'S$), punta Chipana ($21^{\circ}20'S$), punta Ana ($22^{\circ}00'S$) y punta Amarilla ($24^{\circ}00'S$), exhibiendo los niveles de abundancia una tendencia decreciente en sentido norte - sur.
21. Para anchoveta se constató una significativa disminución en la extensión espacial del desove, acusando con respecto a 1994 diferencias porcentuales negativas iguales a 63,8% y 73,1% para las fases de huevo y larva, constituyéndose en el octavo y sexto registro más importante de la serie histórica analizada para cada una de las fases de desarrollo respectivamente.
22. En relación a la intensidad y concentración del desove, se presenta con respecto al invierno precedente, una importante disminución para ambas fases de desarrollo

iguales a - 53,4% y - 74,5%. No obstante lo anterior, los resultados obtenidos en invierno de 1995 son coherentes con el pico primario de desove que caracteriza el ciclo de madurez sexual de esta especie, y que se manifestó en la zona de estudio a través de su amplia e importante actividad reproductiva, lo cual se reflejó en los niveles de abundancia de huevos y larvas de anchoveta censados durante el crucero

23. El recurso jurel experimentó una drástica disminución en sus niveles de desove, y en relación a 1994, disminuye su densidad promedio por estaciones totales en - 100% y - 75% para la fase de huevo y larva respectivamente, constituyéndose para el primer estadio de desarrollo en el registro más bajo de la serie 1983 - 1995, mientras que la fase de larva alcanza el quinto nivel más bajo registrado para el período analizado.
24. La biomasa zooplanctónica observada en el presente estudio fluctuó entre 8 - 1.016 ml/1.000 m³ con un promedio general de 239, predominando las densidades comprendidas entre 101 - 300.
25. 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, han sido los más bajos a partir del año 1989 en adelante y con respecto al promedio estimado fue el segundo más bajo después de este último año.
26. Con respecto a la zona Antofagasta - punta Talinay, tanto los valores extremos de la biomasa zooplanctónica como su promedio, se constituyen en el segundo registro más importante de la serie 1991 - 1993.

27. En la subzona Arica-punta Amarilla la anchoveta presentó los mayores estimados de biomasa con 295.700 t, representando sobre el 79% del total de especies estimado para la subzona y un incremento del 129 % respecto a 1993 y una reducción del 78,5% respecto a 1994, estando virtualmente ausente entre punta Amarilla y punta Talca (31°00'S), con 4.190 t, reduciéndose en un 84,0% en relación al mismo período del año pasado.

28. La sardina española contribuyó con el 10,9% de la biomasa total estimada en la subzona Arica-punta amarilla, con 40.790 t. Este valor representa una reducción superior al 86% respecto a los valores obtenidos en los últimos 5 años y del 90,6% en relación al invierno de 1994.

En la subzona punta Amarilla-punta Talca se estimó una biomasa de 39.840 t, representando una merma superior al 84,1 y 80,2% respecto al mismo periodo de 1993 y 1994, respectivamente.

29. El jurel representó alrededor del 9,3% del total en la subzona Arica punta Amarilla, con 34.460 t y una merma del 83,8 y 93,3% respecto a 1994 y 1993, respectivamente.

En la subzona punta Amarilla-punta Talca fue la especie mas importante, con 274.660 t, valor que representó el 86,2 % del total estimado para la subzona, ubicándose en una tendencia estable en en los últimos tres años.

30. La anchoveta se localizó en general entre la costa y las 85 mn. En la zona de estudio se destacan tres patrones de distribución de anchoveta, entre Arica a Iquique se detectó una escasa presencia del recurso con cardúmenes de baja

densidad; entre Iquique y Antofagasta se observó un aumento en la presencia y en las densidades de los cardúmenes, caracterizándose por un comportamiento altamente gregario y al sur de Antofagasta con una virtual ausencia.

31. En general, los escasos registros de sardina en la subzona Arica-punta Amarilla, se localizaron entre las 22 y 100 mn de la costa.
32. En general el jurel se detectó en toda la zona de estudio, con una alta frecuencia de las bajas densidades. Entre Arica y punta Lobos (21°03'S) la presencia de esta especie fue escasa, tendiendo a aumentar entre punta Lobos y Mejillones, manteniendo en ambos sectores la característica de bajas densidades. Al sur de Antofagasta aumentó la homegeneidad en la distribución de jurel, manteniéndose la característica de las bajas densidades, en este sector se destacaron focos puntuales de alta densidad.
33. Los Índices de Densidad y Cobertura presentan una tendencia negativa respecto a lo observado en 1994.
34. Las capturas pronosticadas para 1996, en base al modelo C+/ID, presentan una reducción entre un 30,7 y un 42,8% respecto a 1995, esperándose que fluctúe entre 0,633 y 0,814 millones de t.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aglen A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. FAO Fish. Rep. 300, 293-298.
- BAC 59. 1995. Boletín de Alerta Climático. Agosto 1995. CPPS.
- BAC 60. 1995. Boletín de Alerta Climático. Septiembre 1995. CPPS.
- BAC 63. 1995. Boletín de Alerta Climático. Diciembre 1995. 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.
- 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. 1995. Variabilidad temporal del campo térmico y salino en la zona norte de Chile. Período 1964-1994. Manuscrito no publicado.
- 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. 1995. Distribución espacial y larvas de sardina española, anchoveta y jurel. En: Evaluación Hidroacústica de los Stocks de sardina Española, Anchoveta y Jurel en la Zona Norte de Chile. Informe Final Fondo Investigación Pesquera. 152 pp + Tablas y Figuras.
- Braun, M.; J.Castillo; J.Blanco; S.Lillo y H.Reyes. 1995. Monitoreo Hidroacústico y oceanográfico de los Recursos pelágicos de la I y II Regiones. Informe Final Fondo Investigación Pesquera. 172 pp + Tabla y Figuras.
- 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.
- Castillo, J., M. Braun y J. L. Blanco. 1993. 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. 58 p,43 Figuras.
- Carpenter, J. H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. Limnol.Oceangr., 10: 141-143.

- 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.; 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.
- Castillo, J., M.A. Barbieri, A. Paillamán y V. Parker. 1995. Componente evaluación y distribución de recursos. En: Evaluación hidroacústica de los stocks de sardina española, anchoqueta y jurel en la zona norte, I a IV Región. Informe Proyecto al FIPA. IFOP, Chile, 152 pp, tablas, fig. y anexos.
- 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.
- Ederington, M., G. MacManus y R. Harvey. 1995. Trophic transfer of fatty acids, sterols, and triterpenoid alcohol between bacteria, a ciliate, and the copepod *Acartia tonsa*. Limnology and Oceanography. 40(5)860-867.
- 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.
- 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 crosssections 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.
- Foote, K. and J. Rivoirard. 1992. Geostatistical analysis of acoustic survey data on 0-group herring in Fjord. ICES C.M. 1992/D:10. 14 p.
- 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.

COPIA
INFORMATIVA

- 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.
- Hayward, T.L. & E.L. Venrick. 1982. Relation between surface chlorophyll, integrated chlorophyll and integrated production. Marine Biology. 69:247-252.
- 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.
- Kimura D.K. and Lemberg N.A. 1981. Variability of line intercept density estimates (a simulation study of the variance of hydroacoustic biomass estimate). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1141-1152.
- K. M. Volter. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 page, 1985.
- LaFond, E. 1951. Processing Oceanographic Data. U.S. Navy Hydrographic Office, H.O. Publication N°614: 114 pp.

- 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. Böhm. 1991. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales. Zona Norte. Flota y Actividad Extractiva. SGI-IFOP 92/1. 51 p.
- Loeb, V. y J.A. Nichols. 1984. Distribución vertical y composición de las agrupaciones de ictioplancton y zooplancton de invertebrados en el Pacífico Tropical Oriental. *Biología Pesquera*, 13:39-66.
- 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.
- Moser, H.G. (ed.) 1984. Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Special Publication Nº1.
- Oliva, J. 1995. Investigación Monitoreo de Veda Reproductiva de Anchoveta 1995, I y II Región. Subsecretaría de Pesca.

- 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. y V. T. 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 1990. Santiago, Chile.
- Osses, J. 1995. Evaluación hidroacústica de los stocks de sardina española, anchoveta y jurel en la zona norte, I a IV regiones. Informe final proyecto FIPA. Inst. Fom. Pesq., enero de 1995. 152 pp + anexos y figuras.
- Parsons, T.R., Y. Maita & C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. 172 pp. Pergamon Press.
- 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.
- Petitgas, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessments: a review and on acoustic application. ICES J. mar. Sci., 50: 285-298.

- Pond, S. y G.L.S. Pickard. 1983. Introductory Dynamic Oceanography. 241 p.
- 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.
- 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.
- Robotham, H. and J. Castillo. (En prensa). Changes in aggregation of pelagic resources in north Chile and their consequences on acoustic survey design. ICES J. Mar. Sci. presentado al ICES International Symposium on Fisheries and Plankton acoustics. Aberdeen, Scotland 12-16 june 1995.
- 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, 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, 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 de ecología marina. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 318 p.

Torres, A., C. Martínez 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.

Yañez, E., M.A. Barbieri, A. Gonzalez, O. Pizarro, M. Bravo, R. Canales y S. Salinas. 1994. Sea surface thermal structure associated to the pelagic fish resources distribution in



northern Chile. Proceeding of the Second Thematic Conference
on Remoting Sensing for Marine and Coastal Environments.

Yashnov, U.A. 1959. A new model of volume meter for rapid and
precise plankton evaluation under field conditions.
Zoologicheskoe Zhurnal (Moscow), 38: 1741-4.



TABLAS



Tabla 1

Categorías por densidad

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

Tabla 2. Análisis estadístico de regresión lineal para la relación funcional entre fluorescencia in vivo versus clorofila a.

Transecta	a	b	r ²	r	n
1	0.032	0.100	0.958	0.979	34
3	0.032	0.105	0.616	0.785	48
5	0.060	0.098	0.705	0.840	47
7	0.043	0.098	0.640	0.800	41
9	0.027	0.108	0.562	0.750	45
11	0.028	0.105	0.650	0.806	47
13	0.027	0.104	0.722	0.850	48
15	0.035	0.104	0.882	0.939	44
17	0.046	0.117	0.873	0.934	46
19	0.044	0.102	0.563	0.750	40
21	0.051	0.097	0.655	0.809	45

Tabla 3. Resumen histórico de las relaciones lineales entre la fluorescencia in vivo (fliv) vs clorofila a (cloa) superficial, fliv vs cloa total y cloa integrada vs cloa superficial, en los años 1994 y 1995.

	fliv vs cloa sup		fliv vs cloa total		cloa int. vs cloa	
	1994	1995	1994	1995	1994	1995
a	0.033	0.037	0.030	0.040	19.21	22.76
b	0.114	0.104	0.113	0.103	22.26	13.04
r	0.898	0.933	0.869	0.898	0.830	0.777
n	76	74	500	484	76	65

Tabla 4. Análisis estadístico de regresión lineal para la relación funcional entre la clorofila integrada versus clorofila superficial.

Transecta	a	b	r ²	r	n
1	8.80	15.46	0.980	0.990	6
3	-2.36	28.88	0.003	0.052	7
5	14.98	14.07	0.405	0.636	7
7	13.36	21.49	0.122	0.349	6
9	32.05	2.36	0.981	0.990	7
11	34.13	8.18	0.837	0.915	7
13	18.35	17.98	0.792	0.890	7
15	19.11	18.18	0.839	0.916	6
17	1.62	79.22	0.020	0.141	7
19	15.90	16.53	0.428	0.654	6
21	28.72	26.12	0.606	0.778	7

Tabla 5. Rangos de fluorescencia in vivo, clorofila a, feopigmentos y clorofila a integrada, entre la superficie y 100 m.

Transecta	Fl in vivo (UR)	cloa a (mg/m ³)	feop (mg/m ³)	cloa integ (mg/m ²)
1	0.084 - 0.460	0.01 - 10.65	0.04 - 7.06	11.62 - 96.45
2	0.090 - 0.153	0.01 - 1.43	0.12 - 0.83	5.53 - 55.69
5	0.093 - 0.263	0.01 - 1.82	0.08 - 0.66	19.57 - 39.84
7	0.093 - 0.178	0.01 - 1.22	0.09 - 0.75	21.50 - 46.71
9	0.086 - 0.208	0.01 - 4.25	0.07 - 6.20	17.62 - 105.69
11	0.097 - 0.154	0.01 - 2.11	0.07 - 0.69	17.37 - 60.99
13	0.084 - 0.187	0.01 - 2.62	0.09 - 1.51	25.72 - 72.49
15	0.092 - 0.270	0.01 - 4.01	0.09 - 2.69	13.39 - 85.24
17	0.094 - 0.554	0.01 - 10.02	0.10 - 6.03	25.90 - 116.76
19	0.089 - 0.159	0.02 - 1.06	0.12 - 1.09	10.84 - 32.21
21	0.090 - 0.277	0.01 - 3.07	0.07 - 0.84	20.58 - 39.15
23	0.093 - 0.141	ND	ND	ND
25	0.091 - 0.145	ND	ND	ND
27	0.086 - 0.149	ND	ND	ND
29	0.090 - 0.147	ND	ND	ND
31	0.097 - 0.362	ND	ND	ND
33	0.095 - 0.151	ND	ND	ND

ND = no determinado

Tabla 6

Registro de pruebas de calibración de flujómetro
 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
40	240	48	5.000	0.167	0.833
40	250	33	7.576	0.160	1.212
40	248	26	9.538	0.161	1.538
40	257	75	3.427	0.156	0.533
40	251	74	3.392	0.159	0.541
40	245	24	10.208	0.163	1.667
40	240	41	5.854	0.167	0.976
40	244	39	6.256	0.164	1.020
40	245	52	4.712	0.163	0.769
40	238	60	3.967	0.168	0.667
40	243	25	9.720	0.165	1.600
40	247	23	10.739	0.162	1.739
40	244	70	3.486	0.164	0.571
40	246	25	9.840	0.163	1.600

Tabla 7

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos
 Crucero 383 (3) 95 CP PELAMOR 9508/09
 Arica - Punta Talinay

E S P E C I E	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
			Totales	Positivas		
<i>Gardinops sagax</i>	32	25827	111	867	13.7	3.7
<i>Eagraulis ringens</i>	77	552126	2370	7170	33.0	79.5
<i>Trachurus murphyi</i>	4	367	2	97	1.7	0.1
Otras especies	191	116374	499	609	82.0	16.8
Total de huevos	196	694714	2982	3514	84.1	100.0

Tabla 8

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas
 Crucero 383 (3) '95 CP PELAGOR 9508/09
 Arica - Punta Talinay

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		
<i>Sardinops sagax</i>	28	2403	10	86	12.0	0.0
<i>Engraulis ringens</i>	161	232235	997	1283	77.7	75.5
<i>Trachurus murphyi</i>	2	67	0	34	0.9	0.0
Otras especies	228	72954	313	320	97.9	23.7
Total de larvas	231	307658	1320	1332	99.1	100.0

Tabla 9

Número de estadios tempranos de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa

E S P E C I E	n.d.	1		5		10		20		40		70		100		TOTAL				
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%			
Sardinops bagax																				
Huevos	16427	71.35	115	0.45	387	1.50	34	0.13	204	0.79	368	1.42	6292	24.36	25627	100.0				
Larvas	462	19.23	119	4.95	438	18.23	192	7.99	183	7.62	417	17.36	591	24.60	2402	100.0				
Egraulis ringens																				
Huevos	401945	72.80	12833	2.32	6938	1.26	47338	8.57	23610	4.28	54802	9.93	4657	0.84	552123	100.0				
Larvas	60762	26.16	33010	14.21	21766	9.37	16852	7.26	17892	7.70	51496	22.17	30462	13.12	232240	100.0				
Trachurus murphyi																				
Huevos	95	24.15															184	47.55	387	100.0
Larvas	34	50.75															33	49.25	67	100.0

Tabla 10. Resultados de las calibraciones electroacústicas del sistema EK-500 del B/I Carlos Porter para la frecuencia de 38 Khz, por longitud de pulso (ms).

Fecha	Lugar	TS-transd. gain			Sv-transd. gain		
		Corto 0,3	Medio 1,0	Largo 3,0	Corto 0,3	Medio 1,0	Largo 3,0
09.06.92	Mejillones	27,2	28,3	28,4	27,3	28,3	28,3
07.09.92	Mejillones	27,2	28,2	28,3	27,3	27,9	28,5
30.07.93	Valparaíso	26,5	27,3	27,4	26,5	27,0	27,4 (1)
10.08.94	Lag. Verde	27,1	28,1	28,1	27,4	27,8	28,1 (2)
19.08.94	Mejillones	27,4	28,2	28,4	27,3	28,2	28,6
06.08.95	Mejillones	27,1	28,1	28,3	27,2	28,1	28,4

NOTA:

(1) Cambio de tarjeta transceiver

(2) Medición repetida por condición inestable de la esfera

Tabla 11. 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
07.08.95	Mejillones	20,5	22,3	22,0	21,7	21,9	22,1

NOTA:

(1) Condición inestable de la esfera.



Tabla 12. Lances de pesca de reconocimiento realizados por el PAM La Portada. Crucero PELANOR 9508-09.

Lance N°	Fecha	Lat	Long	Captura (kg)	Especie ppal.
1	09.08.95	18°24'	71°30'	200	Anchoveta
2	12.08.95	19°34'	70°13'	700	Anchoveta
3	15.08.95	20°20'	70°21'	2.000	Anchoveta
4	19.08.95	21°21'	70°07'	2.000	Anchoveta
5	20.08.95	21°32'	70°07'	50	Anchoveta
6	21.08.95	21°49'	70°11'	100	Anchoveta
7	21.08.95	21°55'	70°13'	4.000	Anchoveta
8	22.08.95	22°20'	70°17'	0	
9	23.08.95	22°52'	70°18'	0	
10	25.08.95	22°53'	70°18'	60.000	Sardina y jurel
11	25.08.95	22°48'	70°19'	10.000	Sardina y jurel
12	27.08.95	23°40'	70°30'	3.500	Anchoveta

Tabla 13. Estimados de Biomasa por especie y subzona. Crucero PELANOR 9508-09.

Especie	Arica-pta. Amarilla		pta. Amarilla-pta. Talca	
	Area (mn ²)	Biomasa (t)	Area (mn ²)	Biomasa (t)
Sardina	29.725	40.790	38.902	39.840
Jurel	29.725	34.460	38.902	274.660
Anchoveta	29.725	295.700	38.902	4.190
Total especies	29.725	370.950	38.902	318.690

Tabla 14. Varianza $\hat{V}(\hat{B}_0)$ coeficientes de variación (CV) y error (%) del estimado de biomasa total de especies

METODO		CONGLOMERADOS			ESTRATOS AGRUPADOS			BOOTSTRAP		
Zona	Area (mm ²)	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV
Arica-Pta. Amarilla	29.725	1,23337	49,2	0,29	1,09013	46,3	0,28	1,11815	46,8	0,28
Pta. Amarilla-Pta. Talca	38.902	3,83159	----	0,61	3,64557	----	0,59	3,63751	----	0,59

Tabla 15. 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		
Zona	Area (mm ²)	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV
Arica-Pta Amarilla	29.725	1,09775	57,0	0,34	0,95595	53,2	0,32	0,99014	55,0	0,33
Pta Amarilla-Pta Talca	38.902	0,00180	----	0,99	0,00192	----	1,03	0,00167	----	0,97

Tabla 16. Varianza $\hat{V}(\hat{B}_0)$, coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de sardina

METODOS		CONGLOMERADOS			ESTRATOS AGRUPADOS			BOOTSTRAP		
Zona	Area (mm ²)	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV
Arica-Pta Amarilla	29.725	0,12378	139,7	0,85	0,13042	143,4	0,87	0,11702	132,0	0,80
Pta Amarilla-Pta Talca	38.902	0,09133	122,8	0,74	0,09963	128,2	0,77	0,08801	118,0	0,71

Tabla 17. Varianza $\hat{V}(\hat{B}_0)$, coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de jurel

METODOS		CONGLOMERADOS			ESTRATOS AGRUPADOS			BOOTSTRAP		
Zona	Area (mm ²)	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV	V(B ₀) (x 10 ¹⁰)	E (%)	CV
Arica-Pta Amarilla	29.725	0,01185	51,6	0,31	0,00375	29,1	0,17	0,01099	49,0	0,29
Pta Amarilla-Pta Talca	38.902	3,73845	----	0,69	3,54401	----	0,67	3,54783	----	0,67

Tabla. 18. Varianza $V(\hat{B}_0)$, coeficientes de variación (CV) y error (%) de los estimados de biomasa de sardina, jurel y anchoveta por el método Geoestadístico.

Zona	Sardina española				Anchoveta				Jurel			
	Area (mn ²)	V(B ₀) (x10 ¹⁰)	E(%)	CV	Area (mn ²)	V(B ₀) (x10 ¹⁰)	E(%)	CV	Area (mn ²)	V(B ₀) (x10 ¹⁰)	E(%)	CV
1	690	0,09019	----	0,73	19.157	0,44992	39,5	0,24	16.985	0,009947	37,8	0,23
2									30.020	1,780837	----	0,51

Zona 1 = Arica-pta. Amarilla

Zona 2= pta. Amarilla-pta. Talca

Tabla 19. Indices de Cobertura (IC) (%) y Densidad (ID) (t/mn²) por especie y zona.

ZONA	SARDINA ESPAÑOLA		JUREL		ANCHOVETA	
	ID (t/mn ²)	IC (%)	ID (t/mn ²)	IC (%)	ID (t/mn ²)	IC (%)
Arica-Pta Amarilla	85,4	1,6	14,5	8,0	72,3	14,1
Pta Amarilla-Pta Talca	56,2	1,9	42,0	17,2	41,3	0,3

Tabla 21
 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos
 Área Comparativa: Arica - Antofagasta 0 - 100 m. n.

E S P E C I E	Estación	Año	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones		
					Totales	Positivas	Constancia o frecuencia %
				Dominancia %			
Sardinops sagax Inverno	1983	27	24415	479	904	52.9	73.2
	1984	22	23645	483	1075	44.9	57.0
	1985	34	234552	2792	6899	40.5	15.4
	1986	49	42768	509	873	50.3	4.2
	1987	44	42389	517	963	53.7	30.5
	1988	38	29038	296	960	30.6	6.0
	1989	39	20104	288	723	39.8	4.2
	1990	19	11785	120	620	19.4	3.2
	1991	13	3556	36	274	13.3	1.5
	1992	34	20251	155	596	26.0	6.0
	1993	20	10491	88	525	16.8	3.8
	1994	19	16399	138	863	16.0	2.0
1995	15	20020	176	1388	12.7	5.0	
Egtravilia ringens	1983	0	0	0	0	0.0	0.0
	1984	8	1004	37	226	16.3	4.4
	1985	54	1252602	14912	23196	64.3	82.3
	1986	65	96093	11430	14771	77.4	94.0
	1987	16	59473	725	3717	19.5	42.8
	1988	43	258309	2636	6007	43.9	53.3
	1989	37	550207	5614	14070	37.8	82.7
	1990	29	200549	2863	9674	29.6	75.3
	1991	18	221100	2256	12284	18.4	90.3
	1992	57	271406	2072	4763	43.5	80.1
	1993	70	210738	1771	3011	58.8	75.8
	1994	65	732259	6153	11266	54.6	90.8
1995	50	262549	2225	5251	42.4	73.1	
Trachurus murphyi	1983	0	0	0	0	0.0	0.0
	1984	4	602	14	171	8.2	1.7
	1985	2	295	4	140	2.4	0.0
	1986	1	239	3	239	1.2	0.0
	1987	25	3687	44	144	30.5	2.6
	1988	44	34230	349	770	44.9	7.1
	1989	16	2378	24	149	16.3	0.4
	1990	9	933	10	104	9.2	0.3
	1991	7	653	7	93	7.1	0.3
	1992	52	9657	74	106	39.7	2.0
	1993	51	16379	138	321	42.9	5.9
	1994	20	4566	38	163	23.5	0.6
1995	0	0	0	0	0.0	0.0	

Tabla 20. Número de datos y porcentaje del total, por rango de clorofila, en toda el área muestreada, para los años 1994 y 1995.

RANGO	1994		1995	
	n	%	n	%
0 - 0.9	389	77.80	399	82.10
1 - 1.9	38	7.60	53	10.91
2 - 3.9	24	4.80	20	4.12
4 - 5.9	21	4.20	8	1.65
> 6	28	5.60	6	1.23
total	500	100	486	100

Tabla 22
 Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas
 Area Comparativa: Arica - Antofagasta 0 - 100 m.n.

E S P E C I E	Estación	Año	Número de estaciones positivas	Número de larvas	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
					Totales	Positivas		
Sardinops sagax	Invierno	1983	47	28895	567	615	92.2	62.2
		1984	31	5614	115	181	63.3	26.5
		1985	24	6851	72	252	28.6	1.2
		1986	35	18668	222	533	41.7	18.7
		1987	45	15009	183	334	54.9	18.1
		1988	35	16851	172	481	35.7	8.8
		1989	35	10075	183	288	35.7	3.0
		1990	28	7073	72	253	28.6	5.1
		1991	18	1221	12	122	10.2	2.4
		1992	51	5877	45	115	38.9	3.4
		1993	21	3875	33	185	17.6	1.2
		1994	17	4085	34	240	14.3	0.6
		1995	18	1526	13	85	15.3	0.7
Engraulis ringens		1983	0	0	0	0	0.0	0.0
		1984	18	2165	44	120	36.7	10.2
		1985	80	461348	5492	5767	95.2	93.0
		1986	77	143469	1700	1863	91.7	82.5
		1987	47	39286	479	836	57.3	47.5
		1988	86	139427	1423	1621	87.8	72.6
		1989	72	294499	3085	4090	73.5	87.2
		1990	80	94935	969	1187	81.6	68.4
		1991	50	22368	228	447	51.0	44.9
		1992	97	116929	893	1205	74.0	67.2
		1993	111	275874	2318	2485	93.3	82.4
		1994	108	636338	5347	5892	90.8	91.8
		1995	113	169835	1439	1503	95.8	82.3
Trachurus murphyi		1983	0	0	0	0	0.0	0.0
		1984	3	63	1	21	6.1	0.3
		1985	2	101	1	51	2.4	0.0
		1986	2	61	1	31	2.4	0.0
		1987	8	372	5	47	9.8	0.4
		1988	21	2449	25	117	21.4	1.3
		1989	6	438	4	73	6.1	0.1
		1990	0	0	0	0	0.0	0.0
		1991	2	112	1	56	2.0	0.2
		1992	29	2646	20	91	22.1	1.5
		1993	37	4540	38	123	31.1	1.4
		1994	10	507	4	51	8.4	0.1
		1995	2	67	1	34	1.7	0.0

Tabla 23

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de huevos
 Área Comparativa: Antofagasta - Punta Talinay 0 - 1000 n.n.
 Invierno: 1983 - 1995

E S P E C I E	Año	Número de estaciones positivas	Número de huevos	Densidad promedio por estaciones		Constancia o Frecuencia %	Dominancia numérica %
				Totales	Positivas		
<i>Sardinops sagax</i>	1983	12	12336	649	1928	63.2	67.4
	1984	8	13455	336	1682	20.0	60.4
	1986	7	4465	223	638	35.0	19.5
	1987	16	6978	162	436	37.2	12.8
	1991	11	4138	61	376	16.2	34.9
	1993	9	3218	34	358	9.5	3.9
	1994	29	9139	79	315	25.2	2.3
	1995	17	5008	44	295	14.8	1.5
<i>Engraulis ringens</i>	1983	0	0	0	0	0.0	0.0
	1984	14	3127	78	223	35.0	14.0
	1986	15	17379	859	1159	75.0	75.8
	1987	21	26427	615	1258	48.8	48.6
	1991	0	0	0	0	0.0	0.0
	1993	8	23893	252	2987	8.4	29.1
	1994	32	347088	3018	10047	27.8	87.4
	1995	27	289577	2510	10725	23.5	86.3
<i>Trachurus murphyi</i>	1983	0	0	0	0	0.0	0.0
	1984	1	43	1	43	2.5	0.2
	1986	1	32	2	32	5.0	0.1
	1987	13	1790	42	138	30.2	3.3
	1991	4	649	10	162	5.9	5.5
	1993	13	1373	14	106	13.7	1.7
	1994	43	11936	104	278	37.4	3.0
	1995	4	387	3	97	3.5	0.1



Tabla 24

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas
 Área Comparativa: Antofagasta - Punta Talinay 0 - 100 m
 Invierno: 1983 - 1995

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		
Sardinops sagax	1983	14	5492	289	392	73.7	44.6
	1984	6	5317	133	886	15.0	35.7
	1986	6	927	46	155	30.0	4.0
	1987	16	2050	48	128	37.2	5.1
	1991	20	3584	53	179	29.4	14.3
	1993	28	1659	17	59	29.5	3.1
	1994	24	4230	37	176	28.9	2.3
	1995	10	877	0	88	8.7	8.9
Engraulis ringens	1983	0	0	0	0	0.0	0.0
	1984	22	1423	36	65	55.0	9.6
	1986	14	16009	800	1144	70.0	69.8
	1987	33	23616	549	716	76.7	59.0
	1991	10	1015	15	0	14.7	4.0
	1993	42	9660	102	230	44.2	18.1
	1994	85	138691	1206	1632	73.9	76.6
	1995	68	62400	543	918	59.1	61.6
Trachurus murphyi	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	181	11.6	1.3
	1991	0	0	0	0	0.0	0.0
	1993	5	303	3	61	5.3	0.6
	1994	28	2866	25	182	24.3	1.6
	1995	0	0	0	0	0.0	0.0

Tabla 25

Rangos de volumen y biomasa del zooplancton en invierno de los años 1991-1995
 Area comparativa: Sur Antofagasta - Punta Talinay

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
1995	383(3)95CP	24°00' - 30°40'	112	32 - 679	225

Tabla 26. Varianzas de la razón ($\hat{V}(\hat{R})$) entre (B2) y dentro (W2) de las transectas determinados en la subzona Arica-pta. Amarilla (IBM's= 1,0 mn).

ESPECIE	W2	B2	Delta	V(R)
Sardina española	205,1441	13,0169	0,0503	69,4860
Jurel	55,1522	1,7755	0,0212	6,6549
Anchoveta	91,8632	2,1673	0,0129	616,2440
Total especies	59,7542	1,6517	0,0168	752,7020

Tabla 27. Análisis estadístico de la regresión predictiva de invierno

Parámetro	Estimado	SE	t	t (0,95, 8)
Pendiente	10,14	3,247	3,12	1,86

Tabla 28. Análisis de Varianza de la regresión predictiva de invierno

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F
Modelo	1263109,4	1	1263109,4	10
Residual	1035910,3	8	129488,8	
Total	2299019,7	9	F (0,95,1,8) = 5.32	

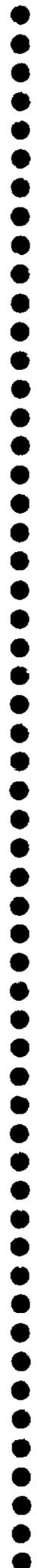
Tabla 29. Capturas de anchoveta y predichas en base a la ecuación ajustada para invierno.

Año	ID (t/mn ²)	C _{est} (miles t)	C _{real} (*) (miles t)	C _{est} -C _{real} (miles t)	C _{est} -C _{real} (%)
1985	61,8				
1986	35,1	949,0	1.098,0	-148,9	-13,6
1987	55,2	678,2	149,4	528,8	353,9
1988	60,8	882,0	701,3	180,7	25,8
1989	23,7	938,8	1.203,7	-264,9	-22,0
1990	22,7	562,6	531,7	30,9	5,8
1991	62,0	552,5	518,3	34,1	6,6
1992	56,4	951,0	918,3	32,7	3,6
1993	88,6	894,2	1.008,5	-114,3	-11,3
1994	150,1	1.220,8	1.897,0	-676,3	-35,6
1995	72,3	1.844,4	1.447,4	397,0	27,4

(*) Fuente IFOP, capturas industriales obtenidas entre Arica y punta Amarilla

FIGURAS

**COPIA
INFORMATIVA**



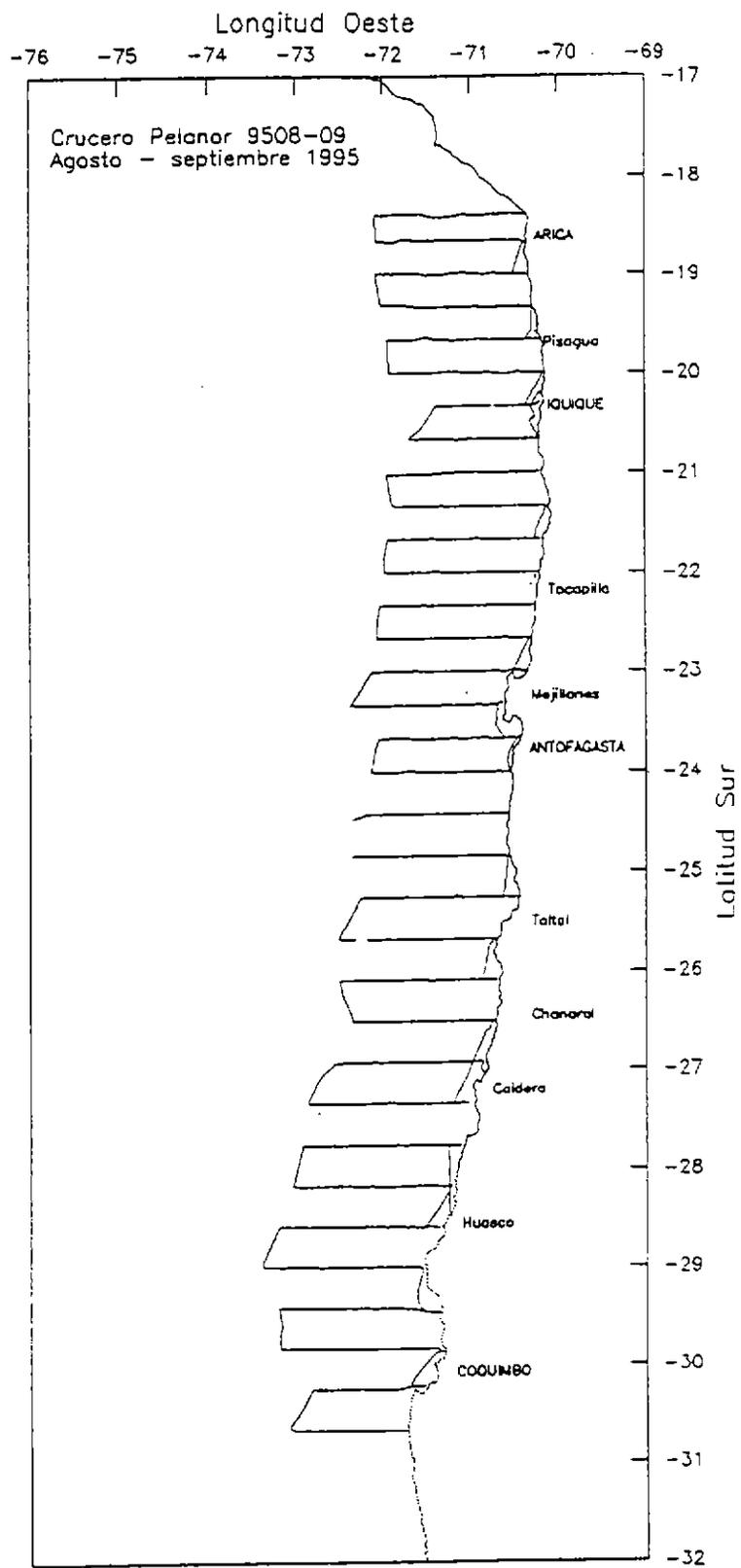


Figura 1. Zona de estudio y red de transectas realizadas. Crucero PELANOR 9508-09.

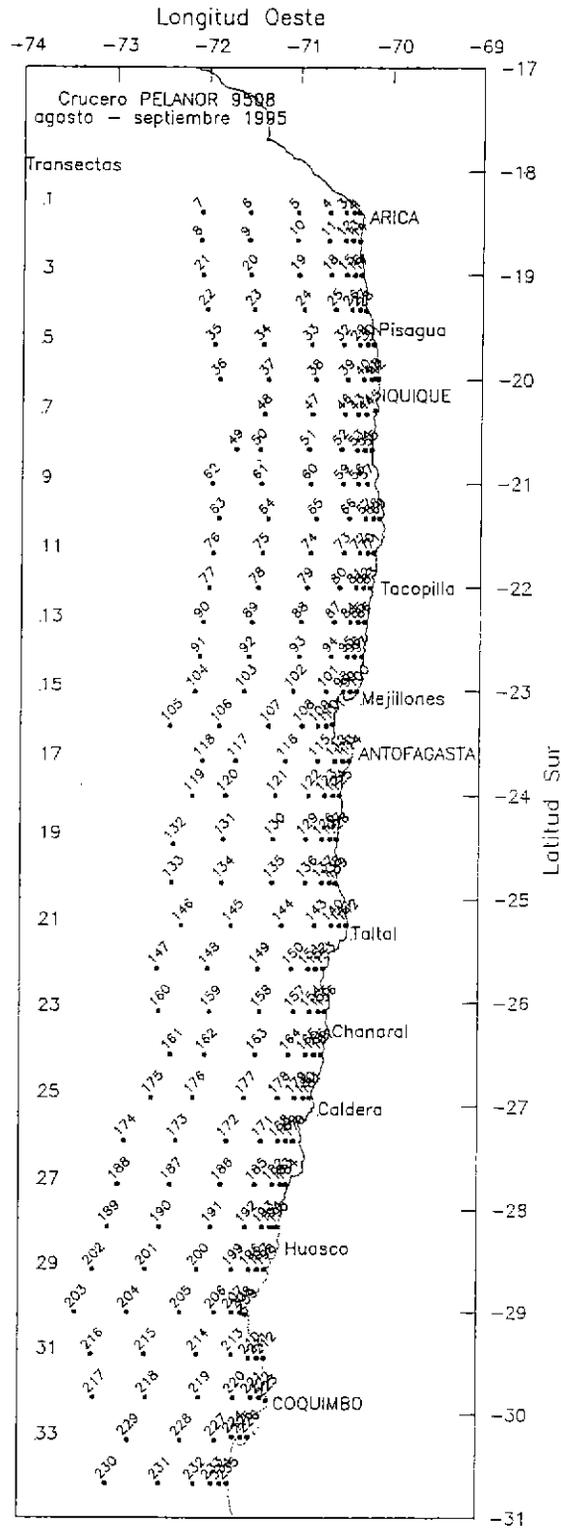


Figura 2. Ubicación de transectas y estaciones bio-oceanográficas. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

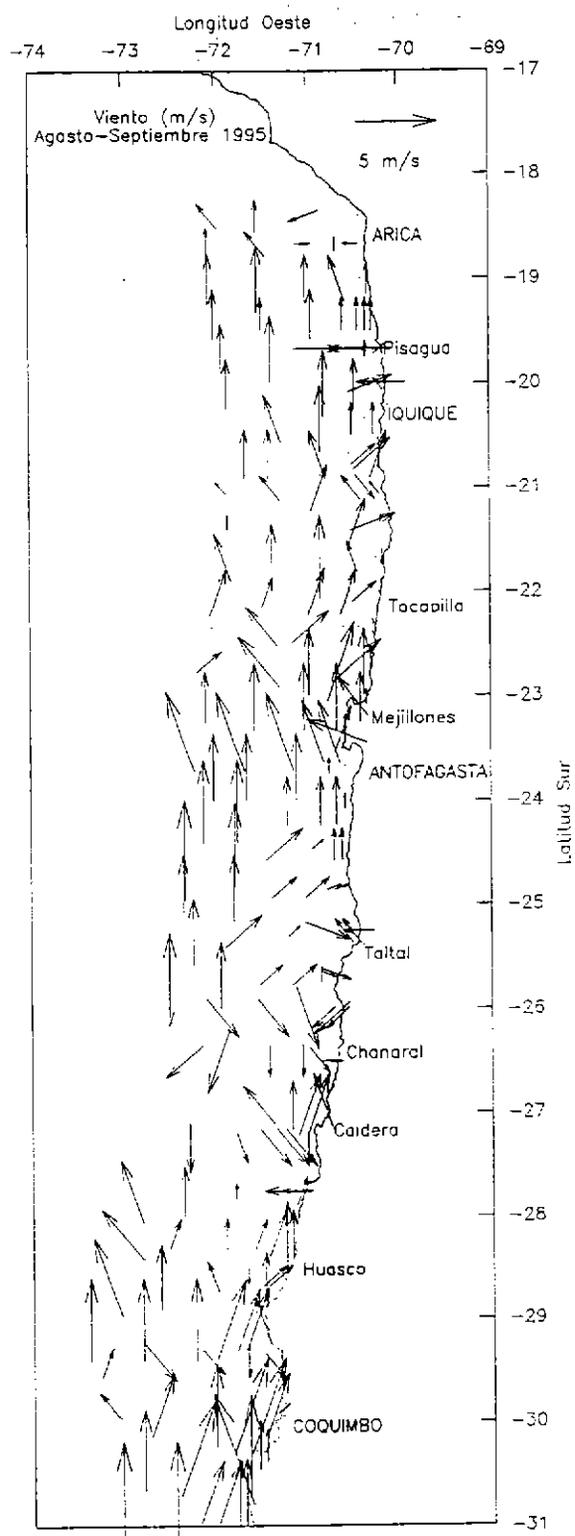


Figura 3. Dirección e intensidad (m/s) del viento registrado en las estaciones oceanográficas. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

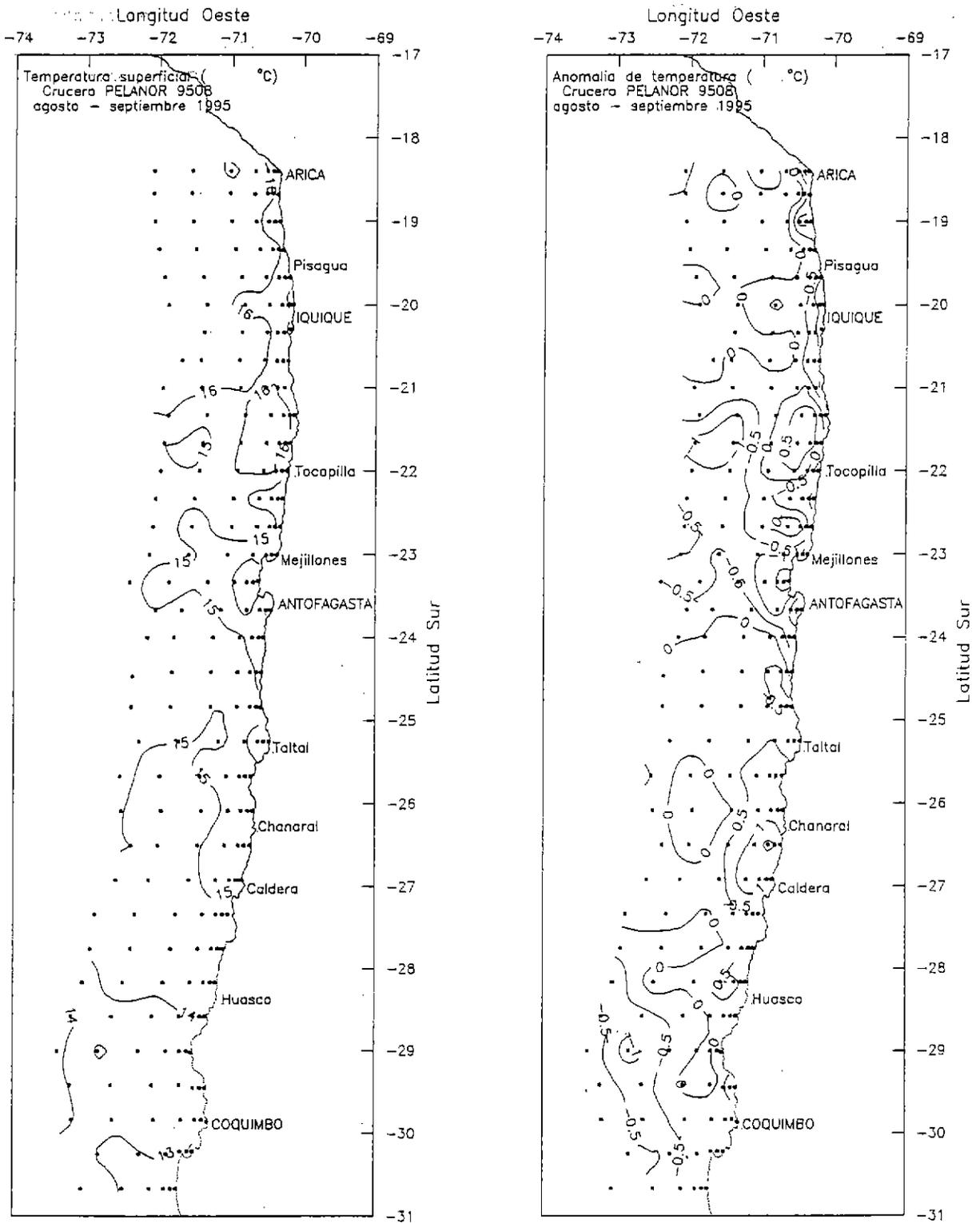


Figura 4. Distribución superficial de a) temperatura (°C) y b) anomalía de la temperatura (°C) respecto a los promedios de largo plazo de Reynolds. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

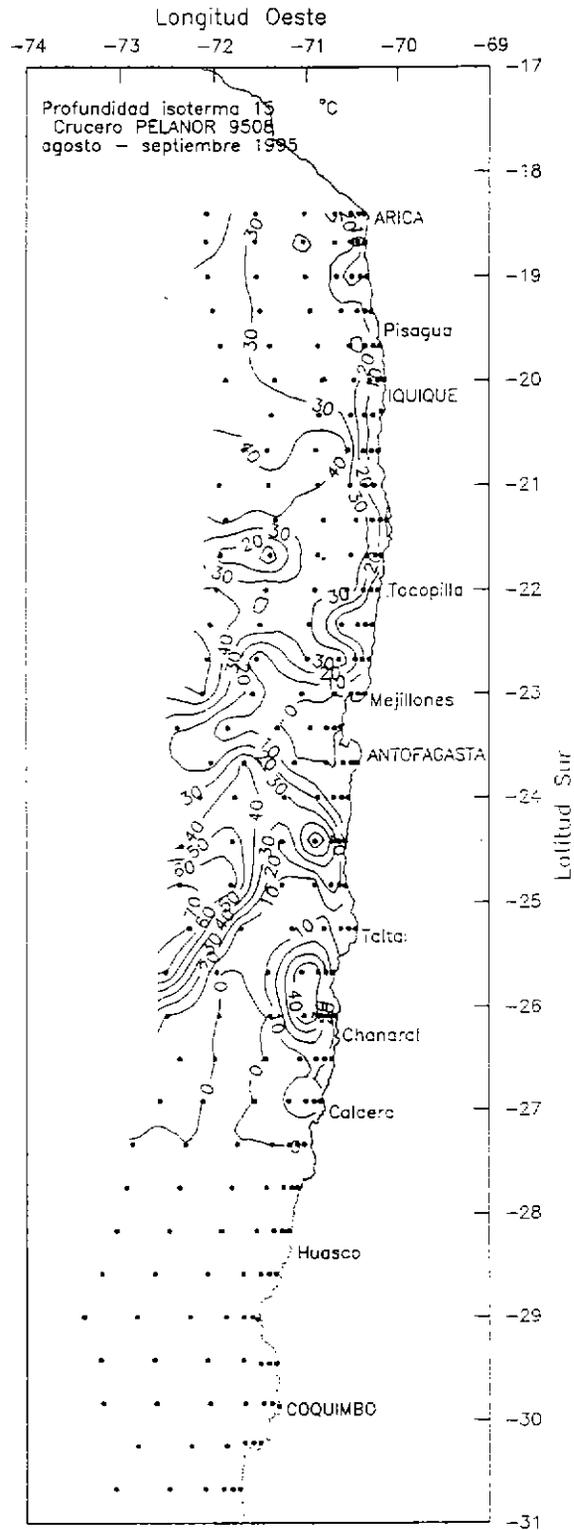


Figura 5. Distribución de profundidad (m) de la isoterma de 15°C. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

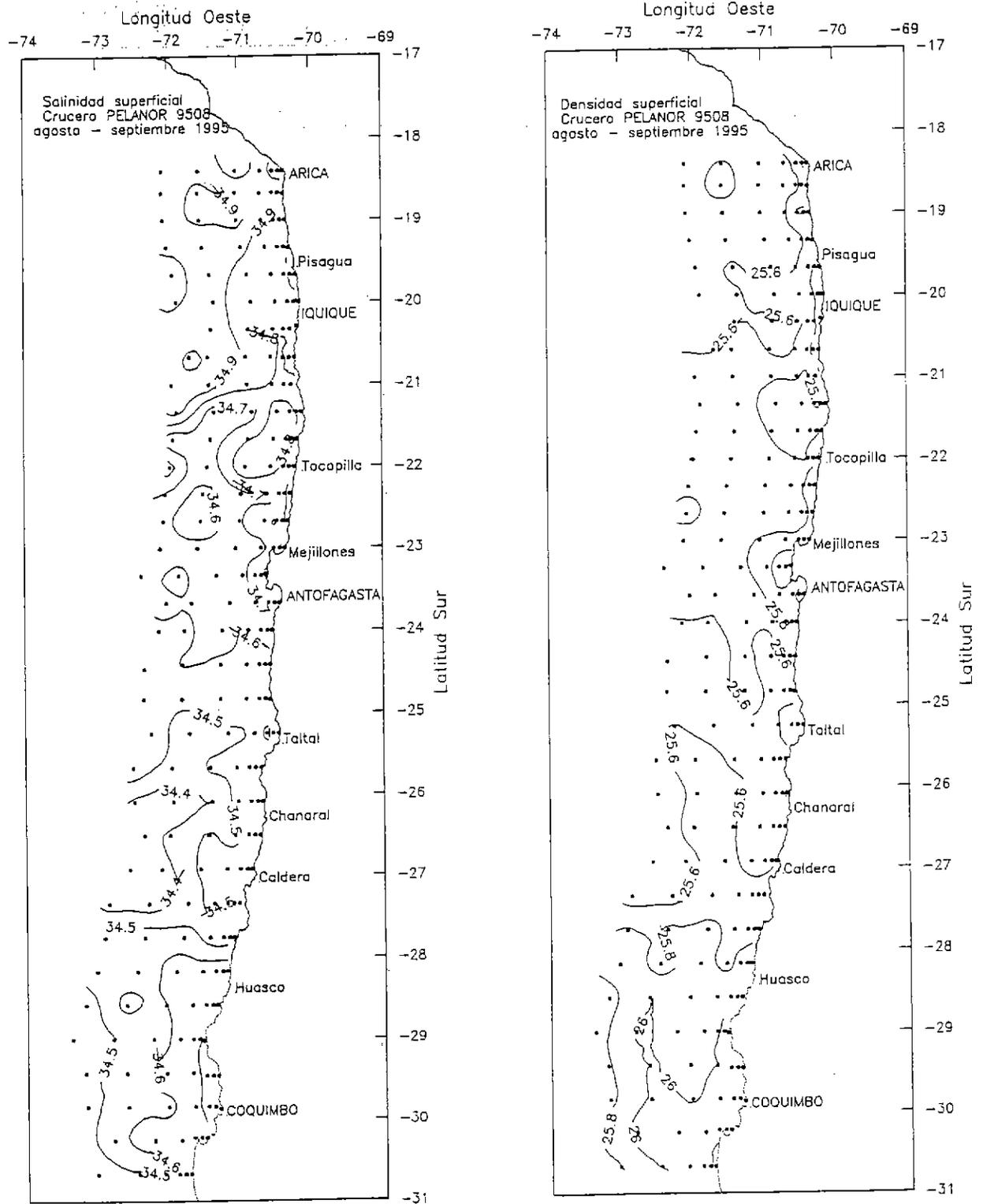


Figura 6. Distribución superficial de salinidad y densidad ($\sigma\text{-t}$). Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

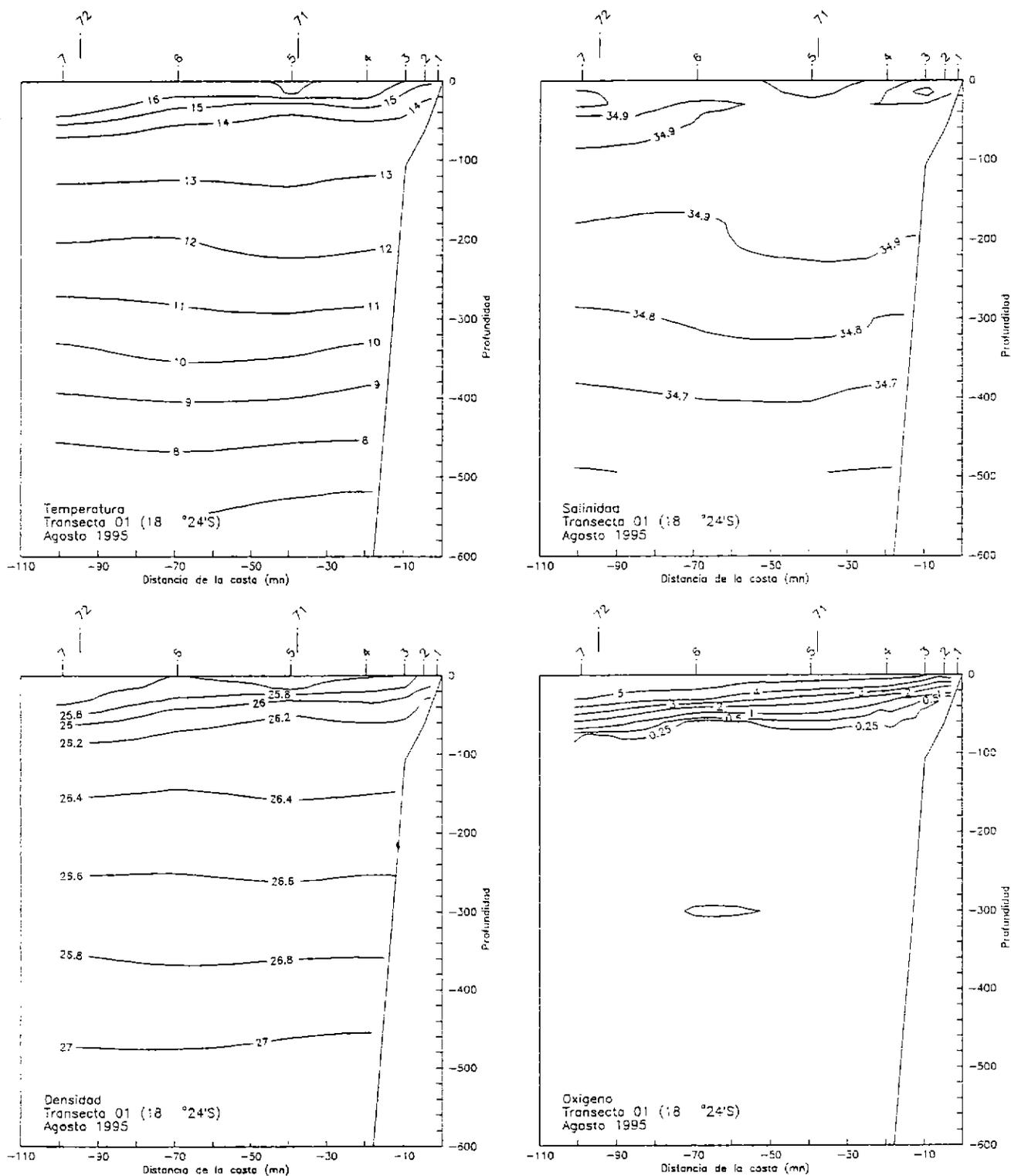


Figura 7. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 1. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

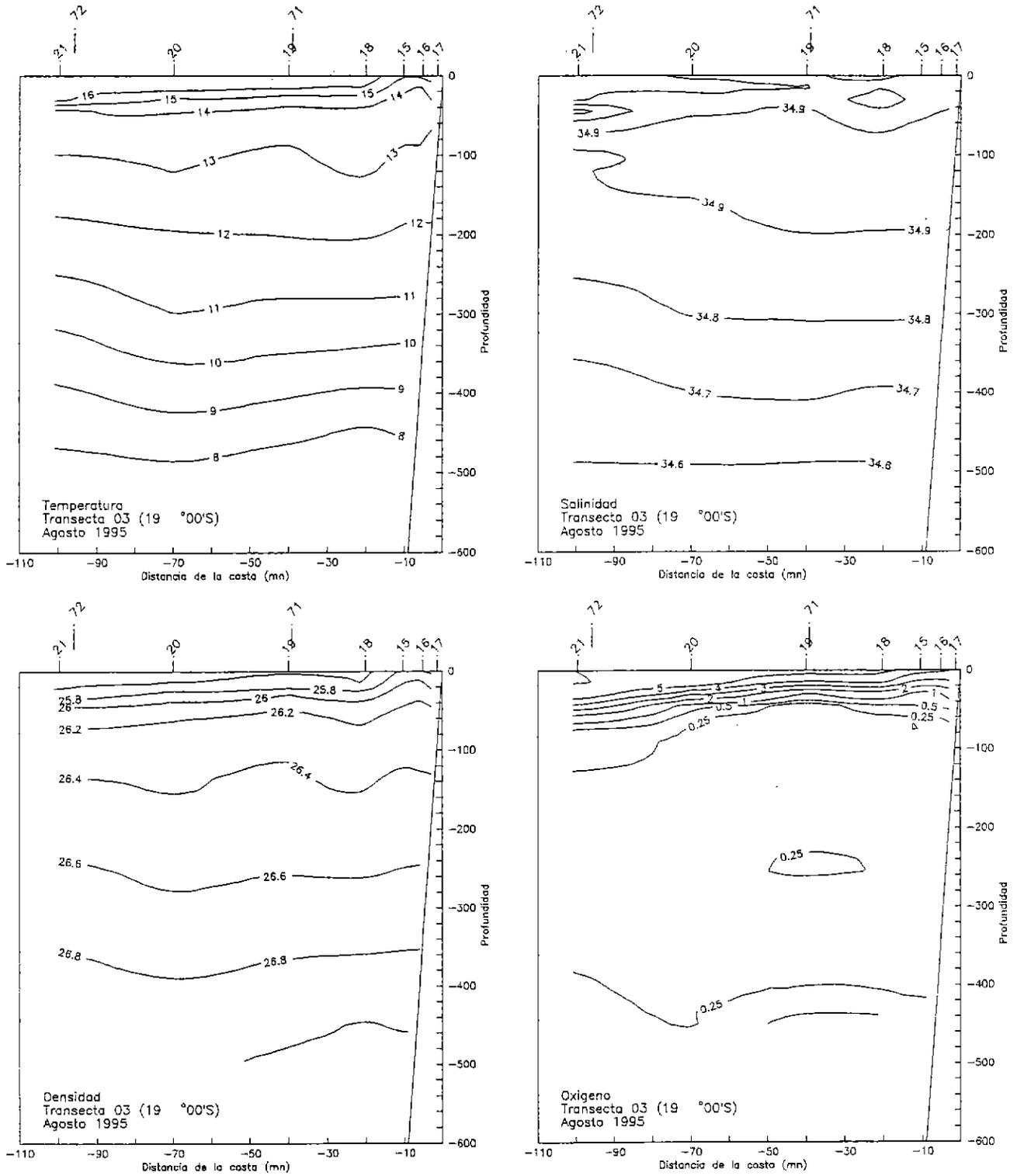


Figura 8. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 3. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

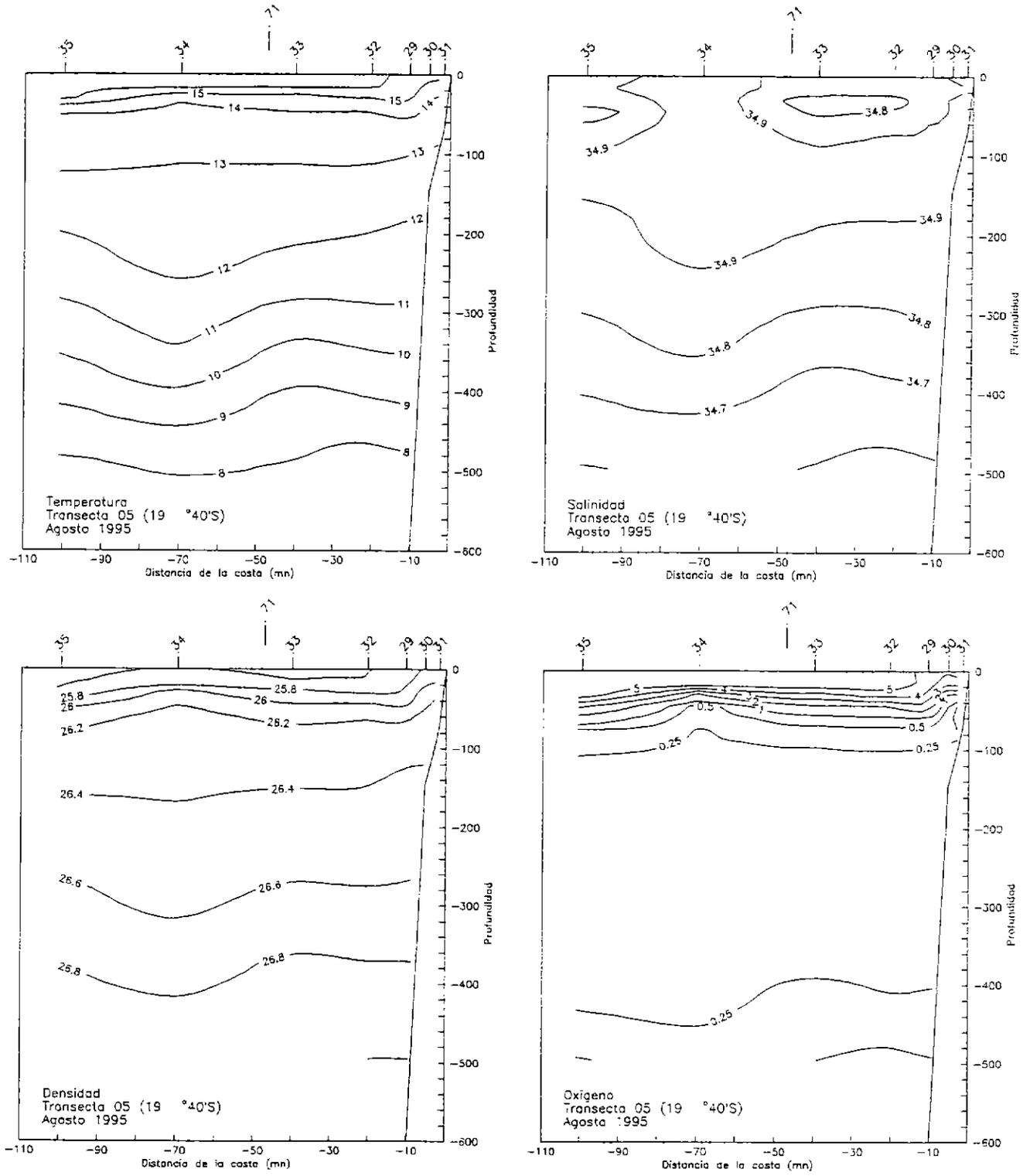


Figura 9. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 5. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

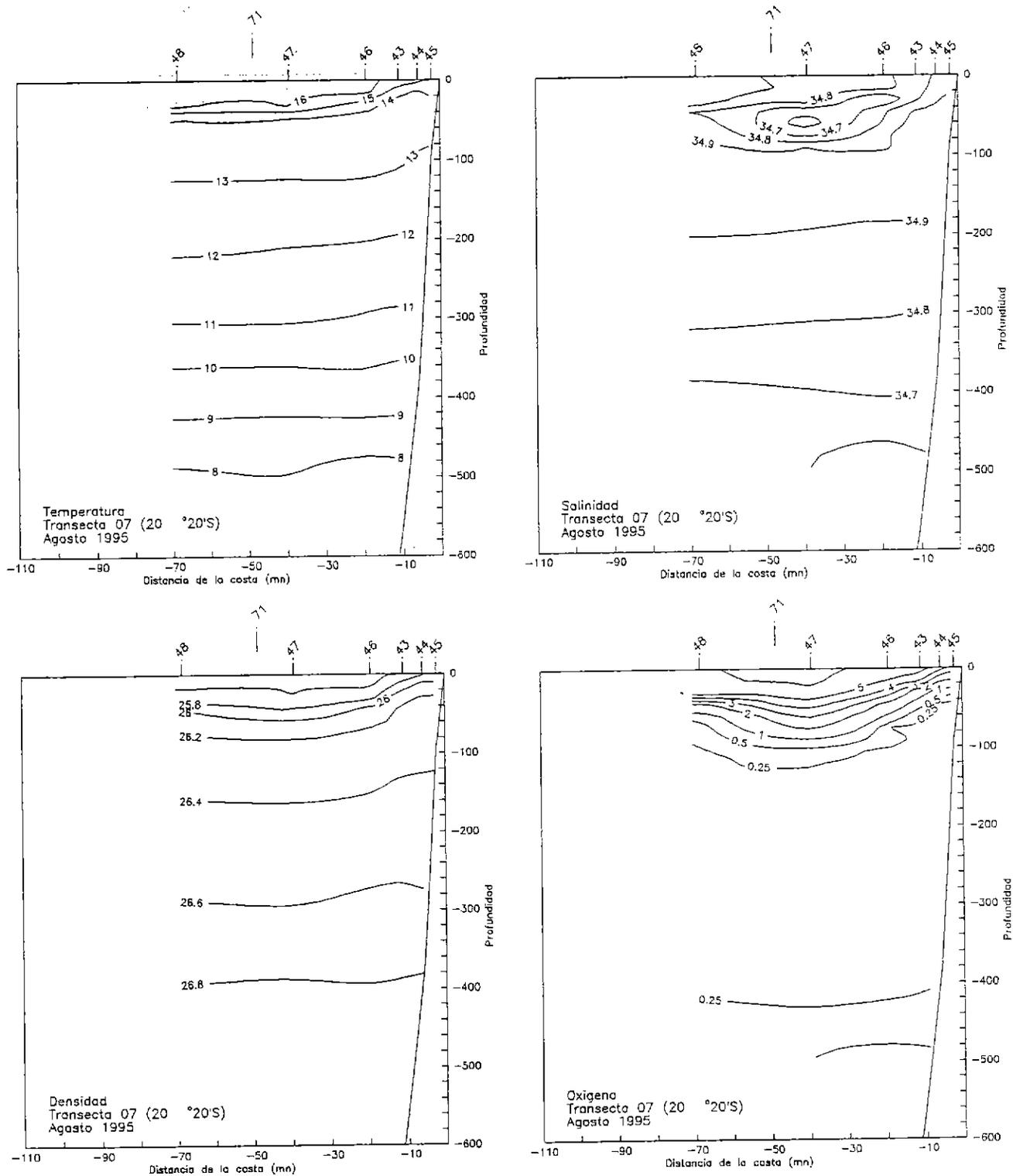


Figura 10. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 7. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

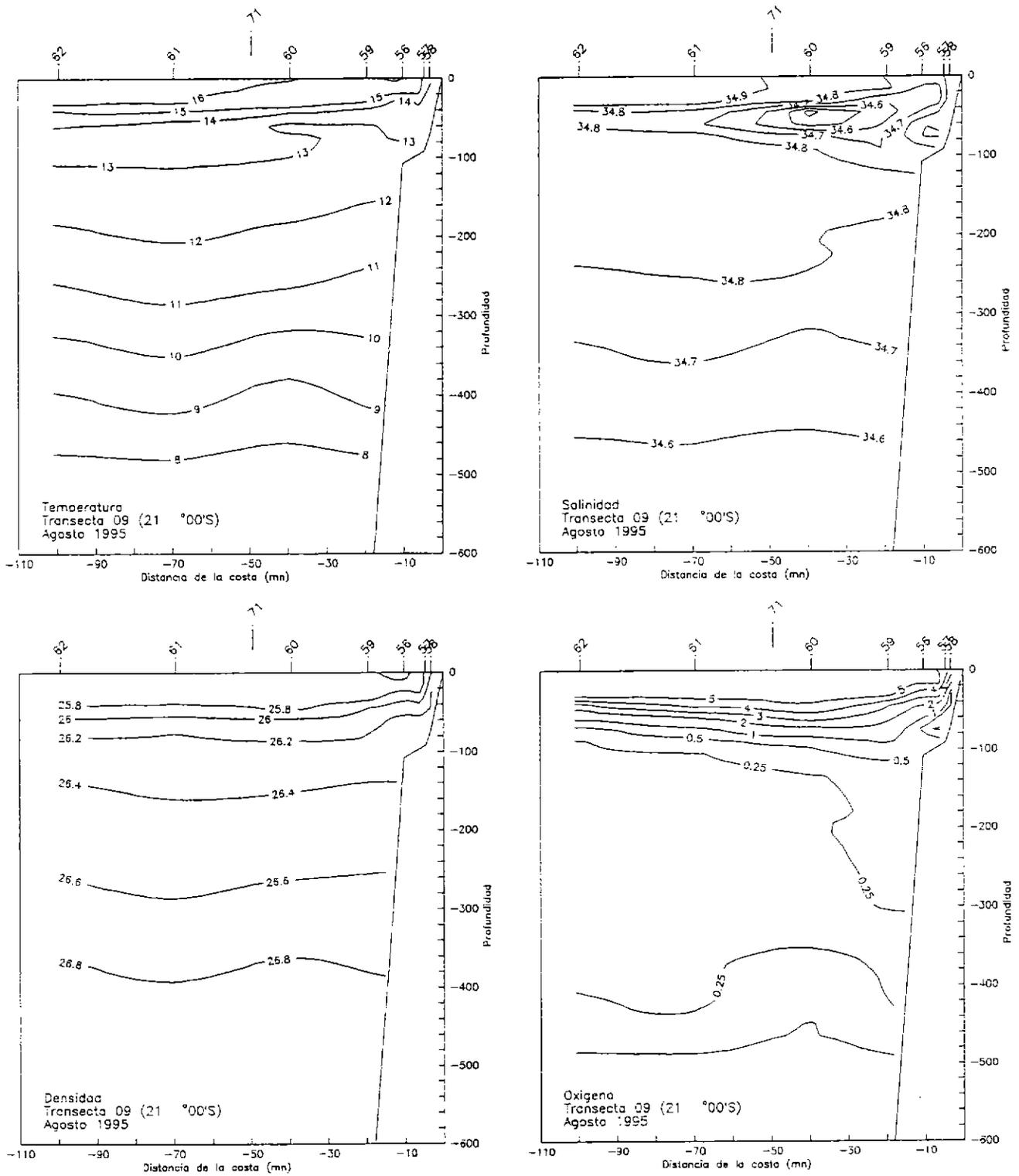


Figura 11. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 9. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

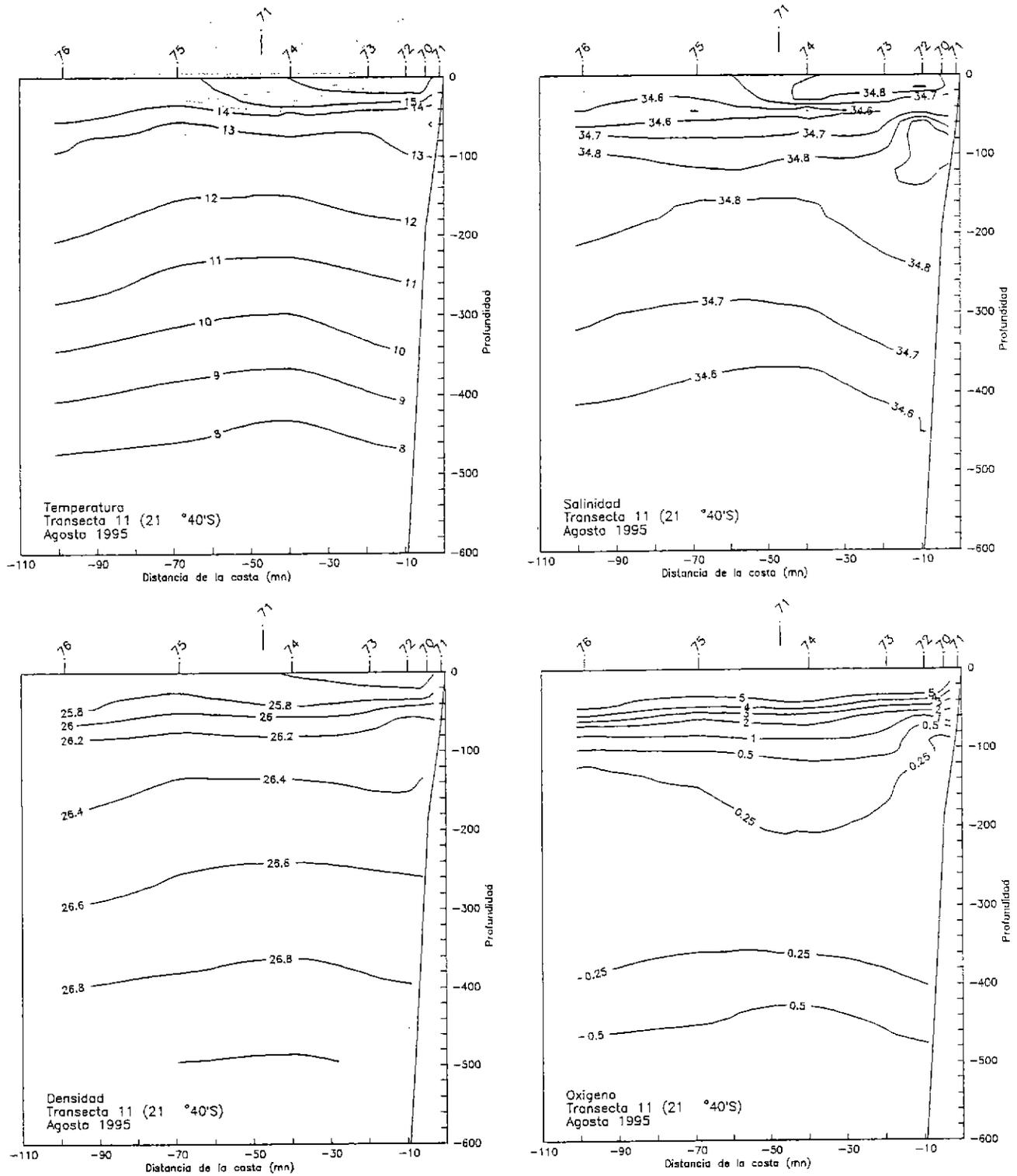


Figura 12. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 11. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

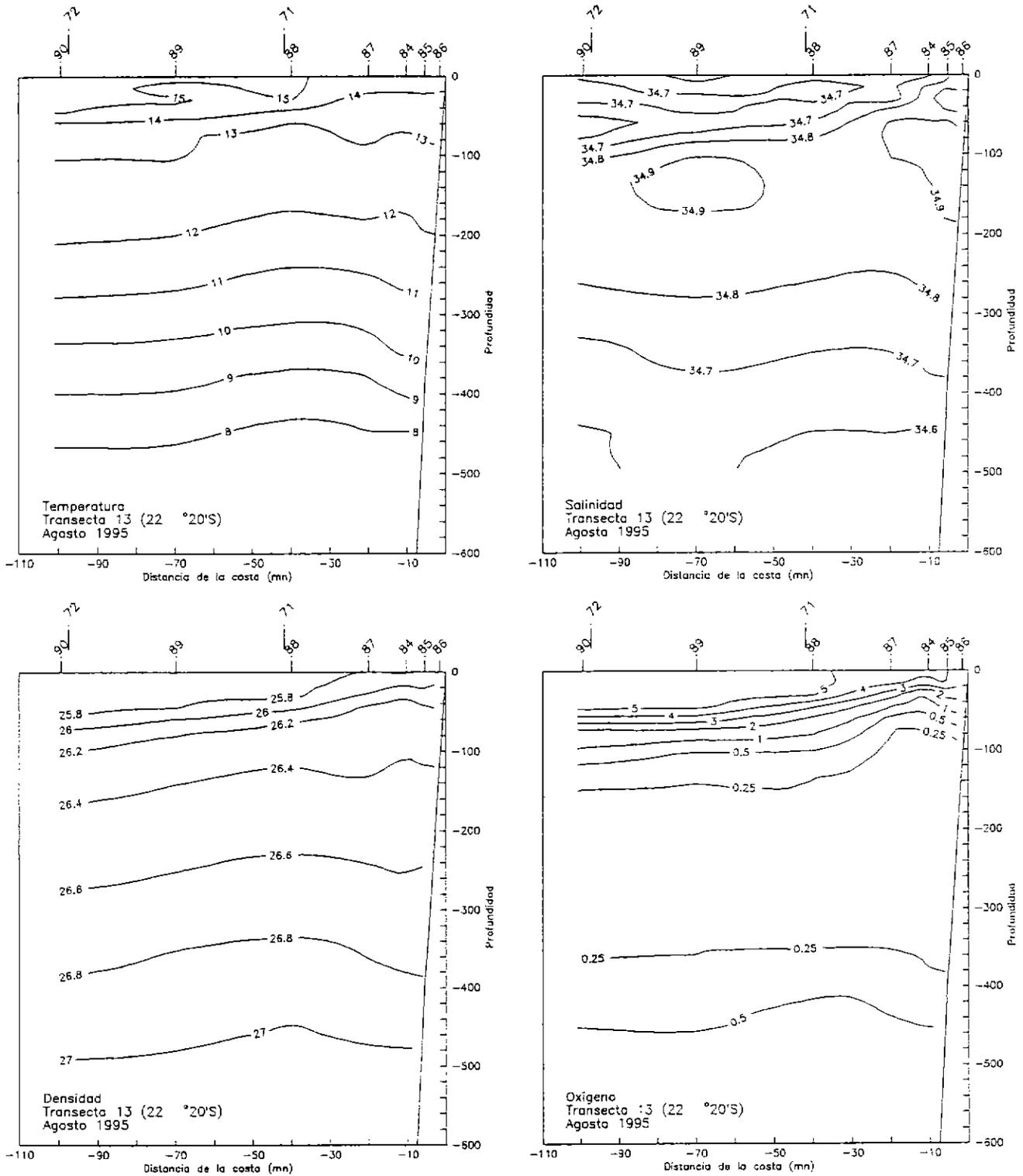


Figura 13. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 13. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

**COPIA
INFORMATIVA**

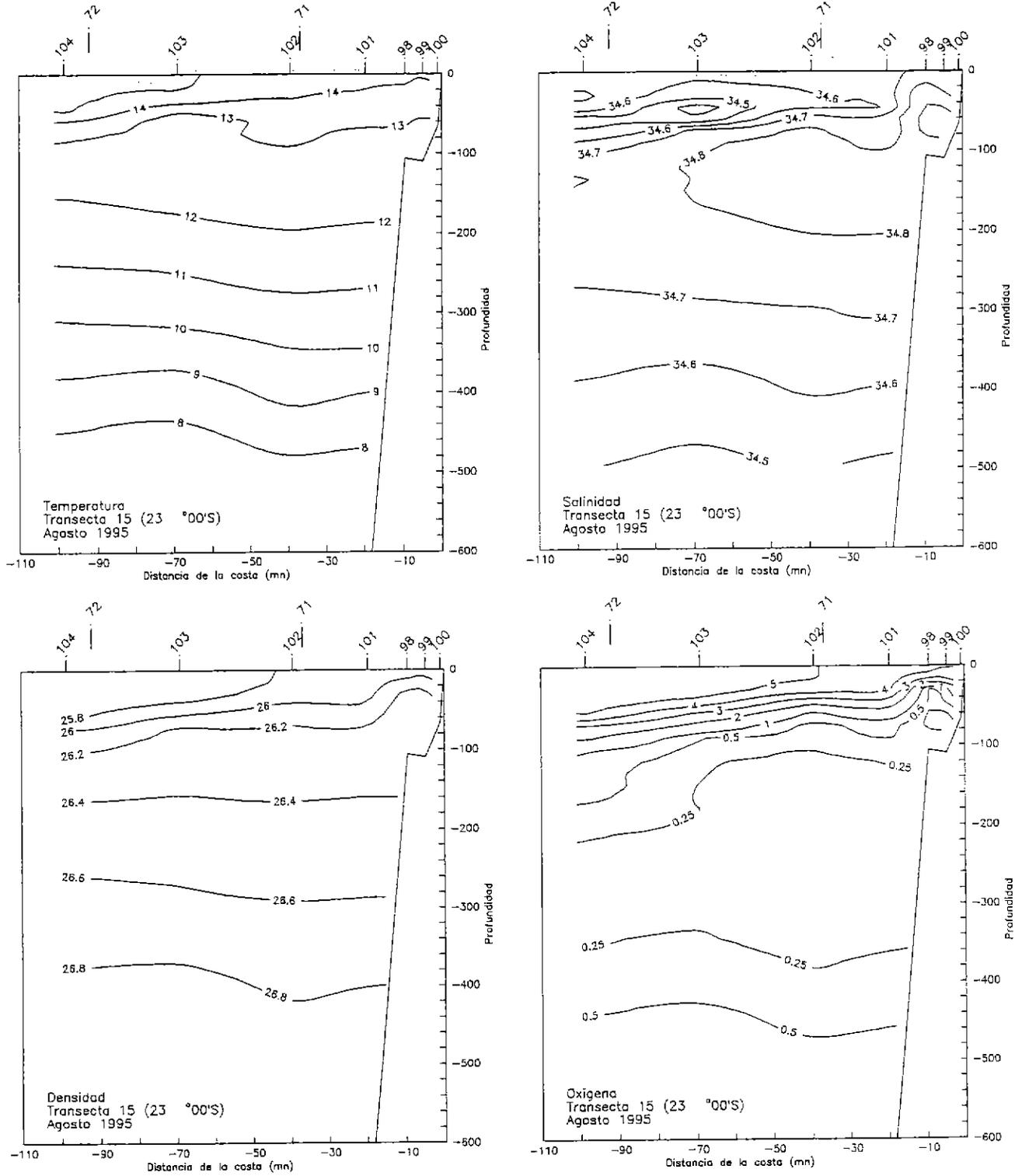


Figura 14. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 15. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

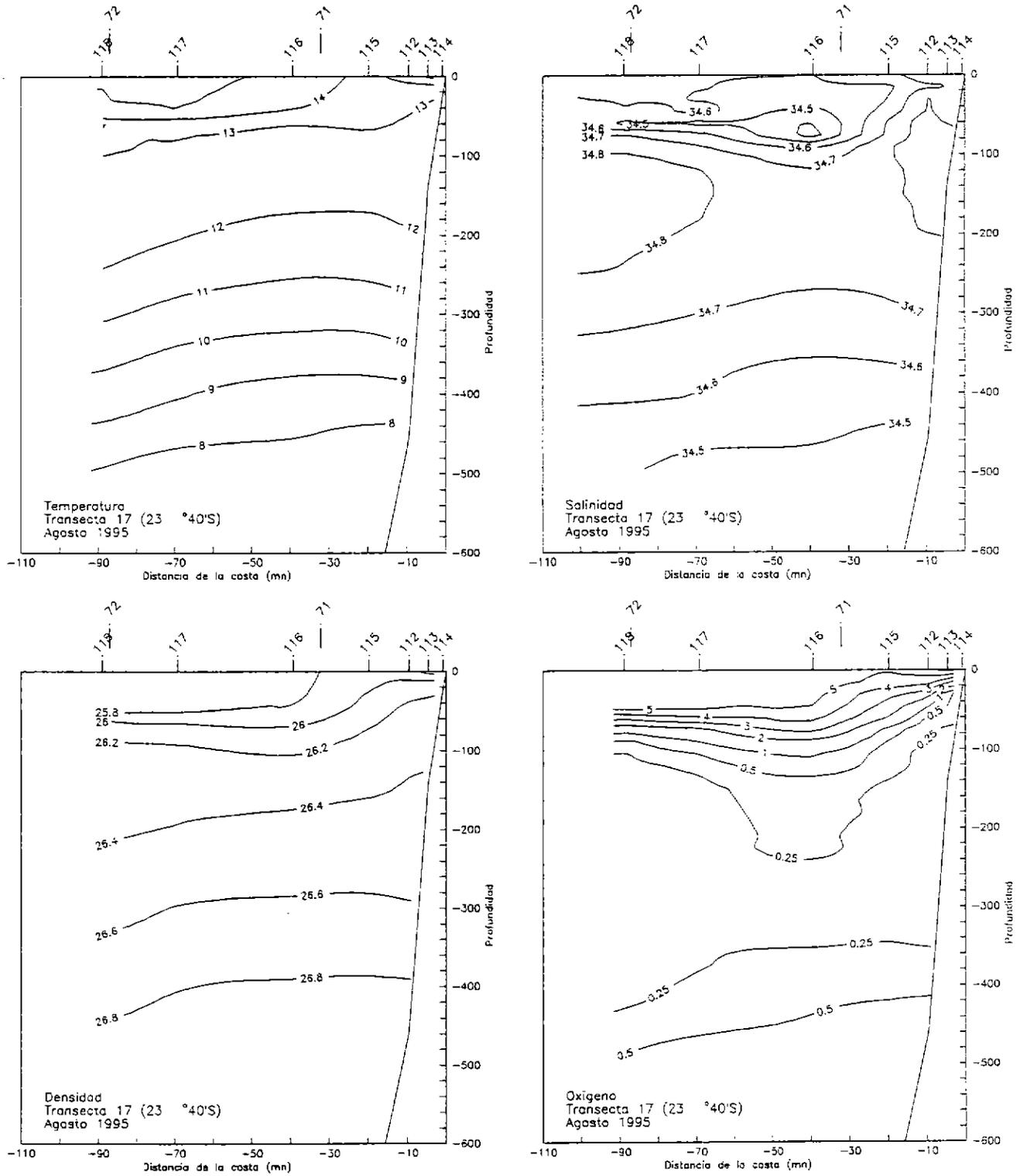


Figura 15. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 17. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

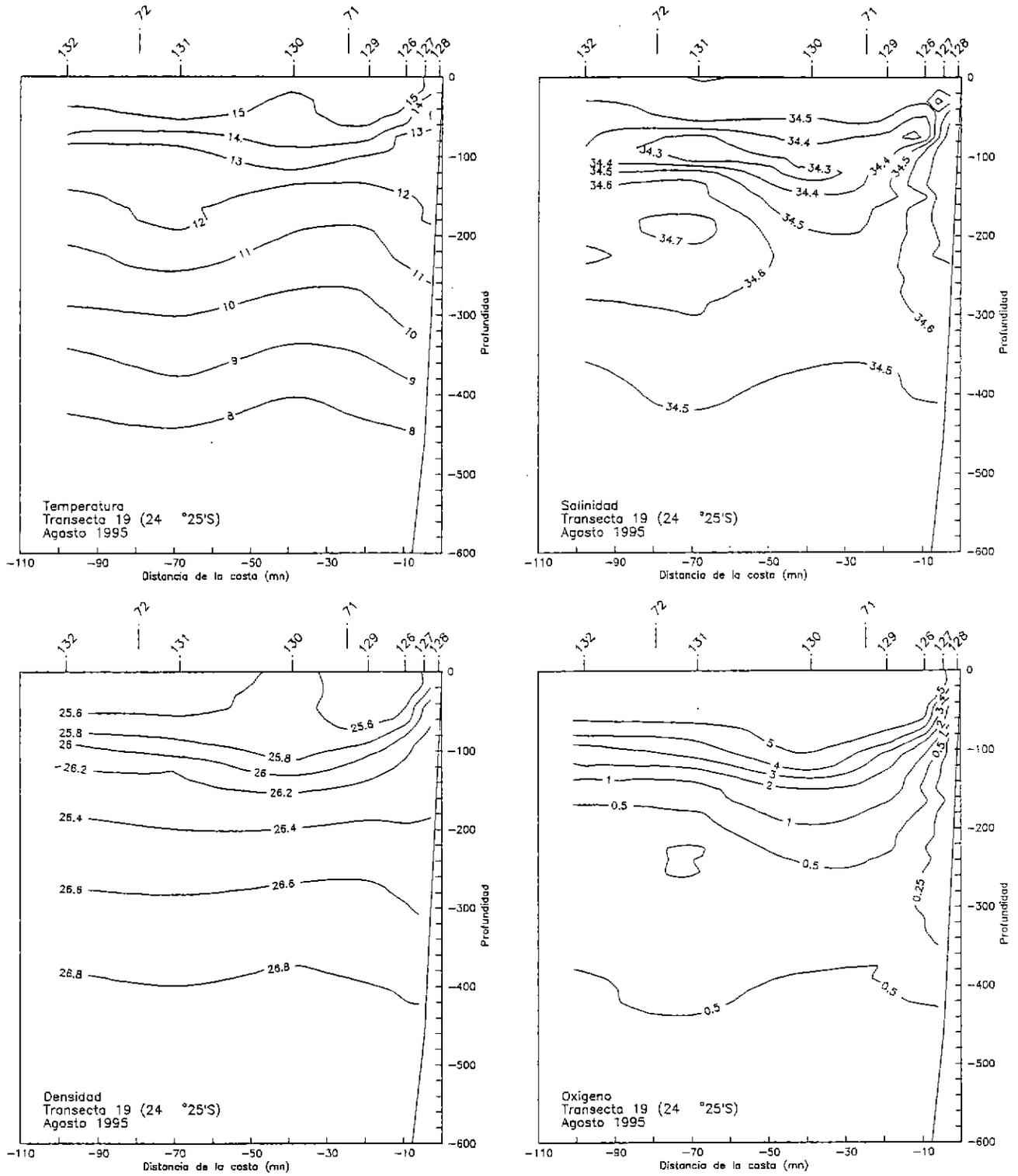


Figura 16. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 19. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

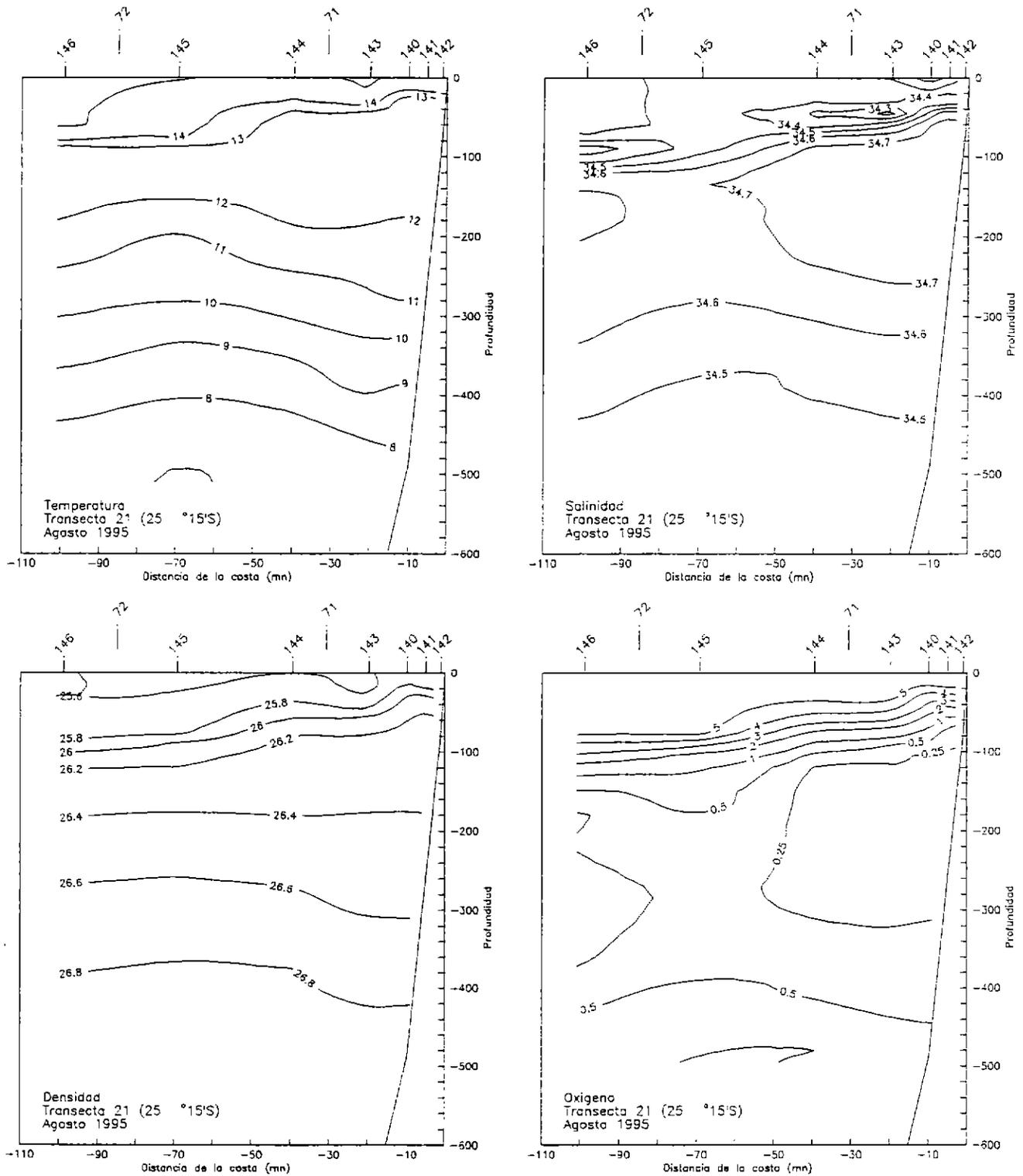


Figura 17. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 21. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

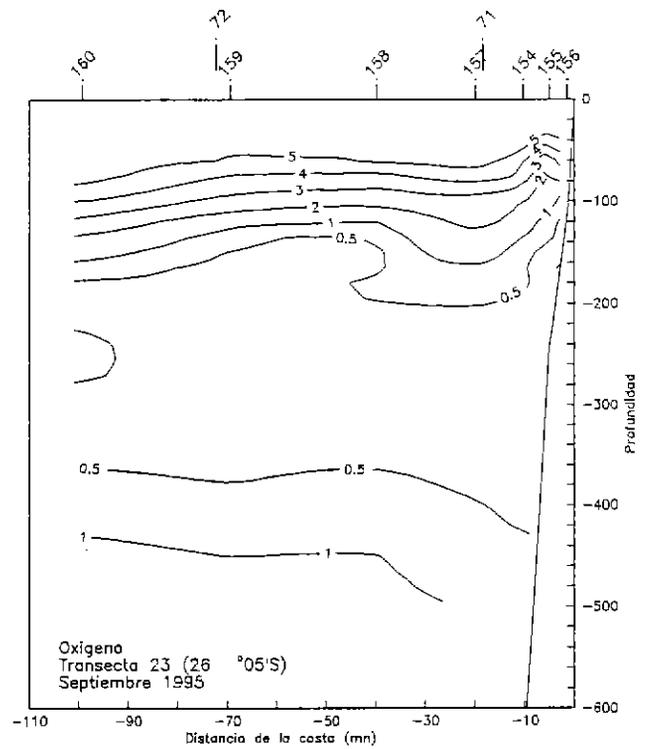
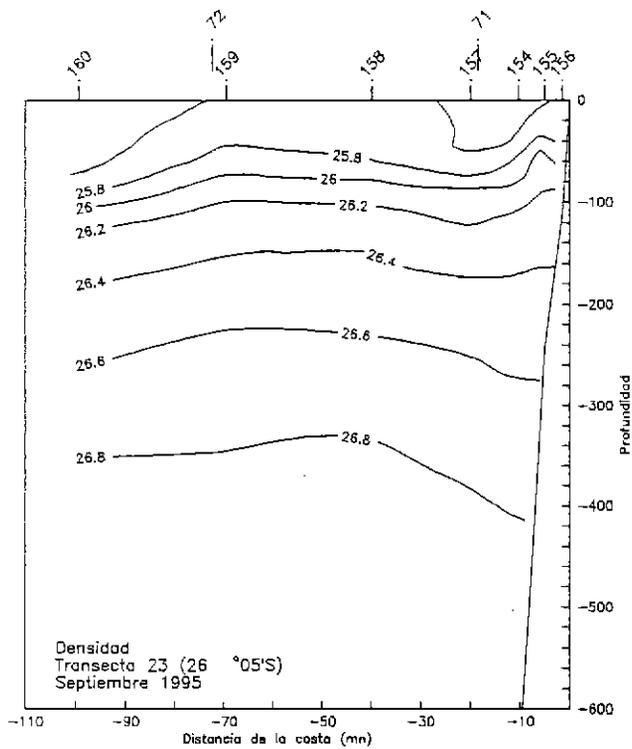
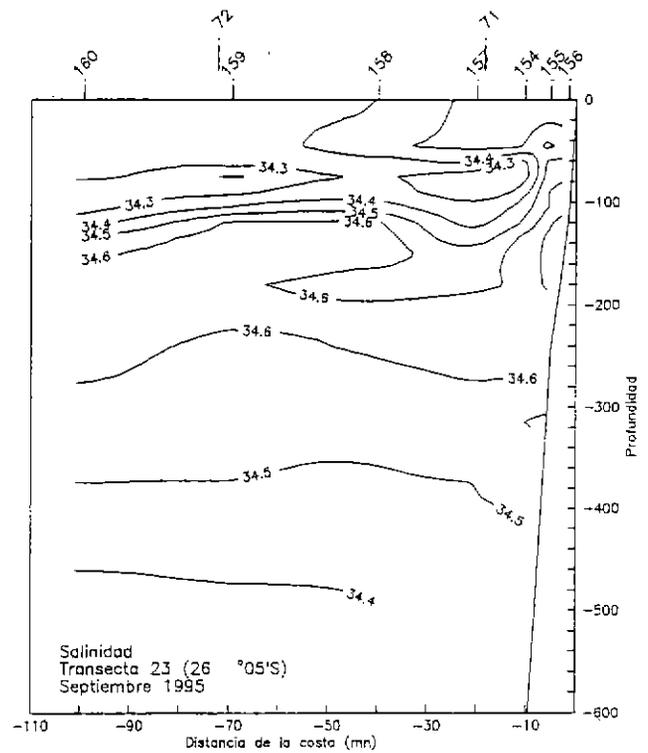
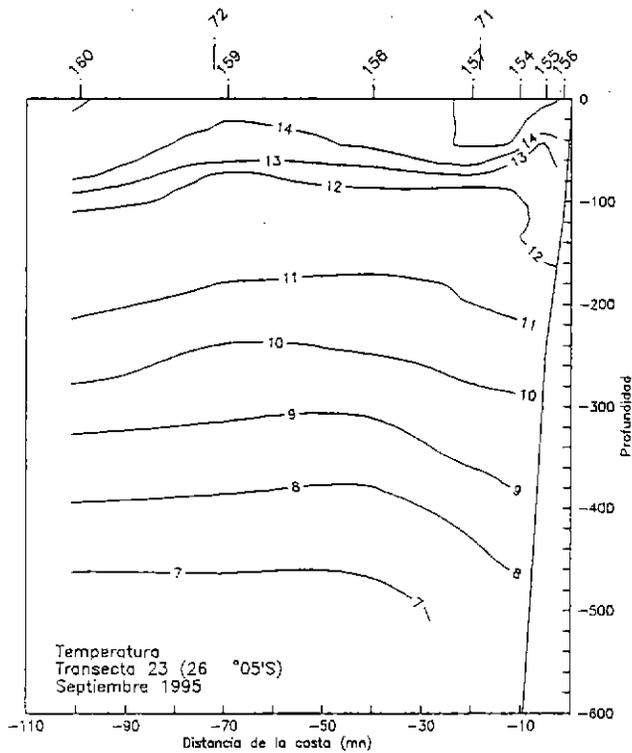


Figura 18. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 23. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

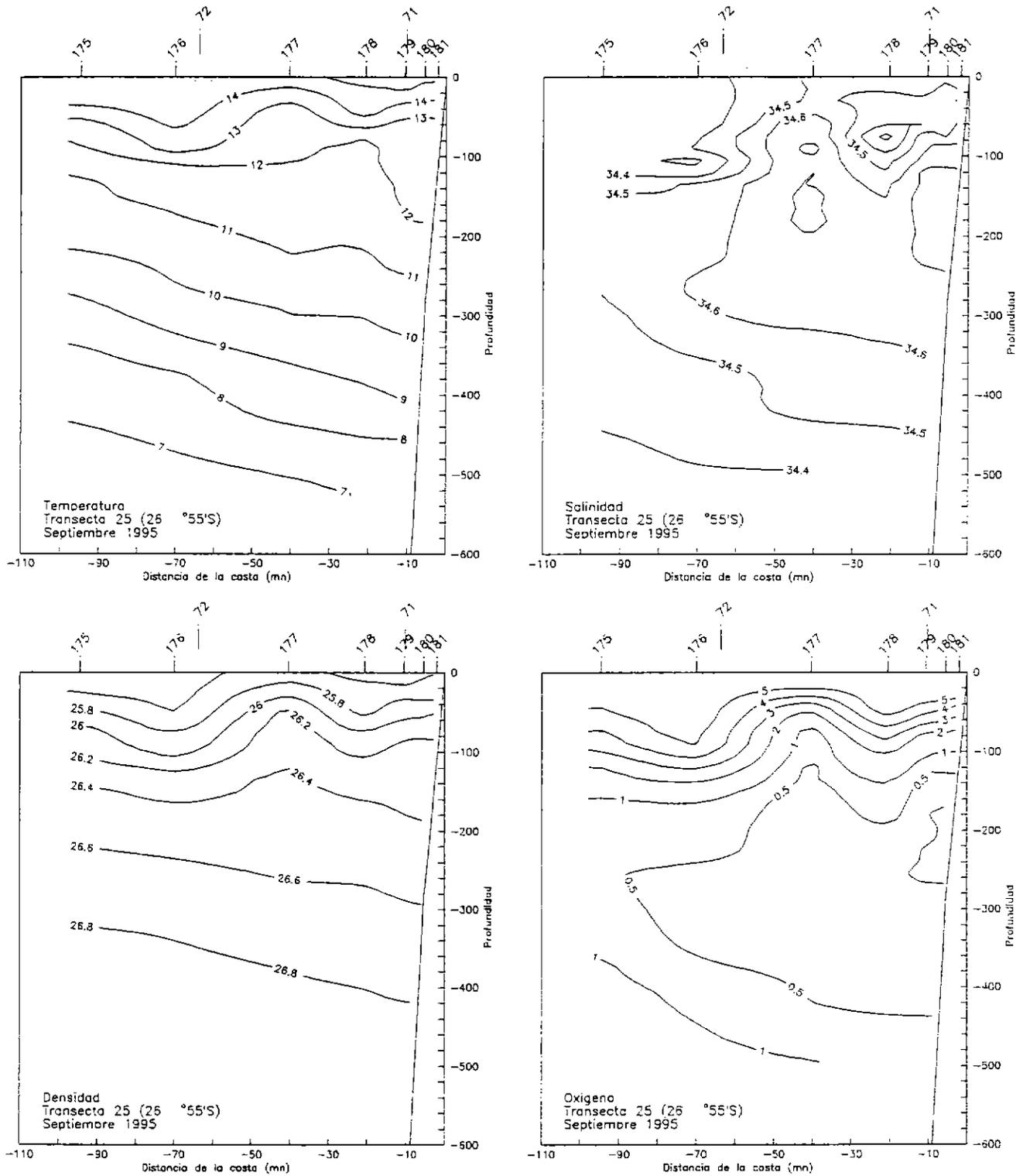


Figura 19. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 25. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

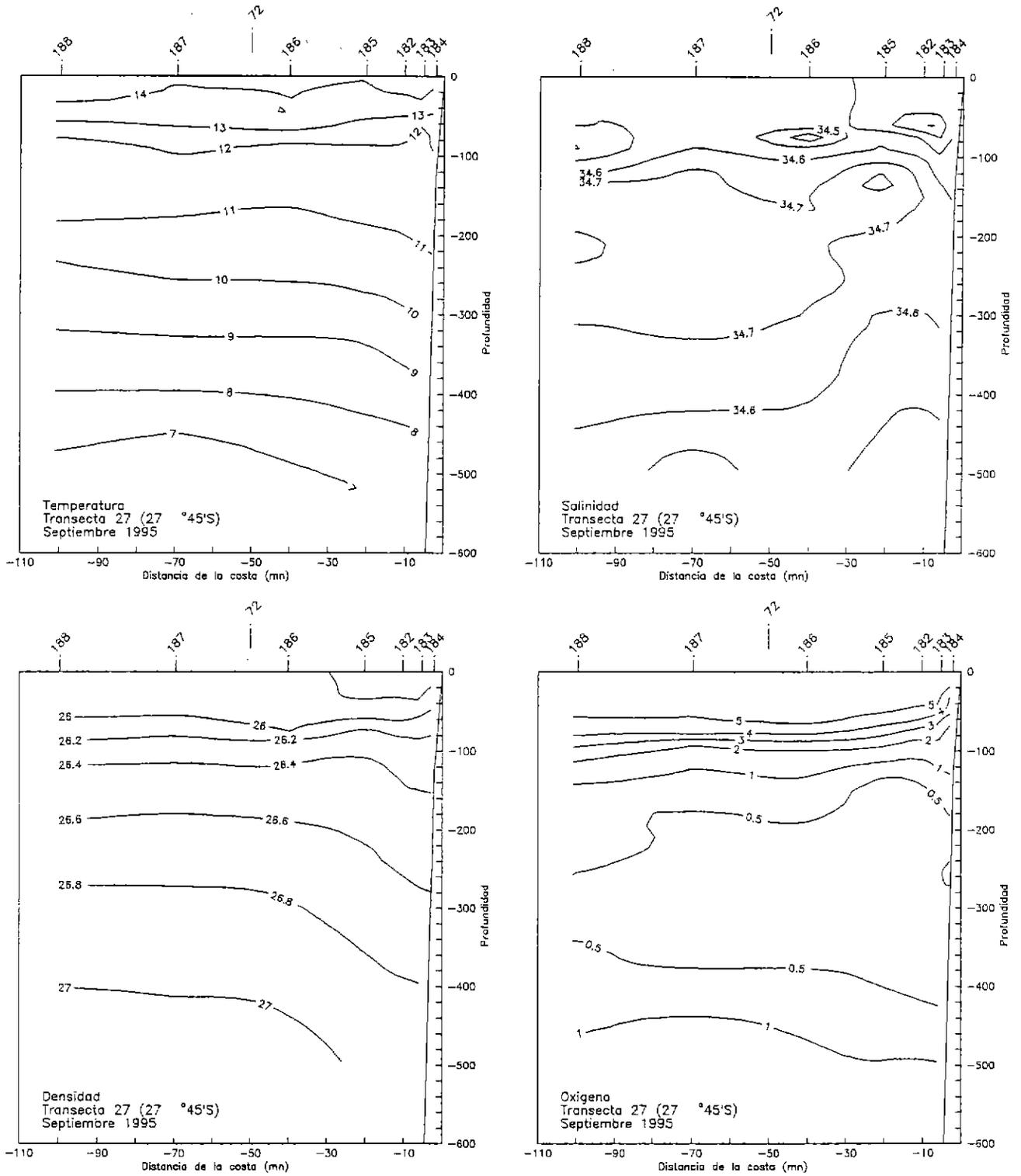


Figura 20. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 27. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

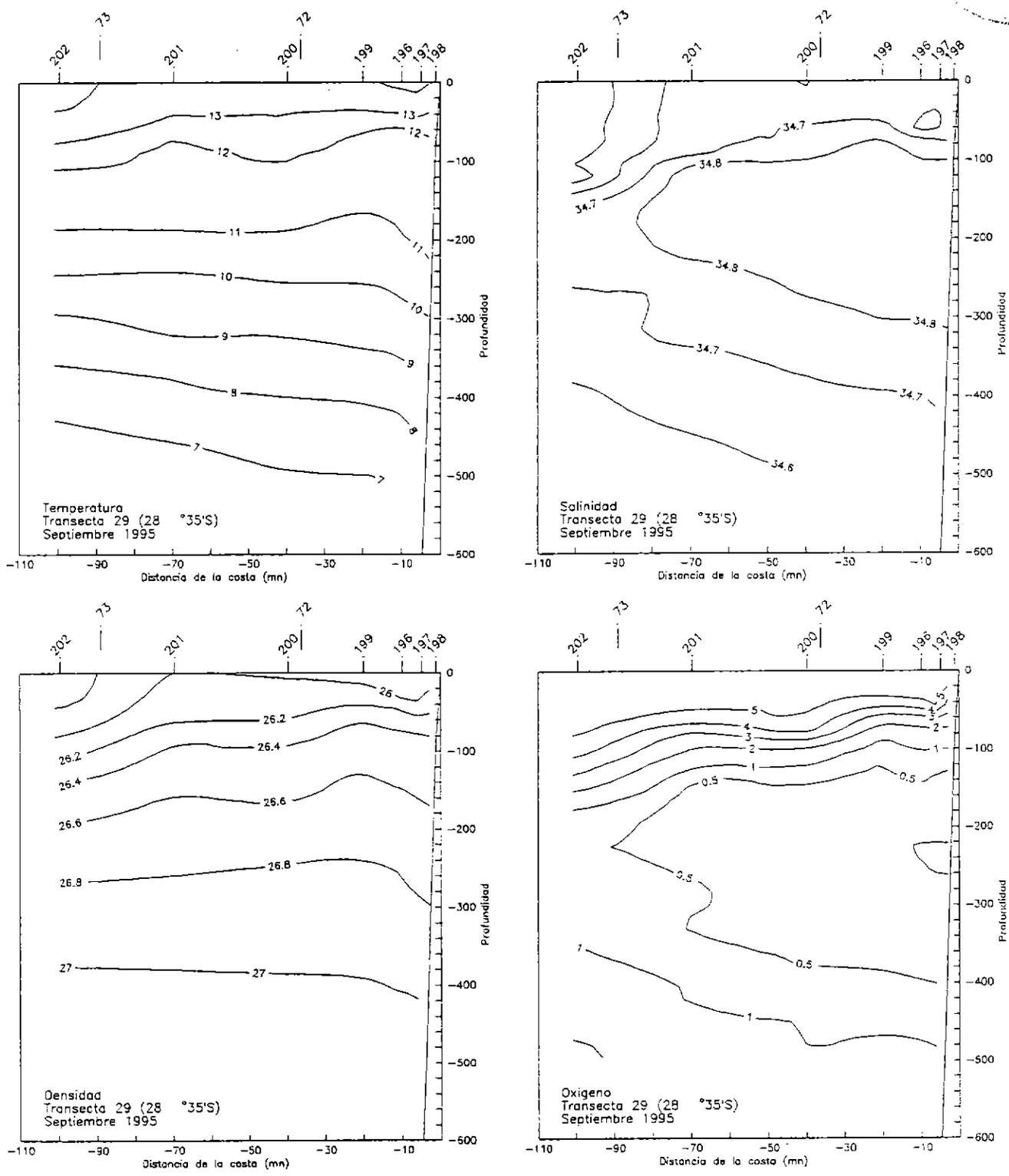
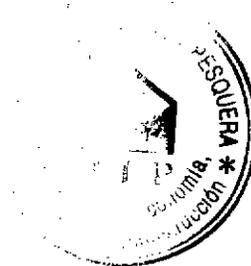


Figura 21. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 29. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

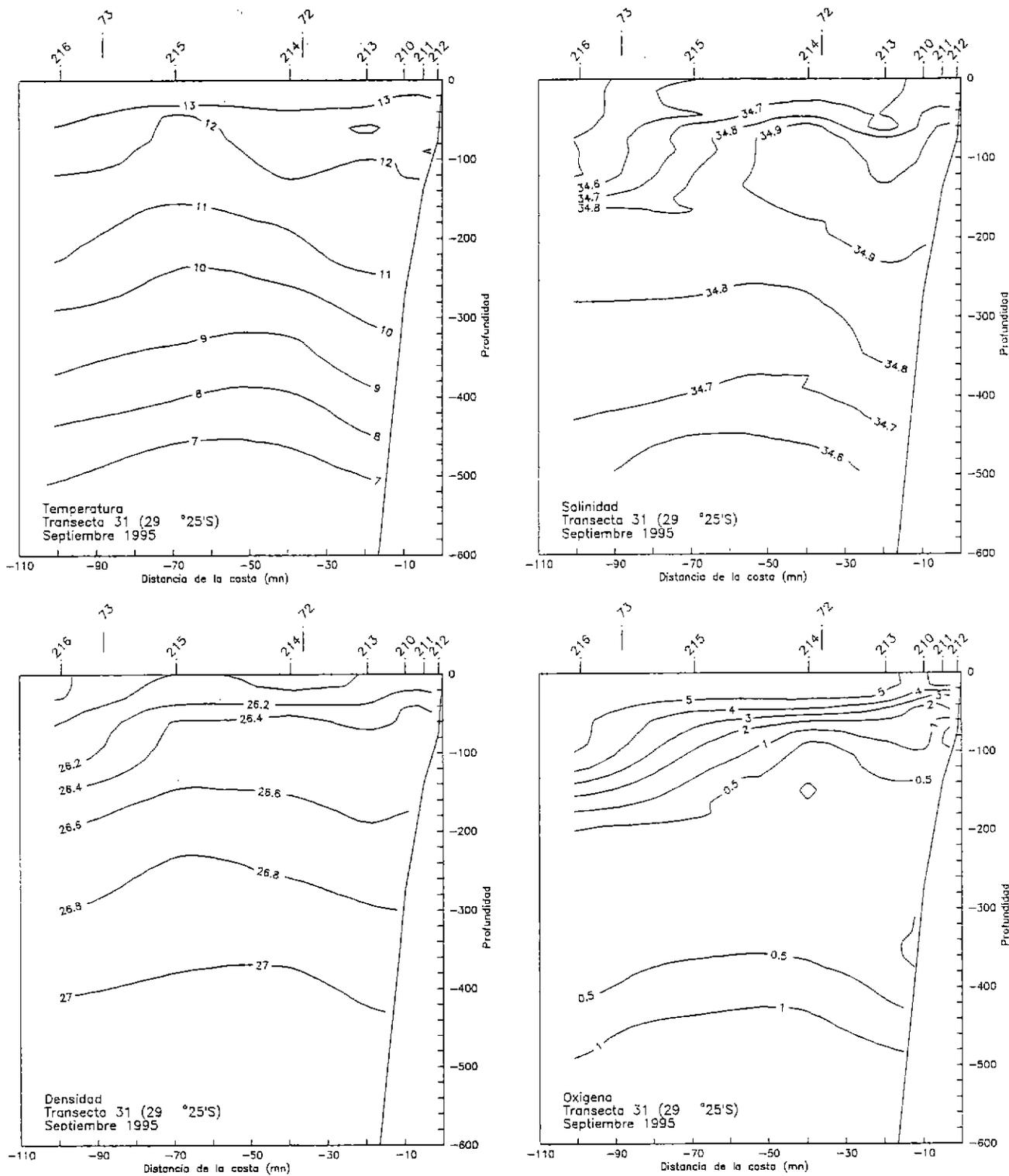


Figura 22. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 31. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

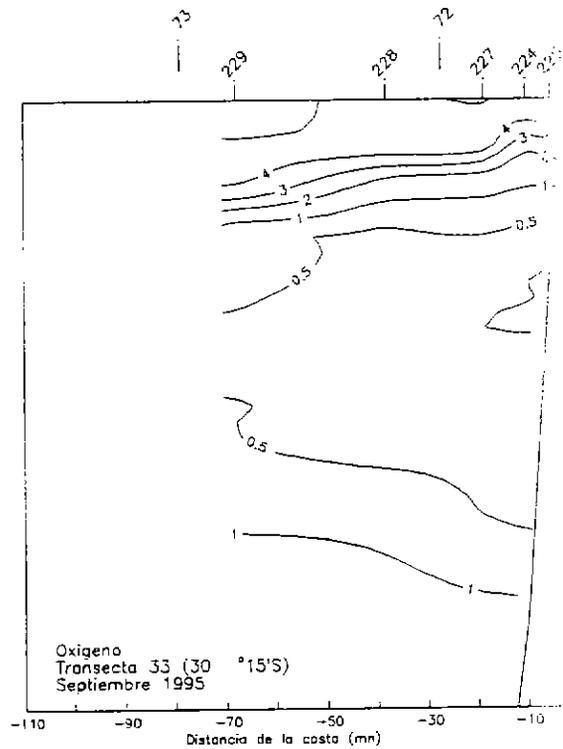
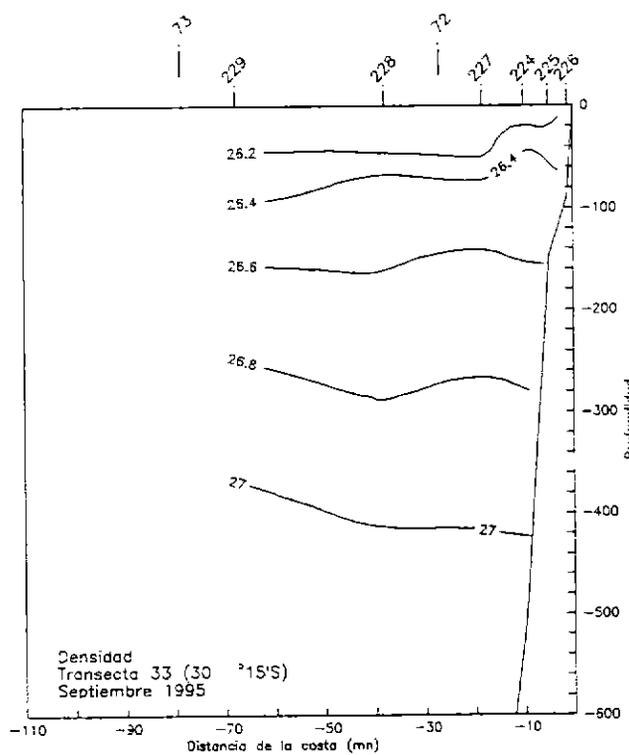
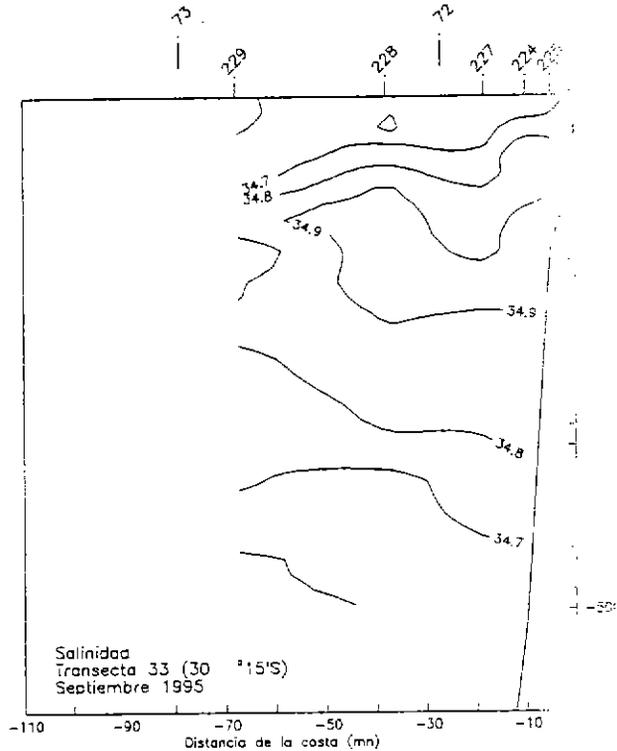
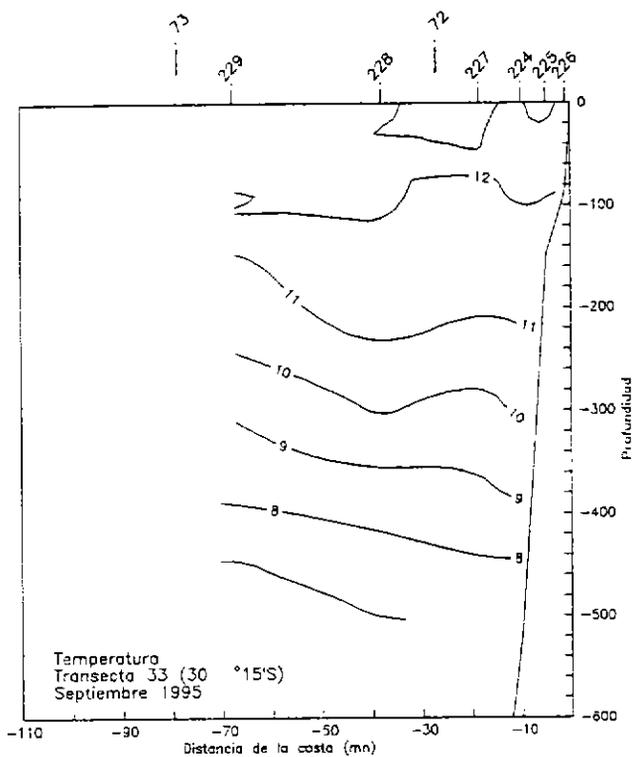


Figura 23. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, c) densidad y d) concentración de oxígeno disuelto, en la transecta 33. Agosto-Septiembre 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

COPIA
INFORMATIVA

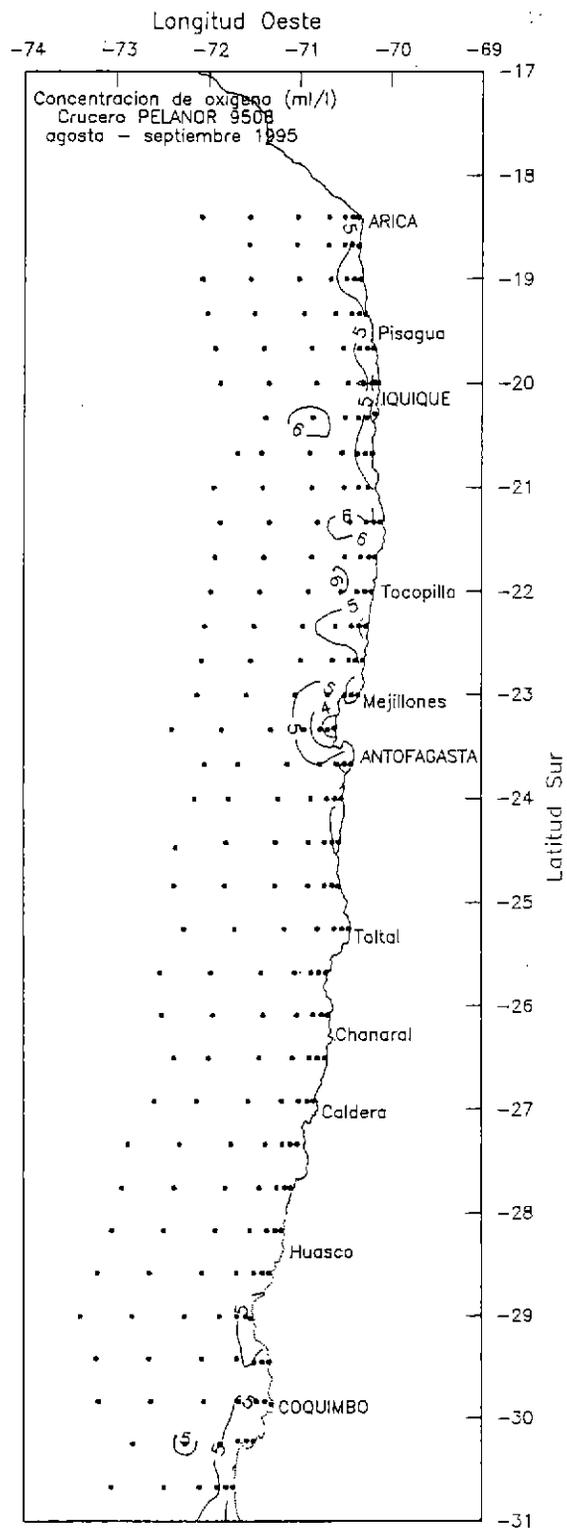


Figura 24. Distribución superficial de la concentración de oxígeno disuelto (ml/l). Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

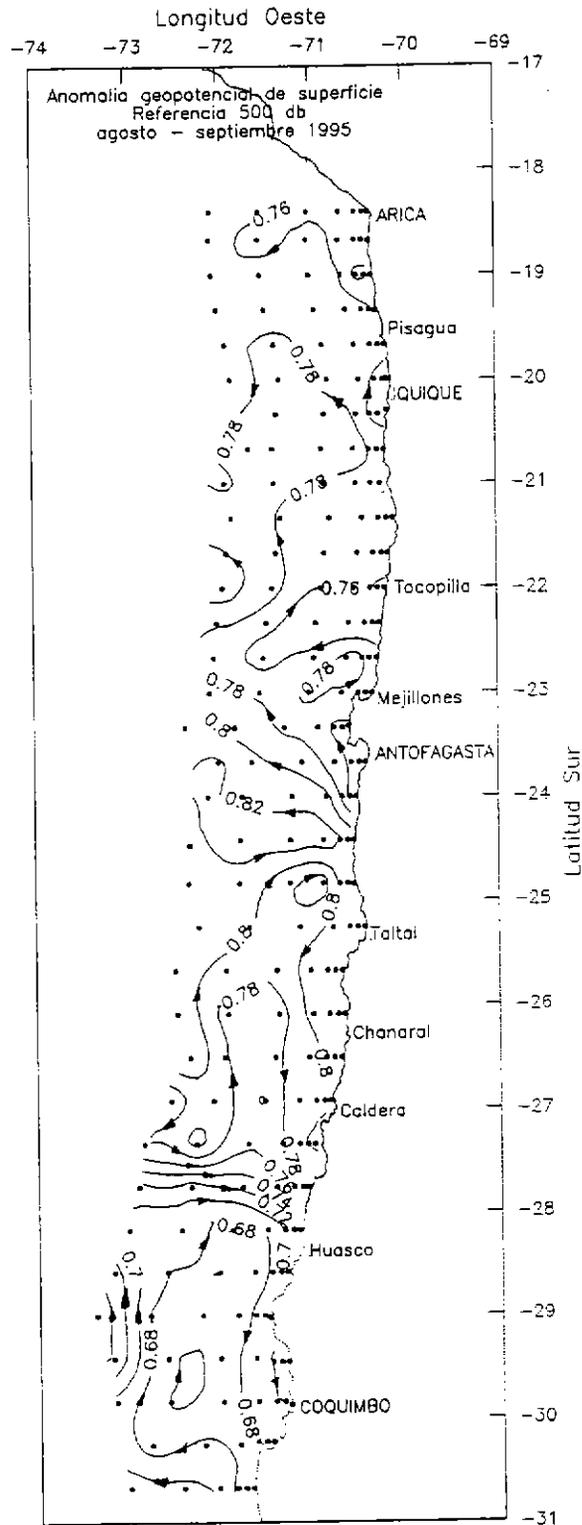


Figura 25. Distribución de la anomalía geopotencial de superficie referida a 500 db, durante Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

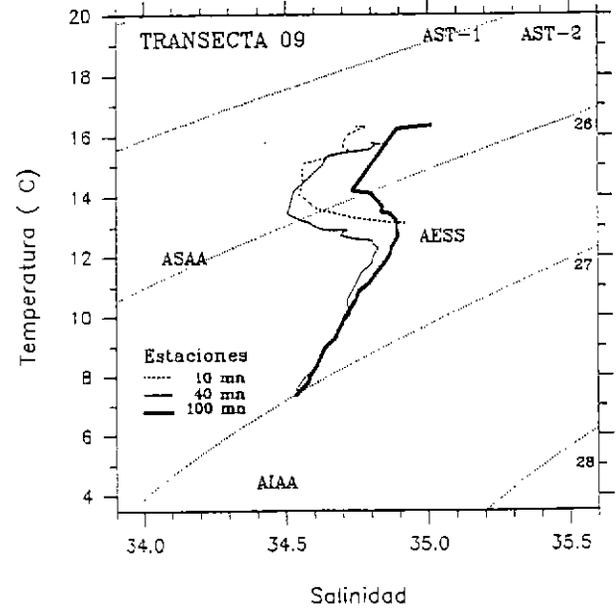
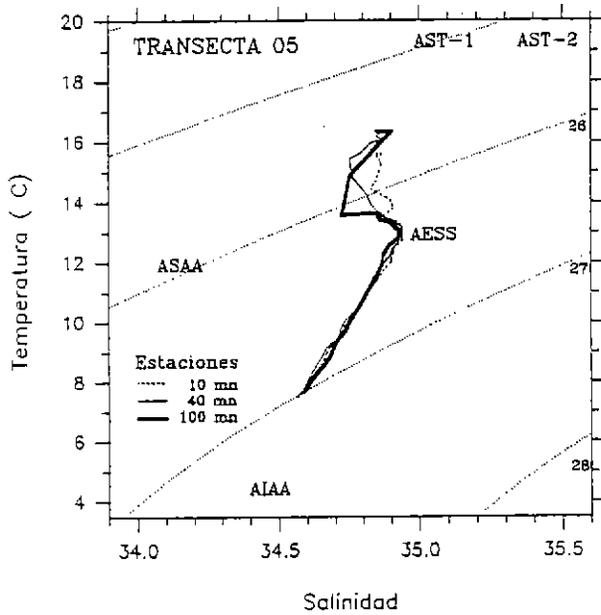
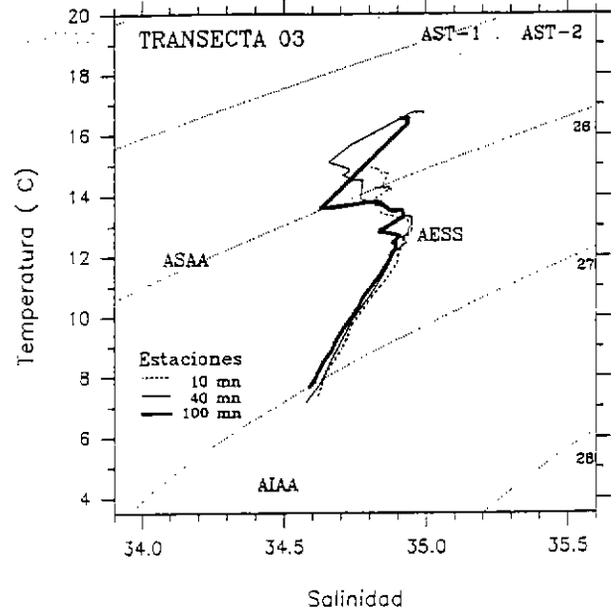
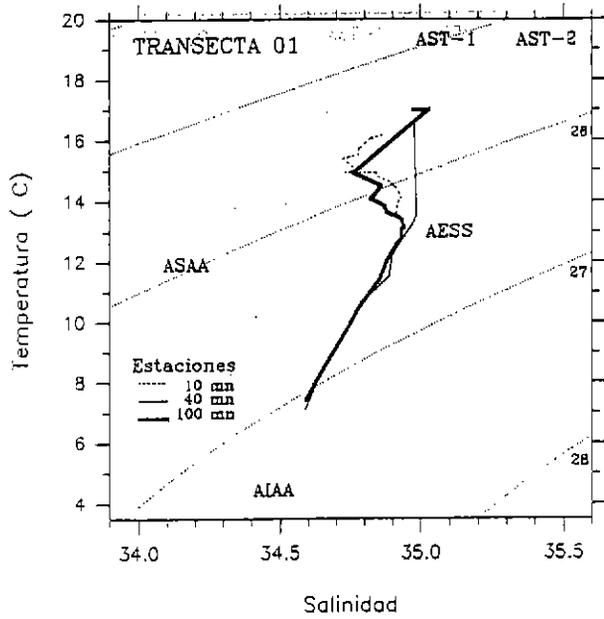


Figura 26. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 1, 3, 5 y 9. Crucero PELANOR 9508-09.

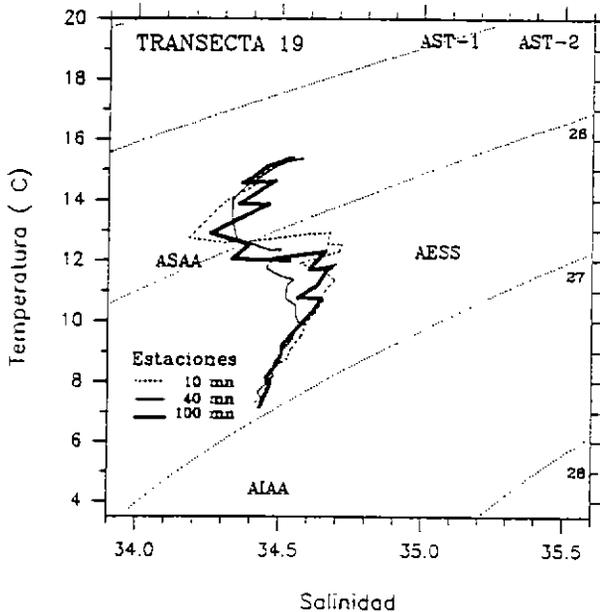
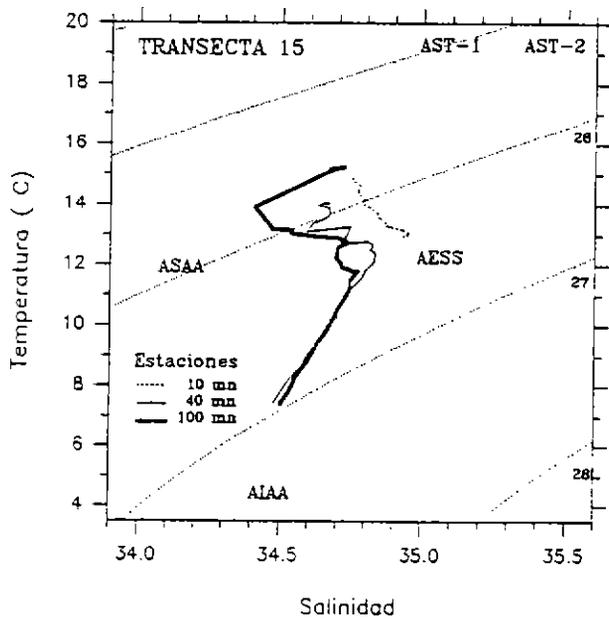
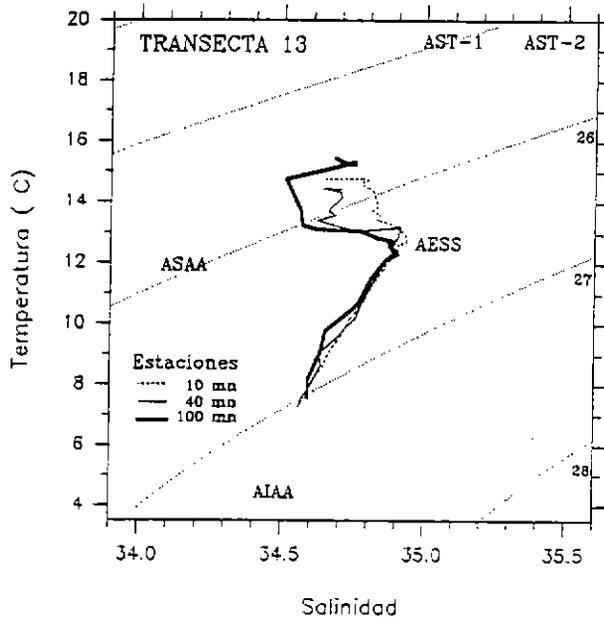
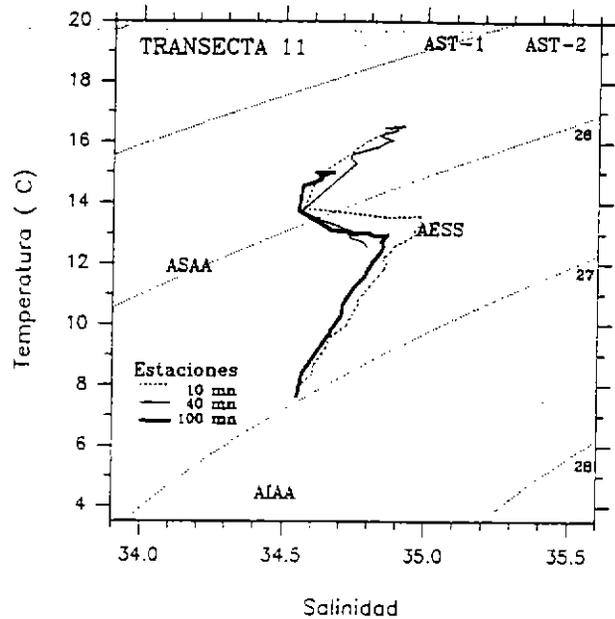
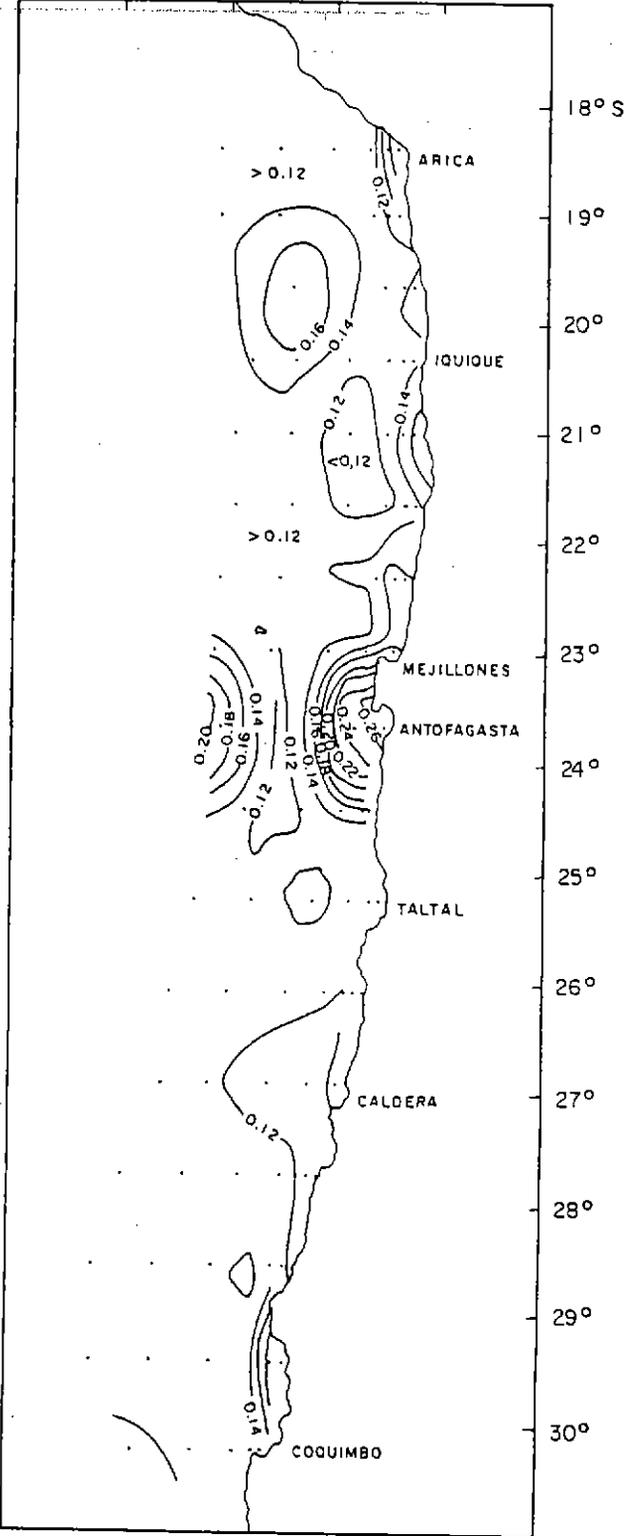


Figura 27. Diagramas t-s de estaciones ubicadas a 10, 40 y 100 millas de la costa en la transectas 11, 13, 15 y 19. Crucero PELANOR 9508-09.

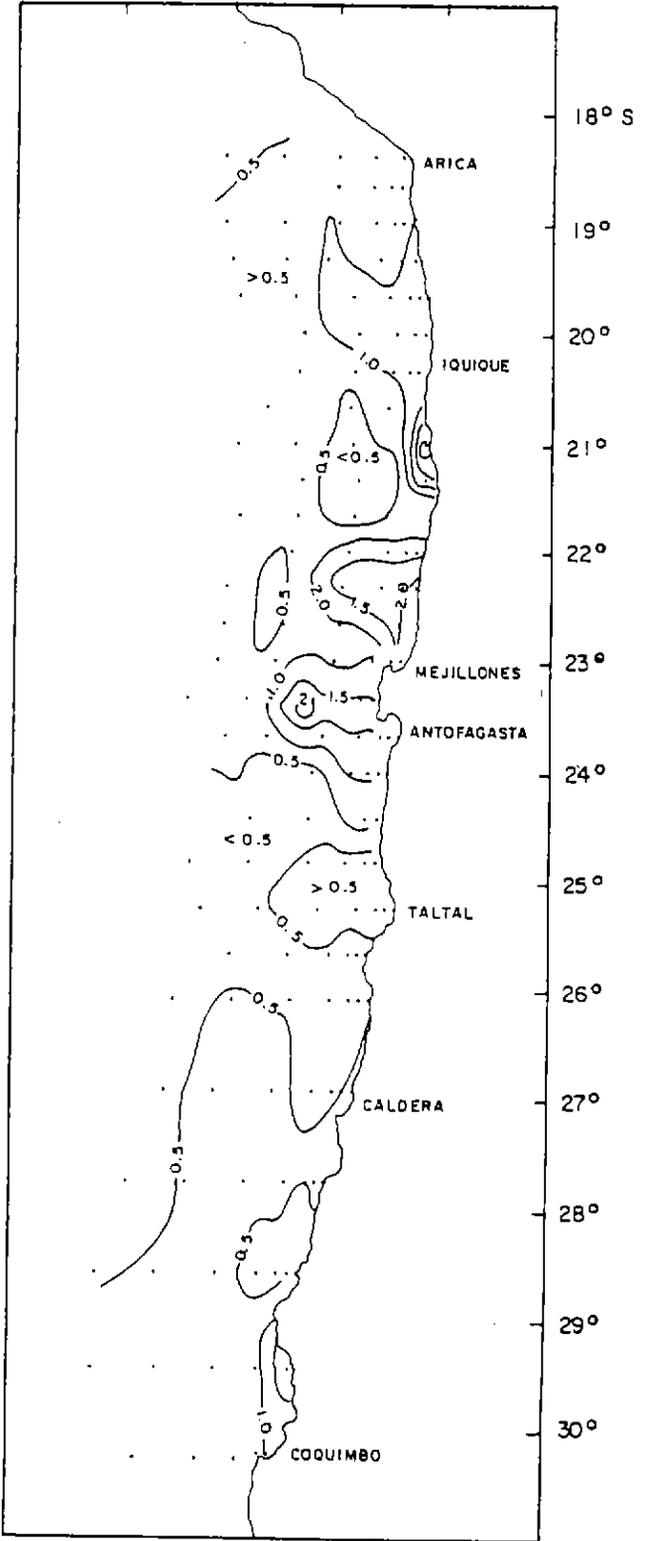
**COPIA
INFORMATIVA**

74° 73° 72° 71° 70° W



FLUORESCENCIA SUPERFICIAL

74° 73° 72° 71° 70° W



CLOROFILA a SUPERFICIAL

Figura 30. Distribución superficial de fluorescencia in vivo (UR) (a) y clorofila a (mg/m³) (b). Crucero PELANOR 9508-09.

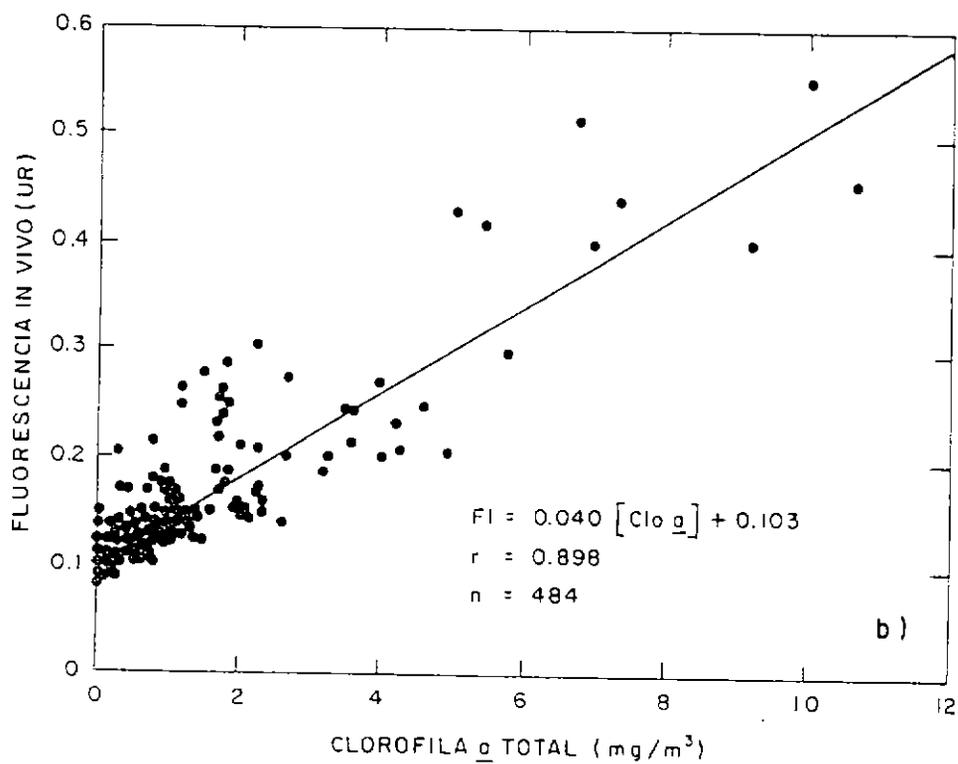
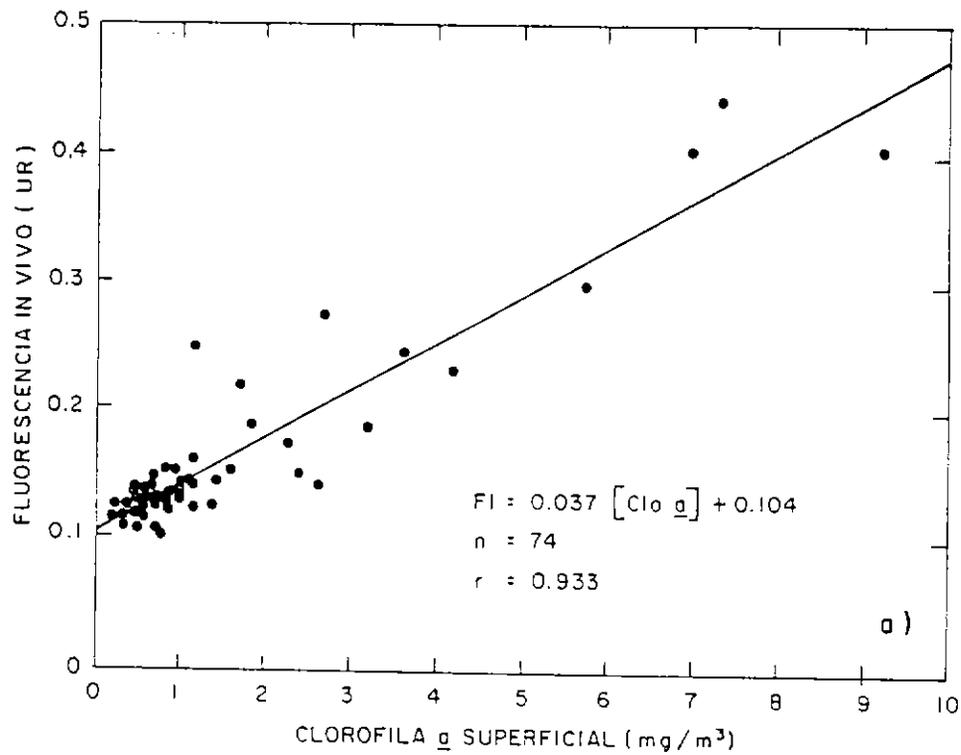


Figura 31. Relación funcional entre la fluorescencia in vivo y la clorofila a, para el plano superficial (a) y para todos los valores de la columna (b).

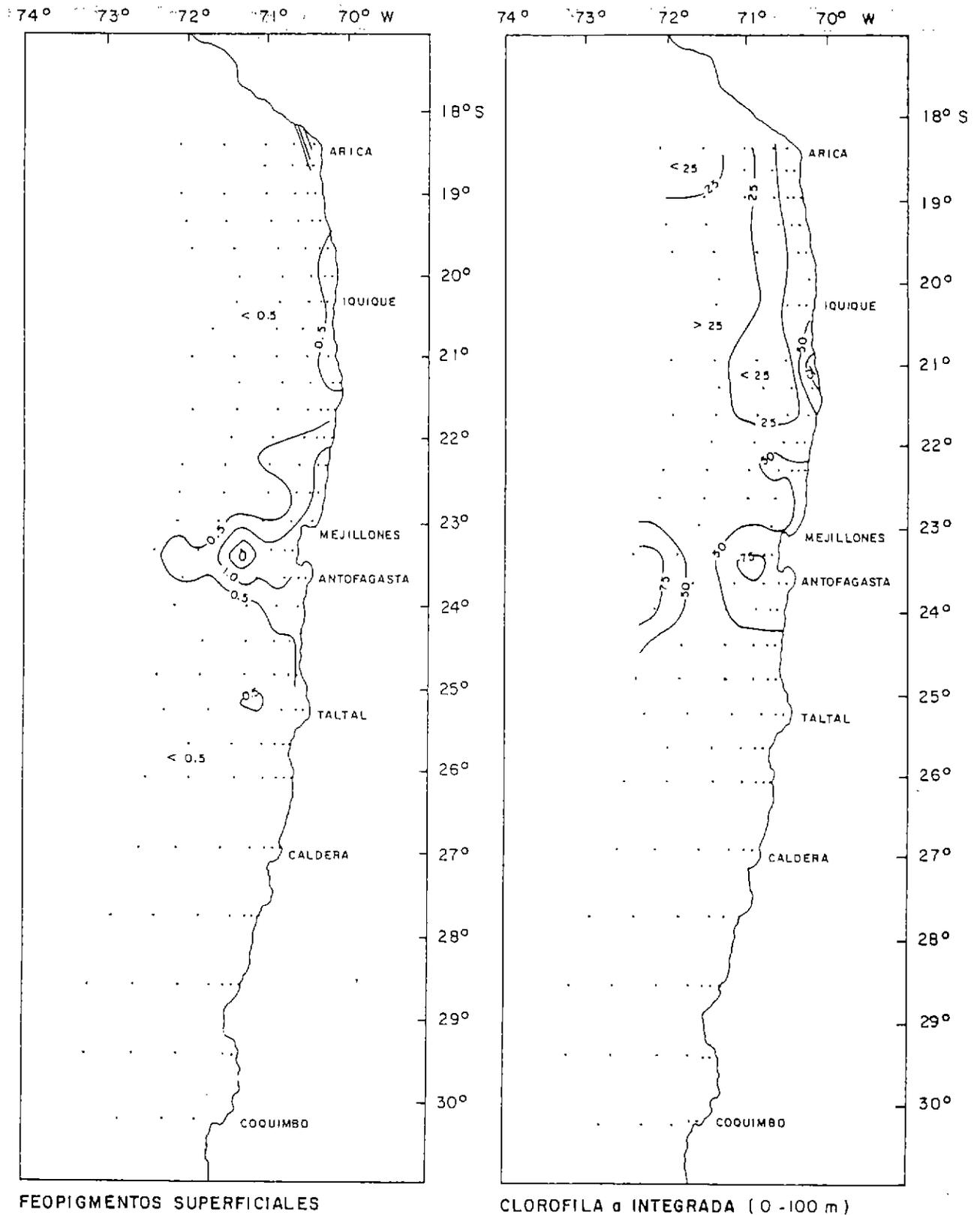


Figura 32. Distribución superficial de los feopigmentos superficiales (mg/m³) (a) y la clorofila integrada (mg/m³) (b), entre la superficie y los 100 m. Crucero PELANOR 9508-09.

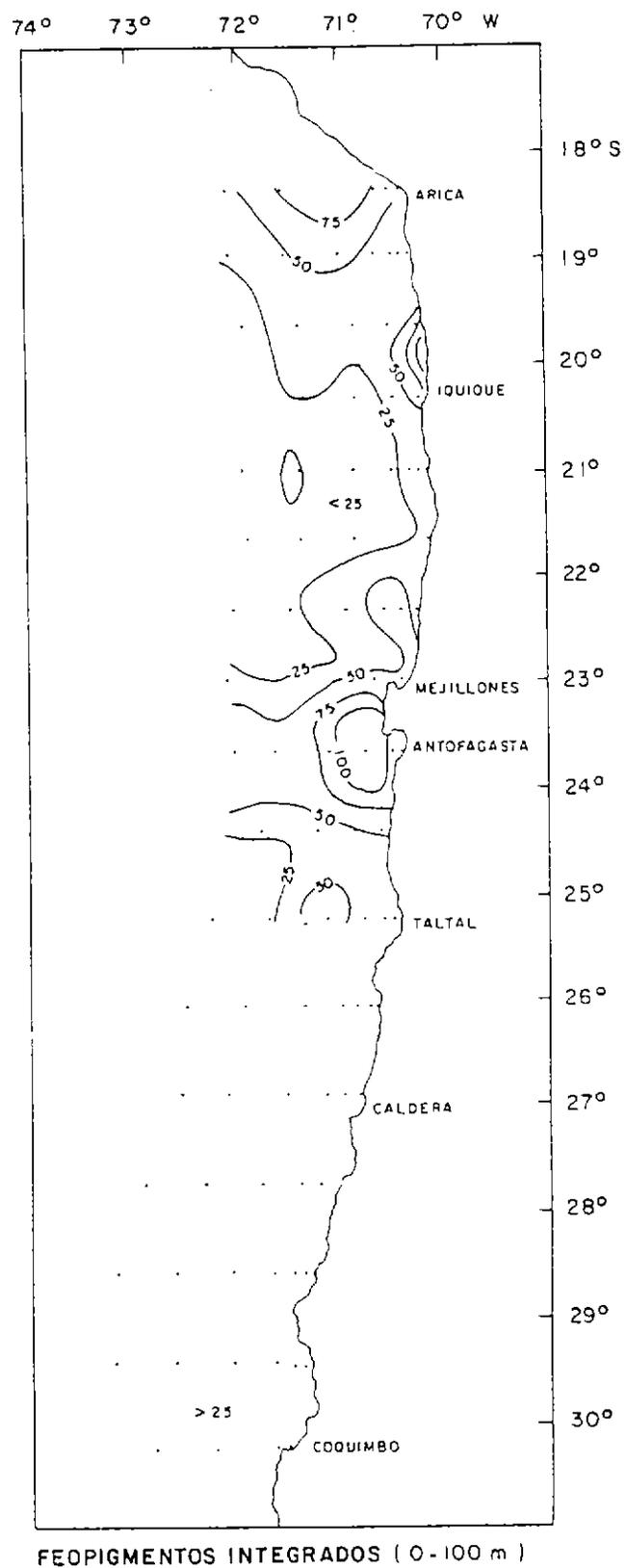


Figura 33. Distribución de los feopigmentos integrados (mg/m^3) entre la superficie y los 100 m. Crucero PELANOR 9508-09.

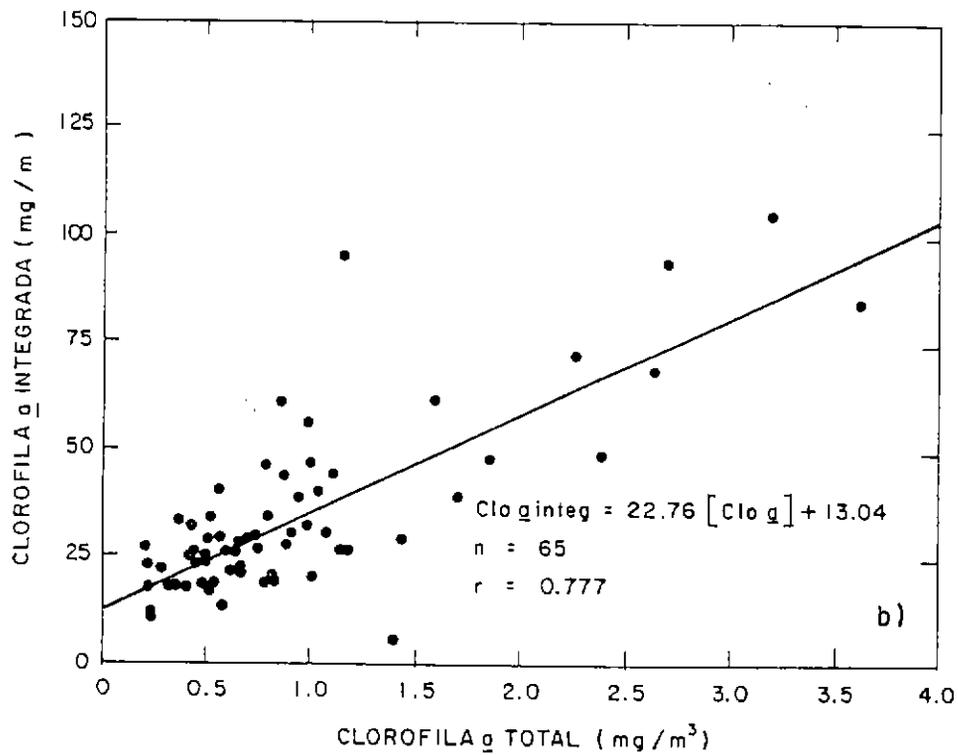
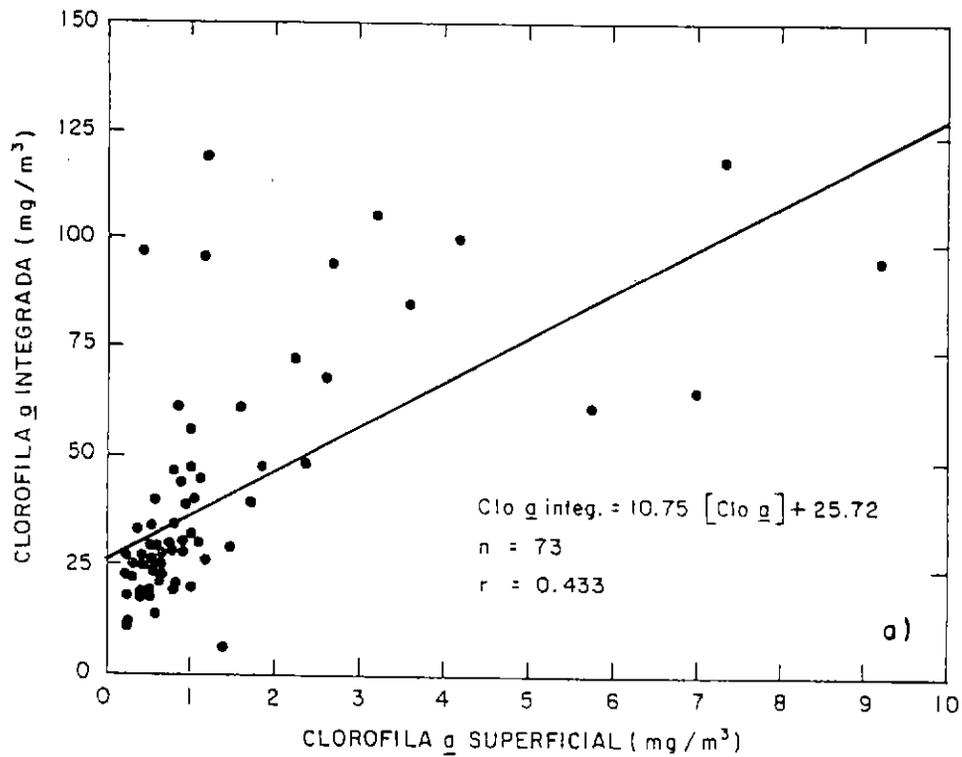


Figura 34. Relación funcional entre la clorofila integrada y la superficial, para todas las estaciones (a) y sin los datos obtenidos en las transectas 1 (est. 1) y 17 (ests. 112 a la 118) (b).

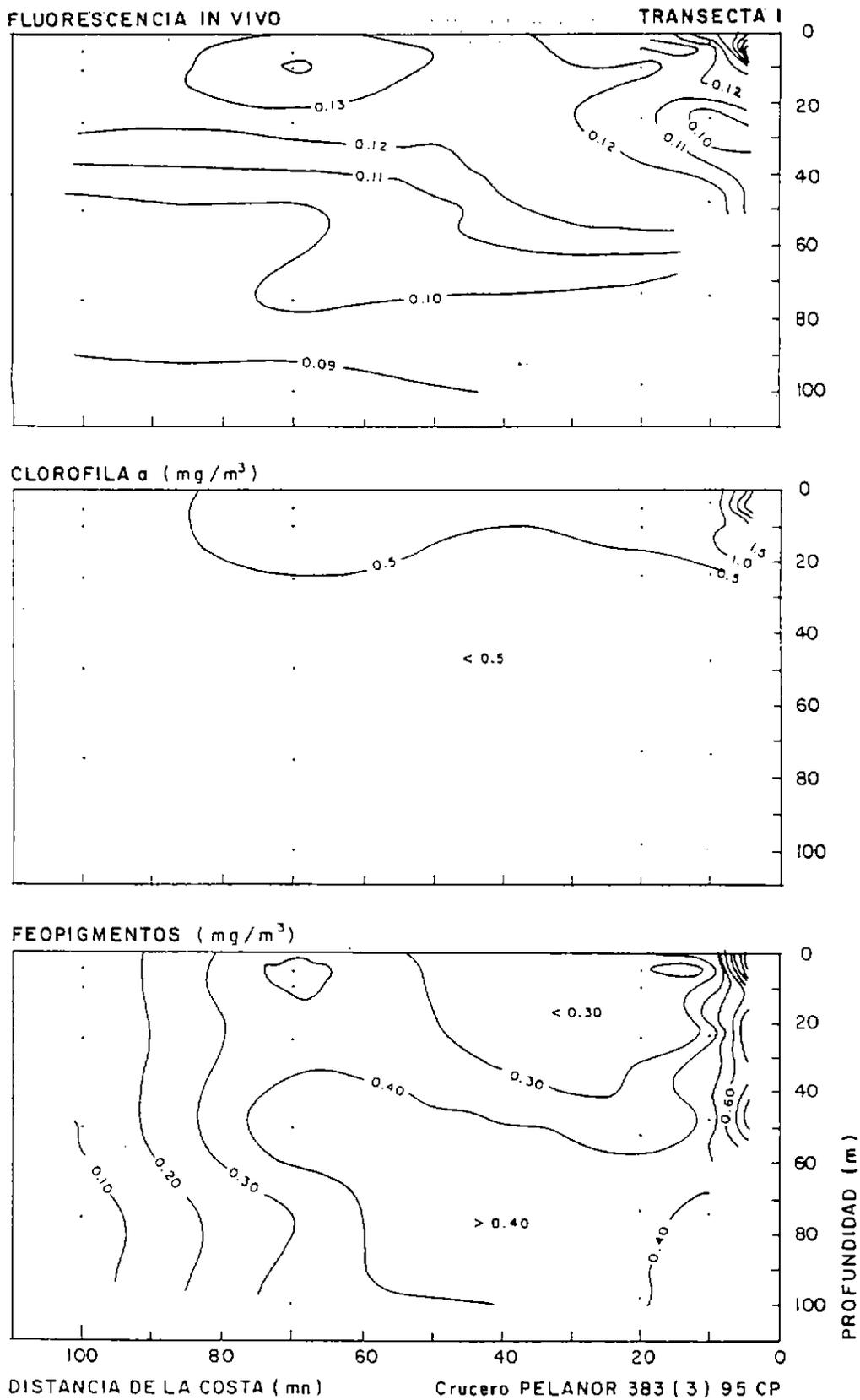


Figura 35. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 1. Crucero PELANOR 9508-09.

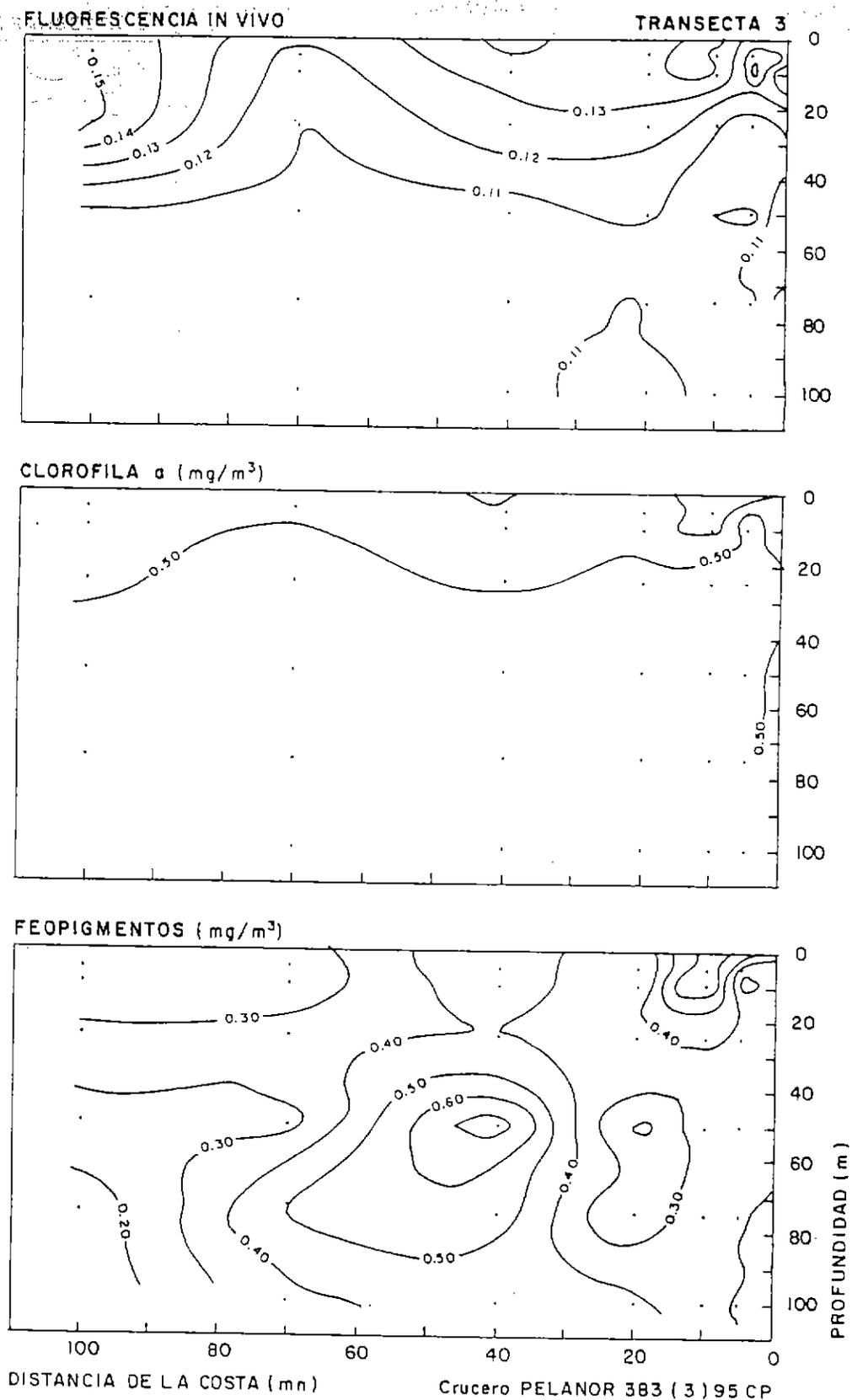


Figura 36. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 3. Crucero PELANOR 9508-09.

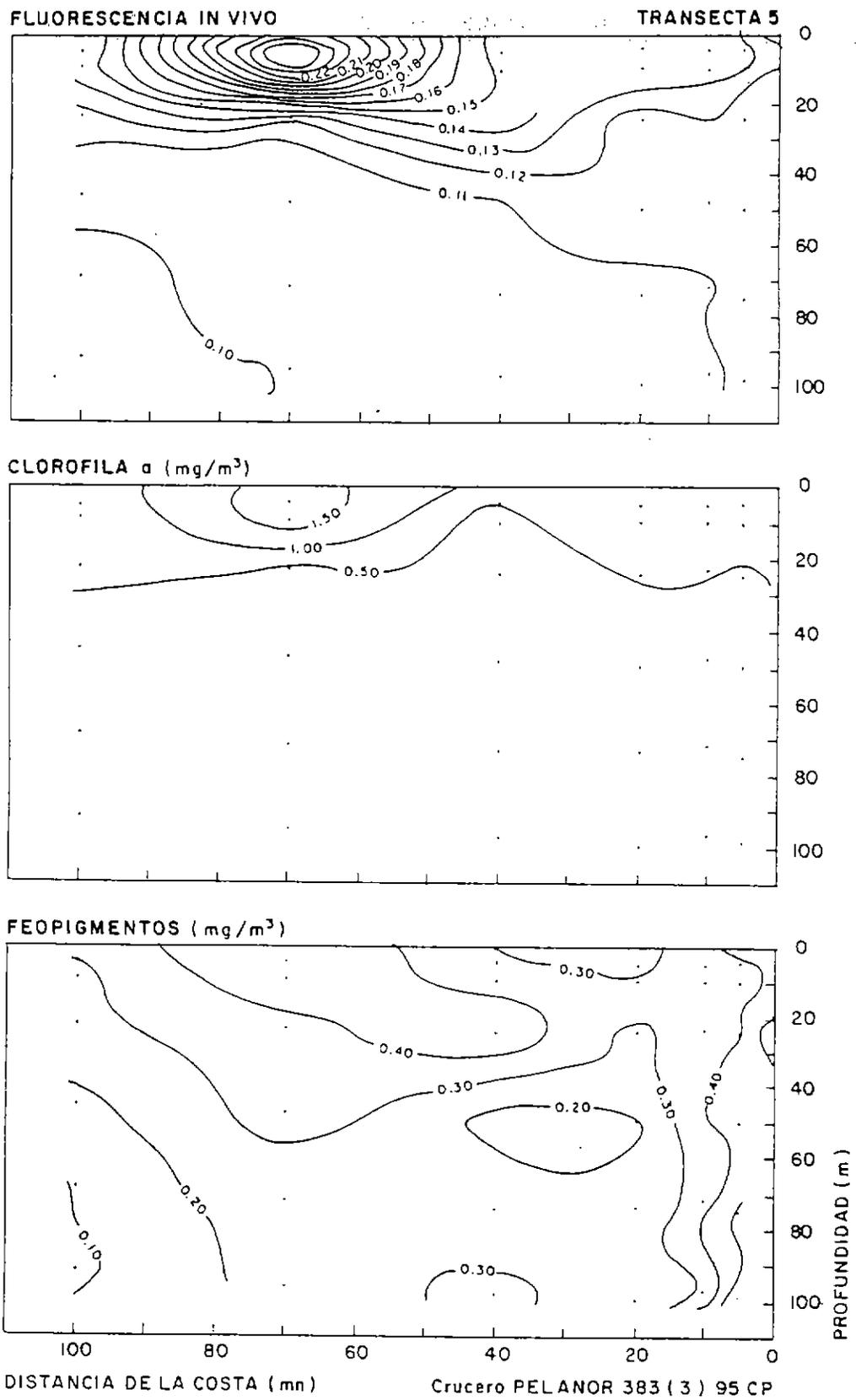


Figura 37. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 5. Crucero PELANOR 9508-09.

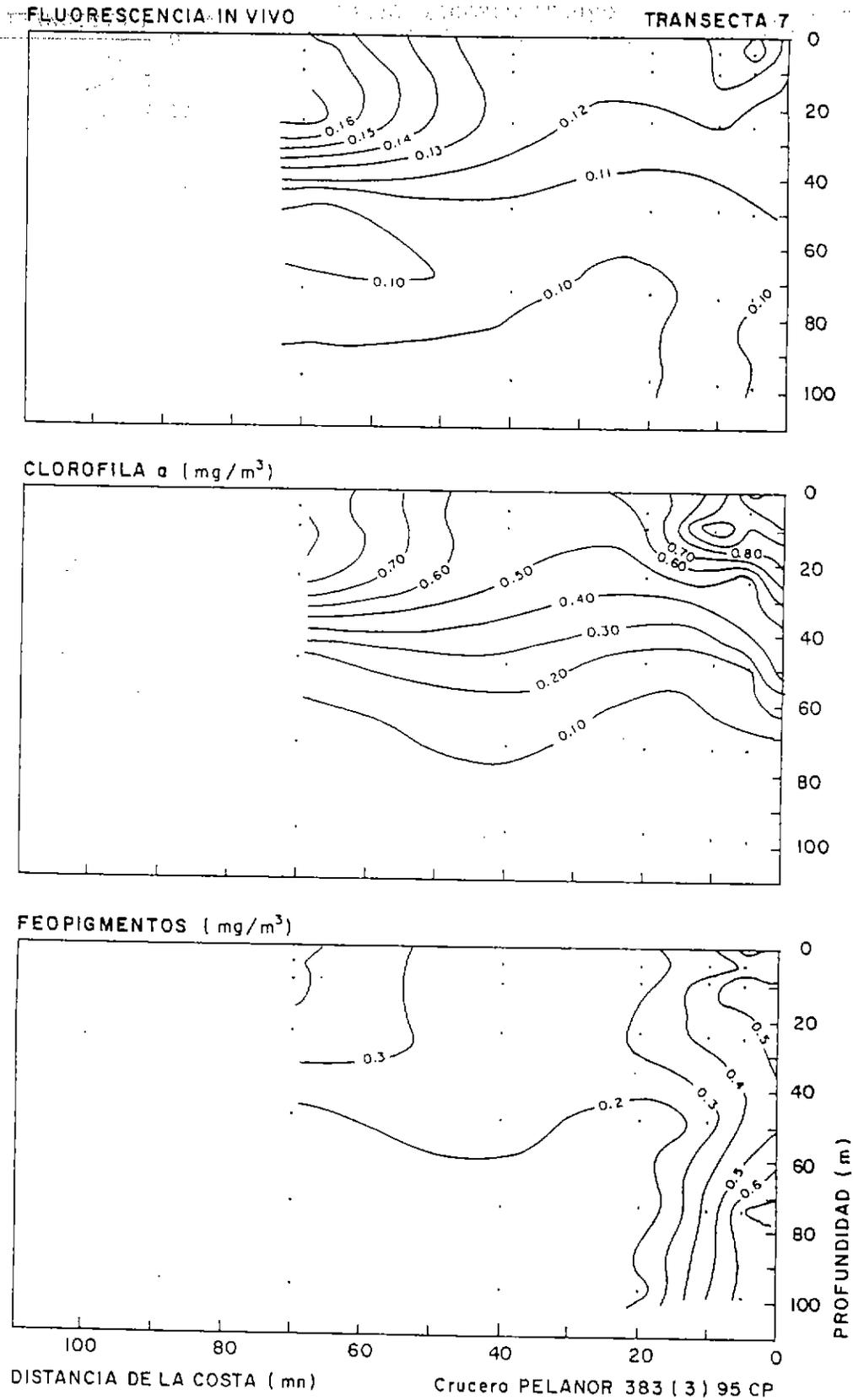


Figura 38. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 7. Crucero PELANOR 9508-09.

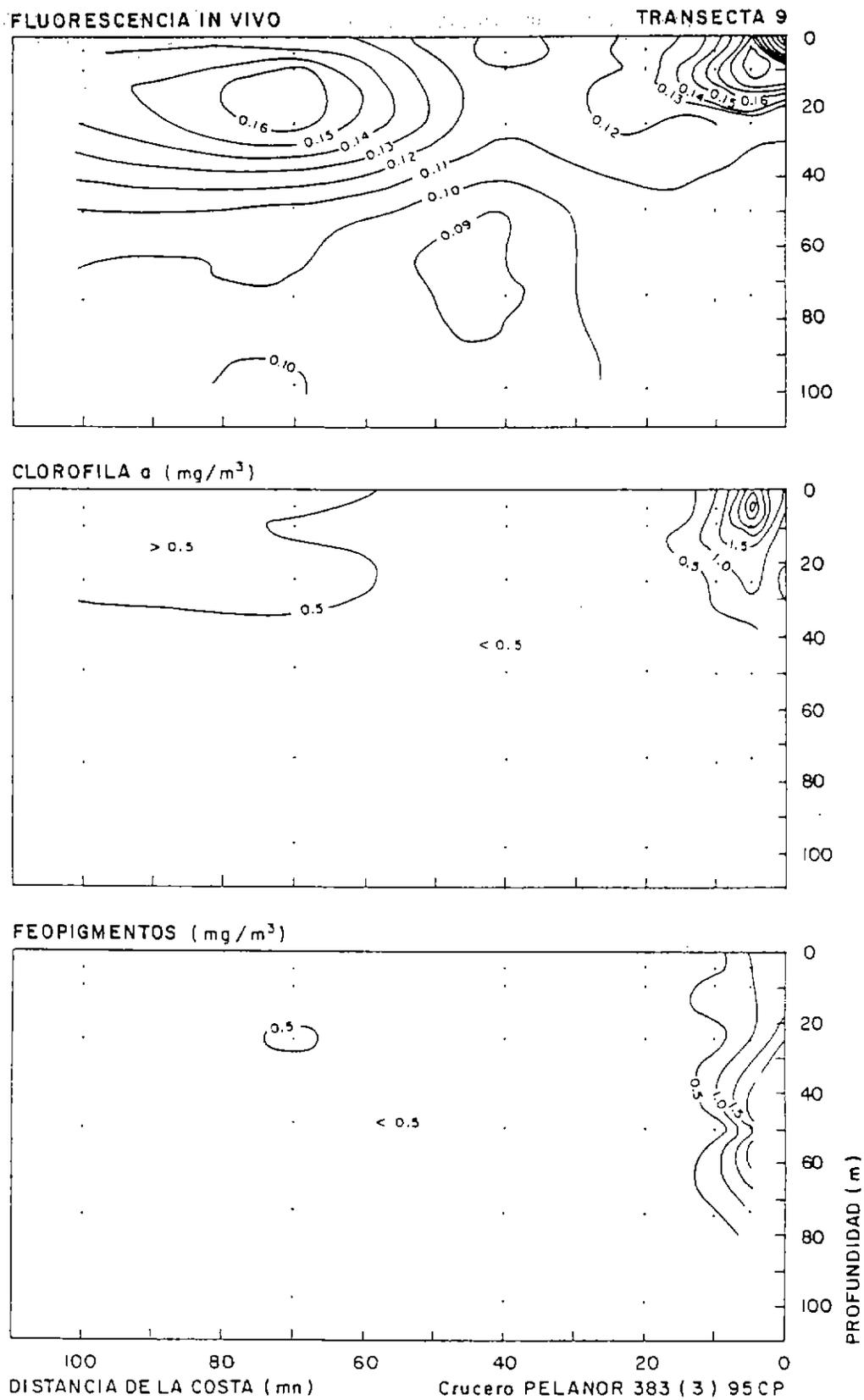


Figura 39. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 9. Crucero PELANOR 9508-09.

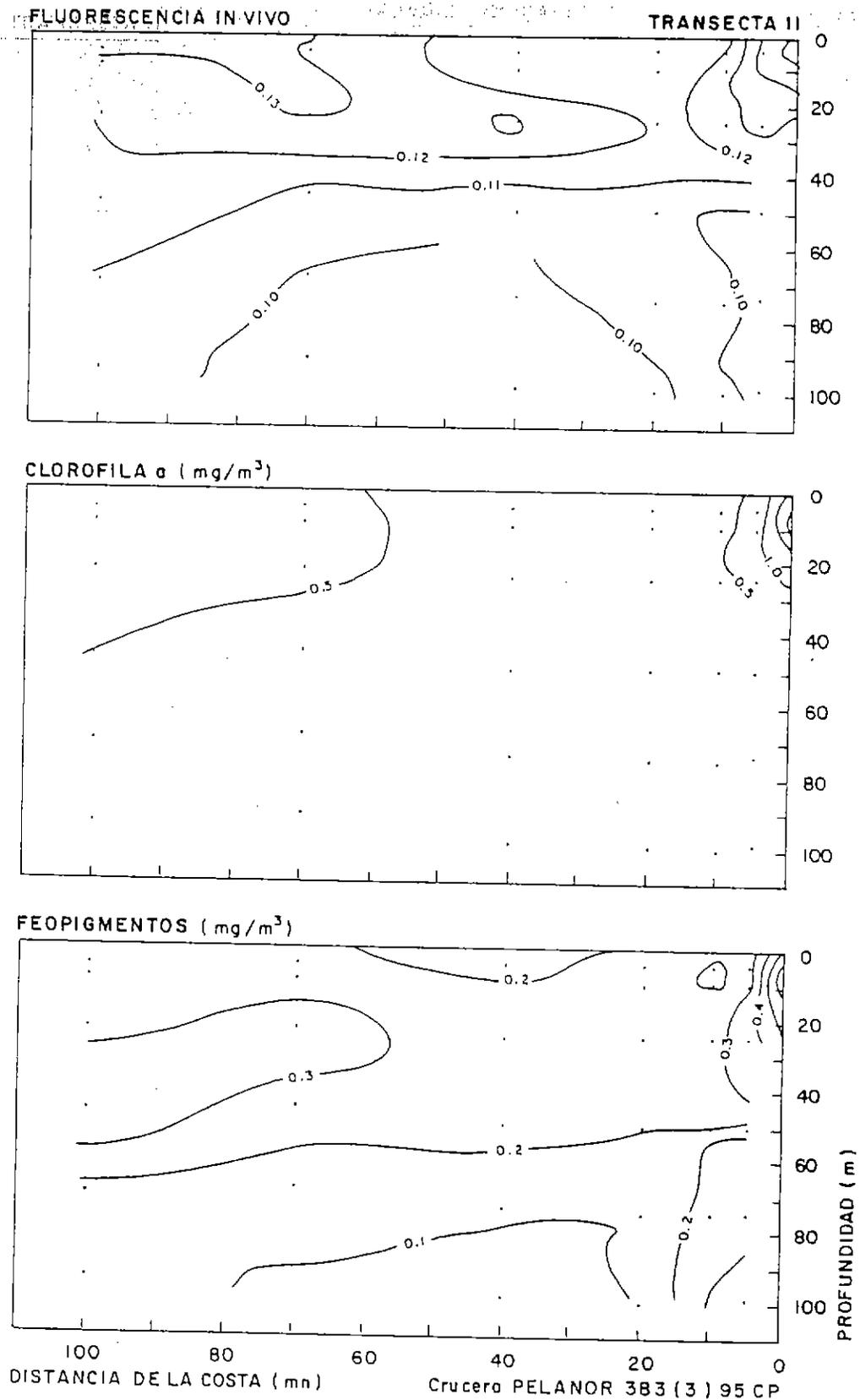


Figura 40. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 11. Crucero PELANOR 9508-09.

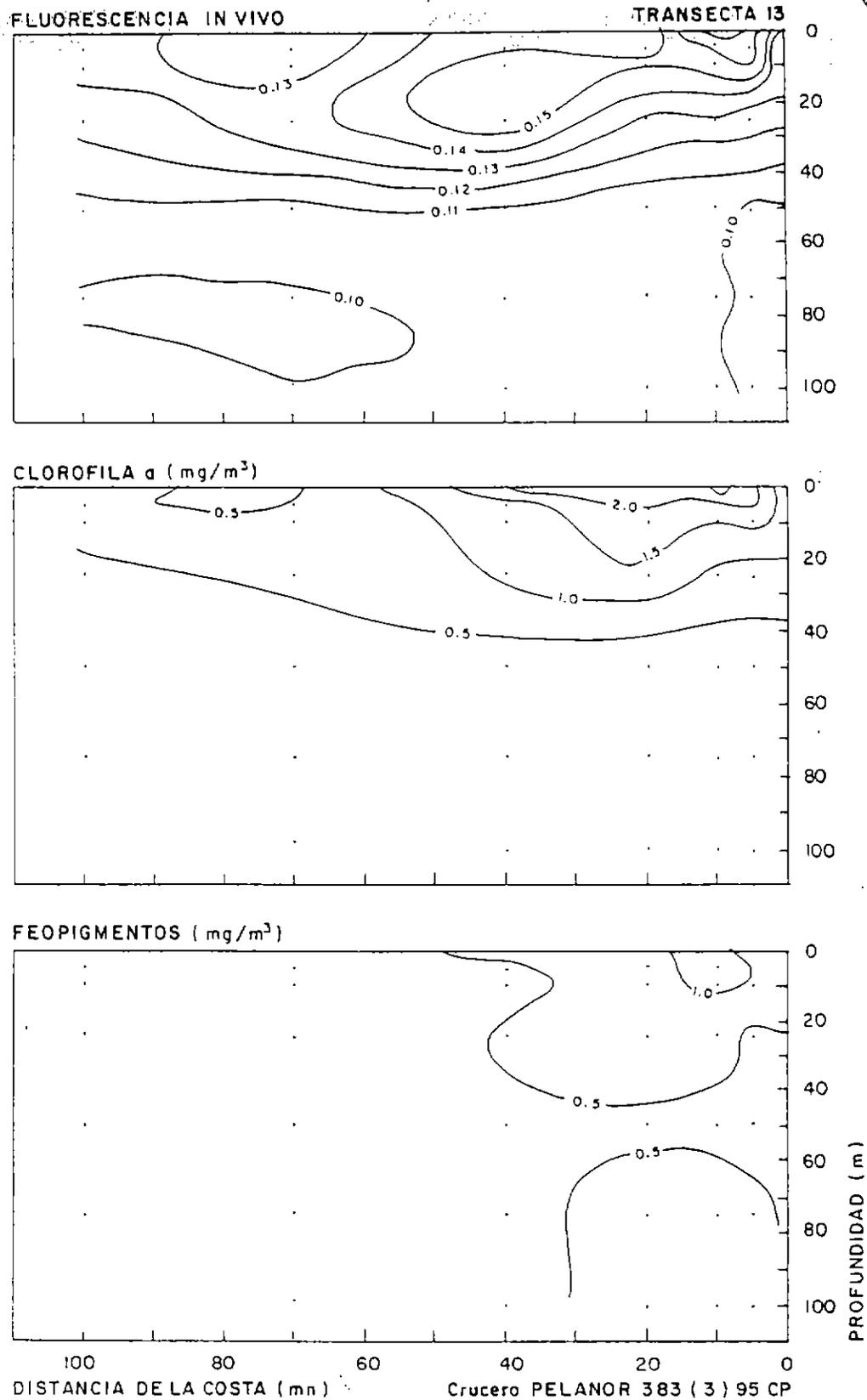


Figura 41. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 13. Crucero PELANOR 9508-09.

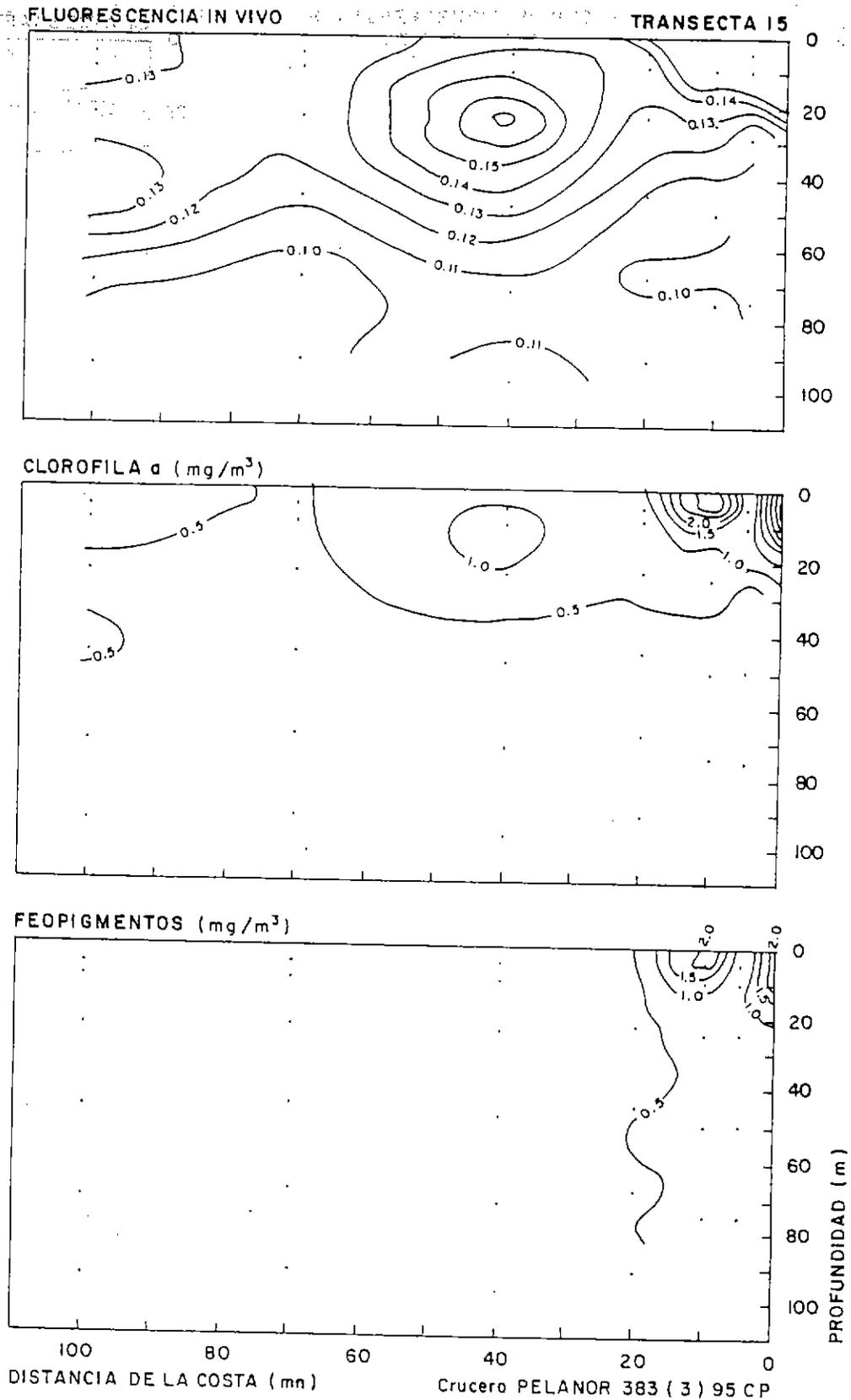


Figura 42. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 15. Crucero PELANOR 9508-09.

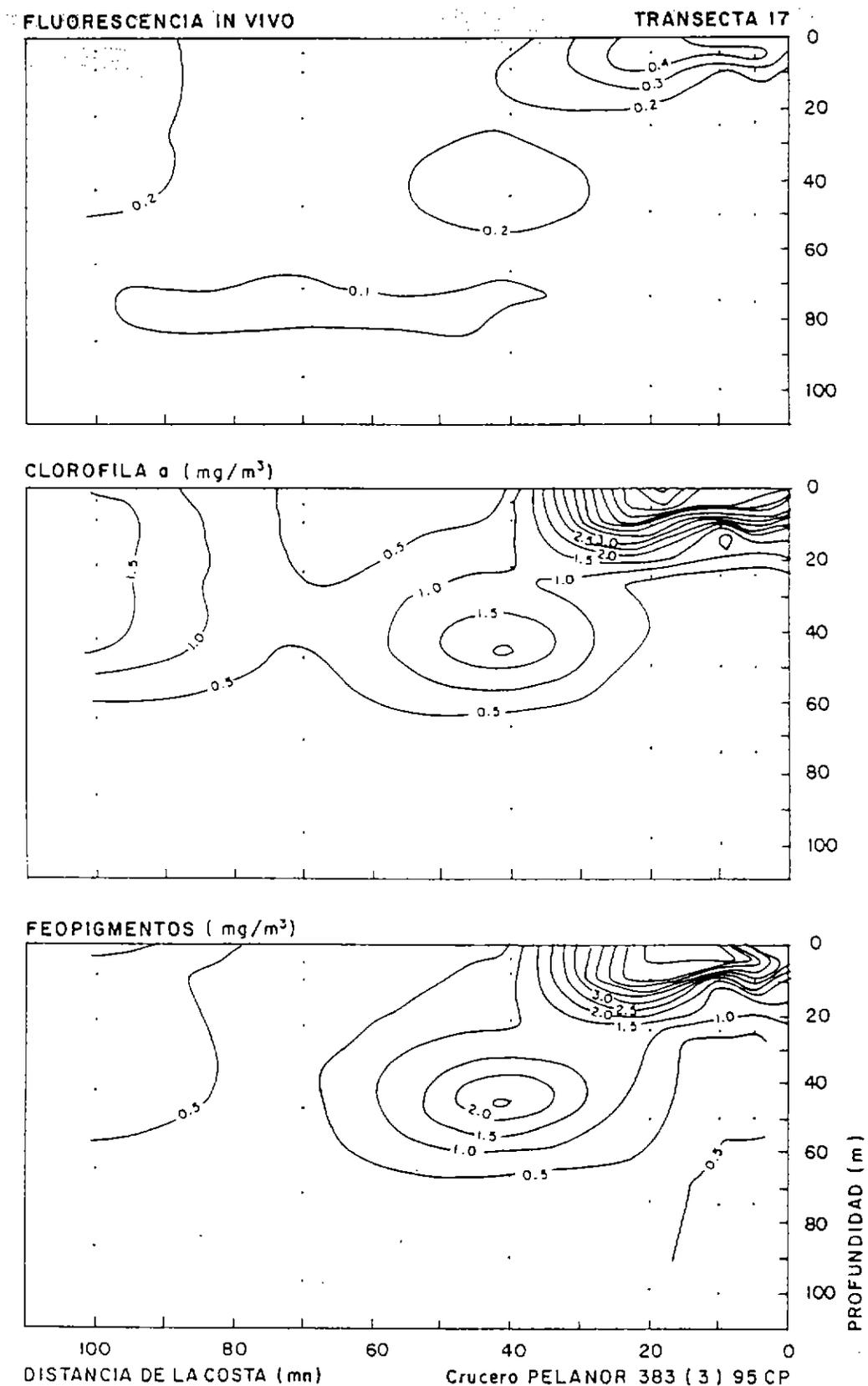


Figura 43. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 17. Crucero PELANOR 9508-09.

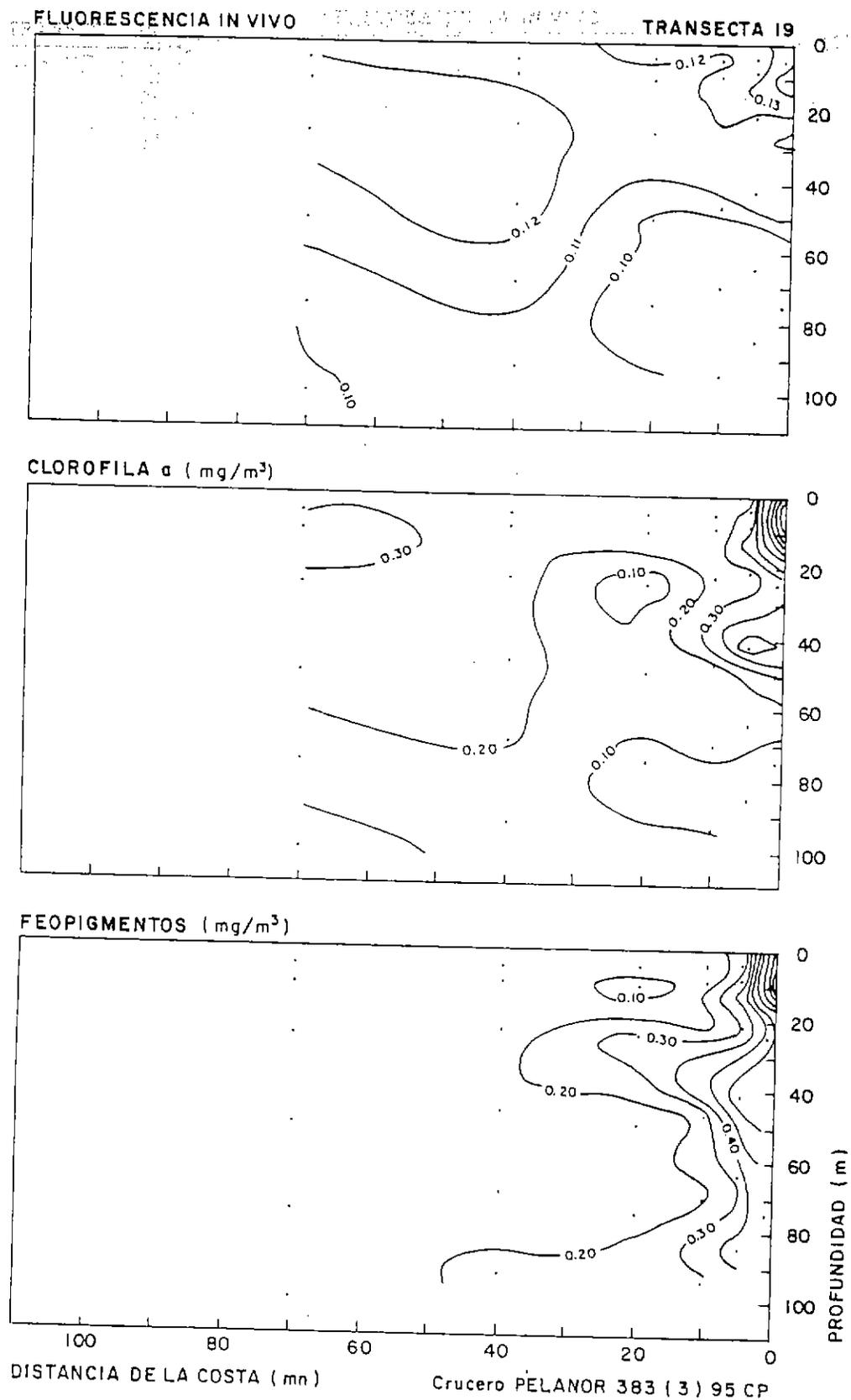


Figura 44. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m³) y feopigmentos (mg/m³) en la transecta 19. Crucero PELANOR 9508-09.

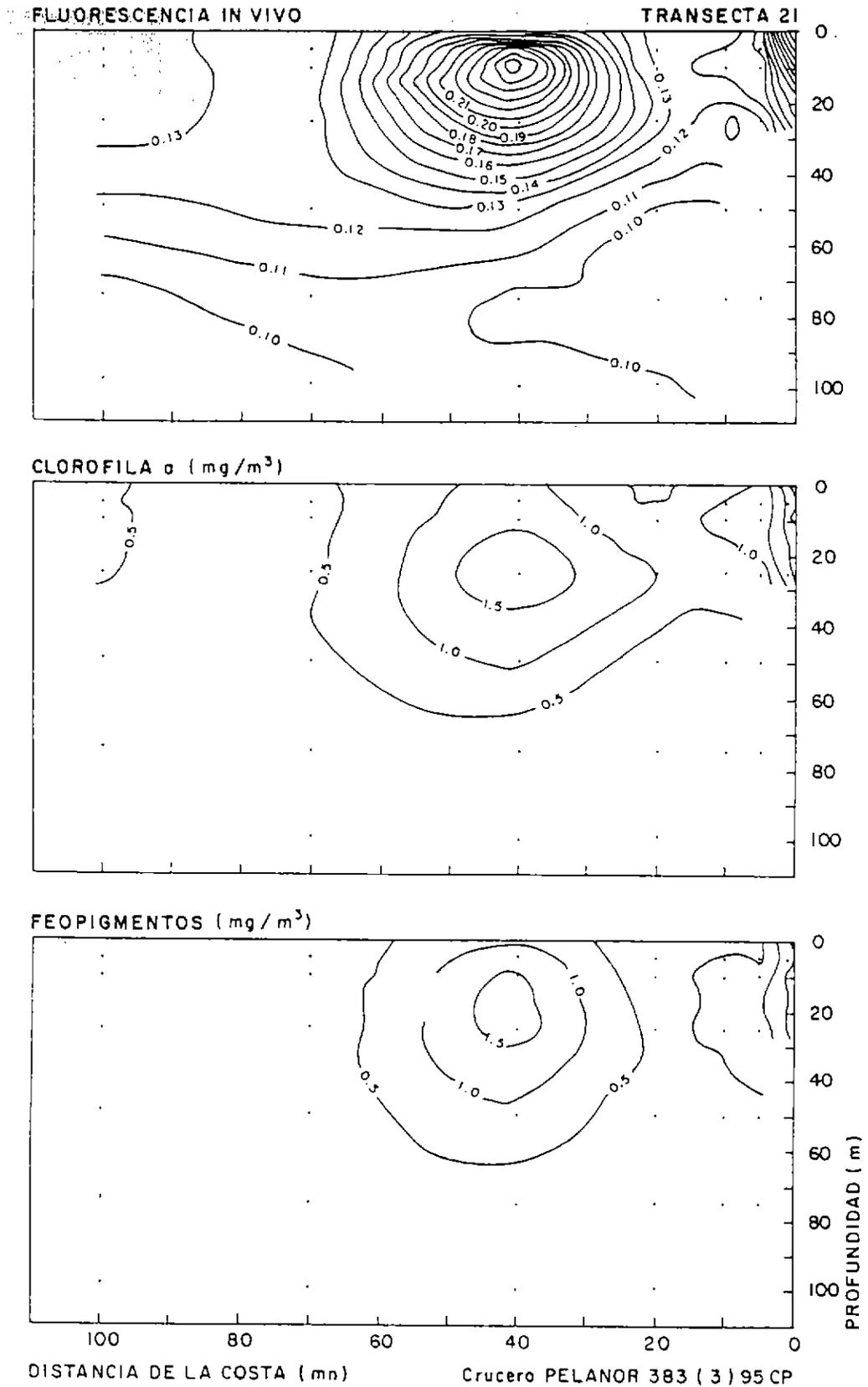


Figura 45. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), clorofila a (mg/m^3) y feopigmentos (mg/m^3) en la transecta 21. Crucero PELANOR 9508-09.

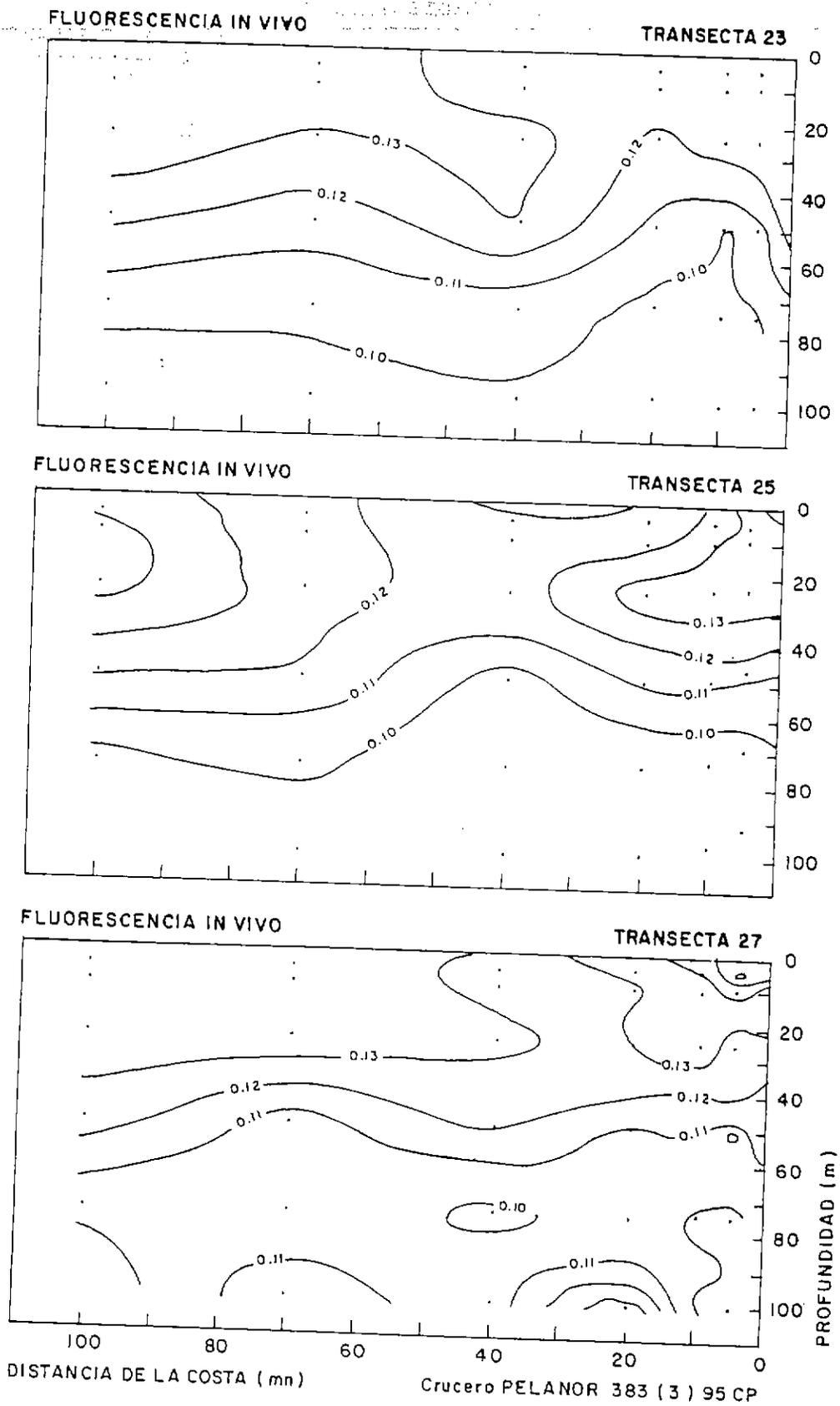


Figura 46. Distribución batimétrica de la fluorescencia in vivo (UR), para las transectas 23, 25 y 27. Crucero PELANOR 9508-09.

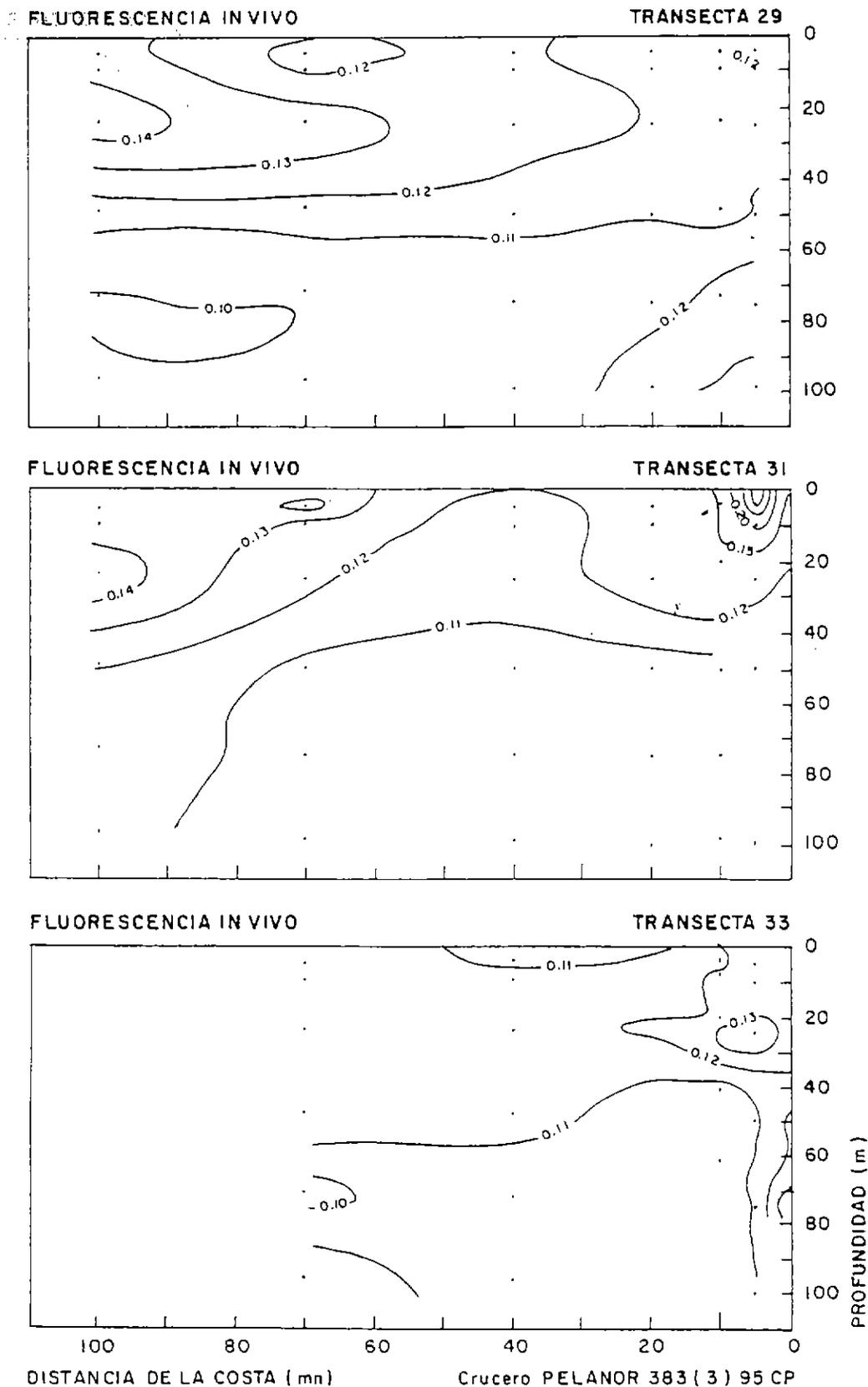


Figura 47. Distribución batimétrica de fluorescencia in vivo (UR), para las transectas 29, 31 y 33. Crucero PELANOR 9508-09.

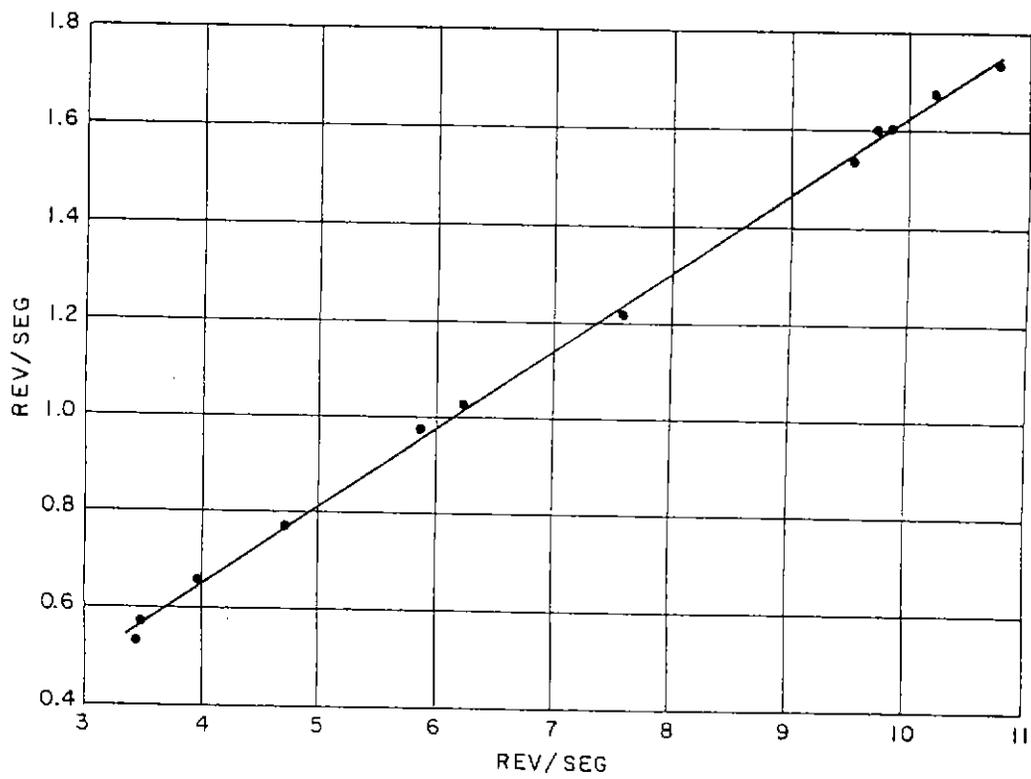
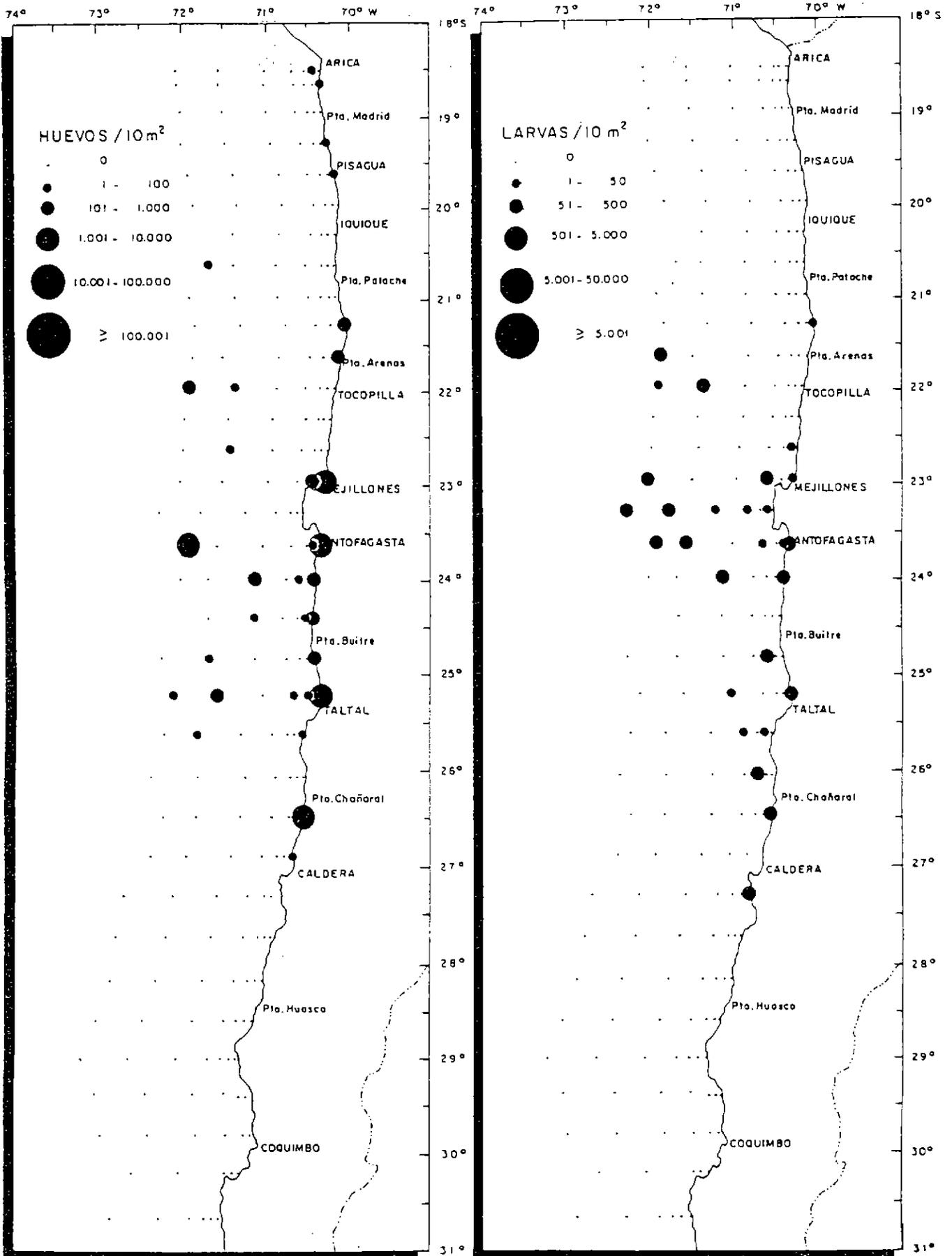


Figura 48. Curva de calibración de flujómetro utilizado en crucero PELANOR 9508-09. TSK 4903.



SARDINA

Figura 49. Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina, *Sardinops sagax*.

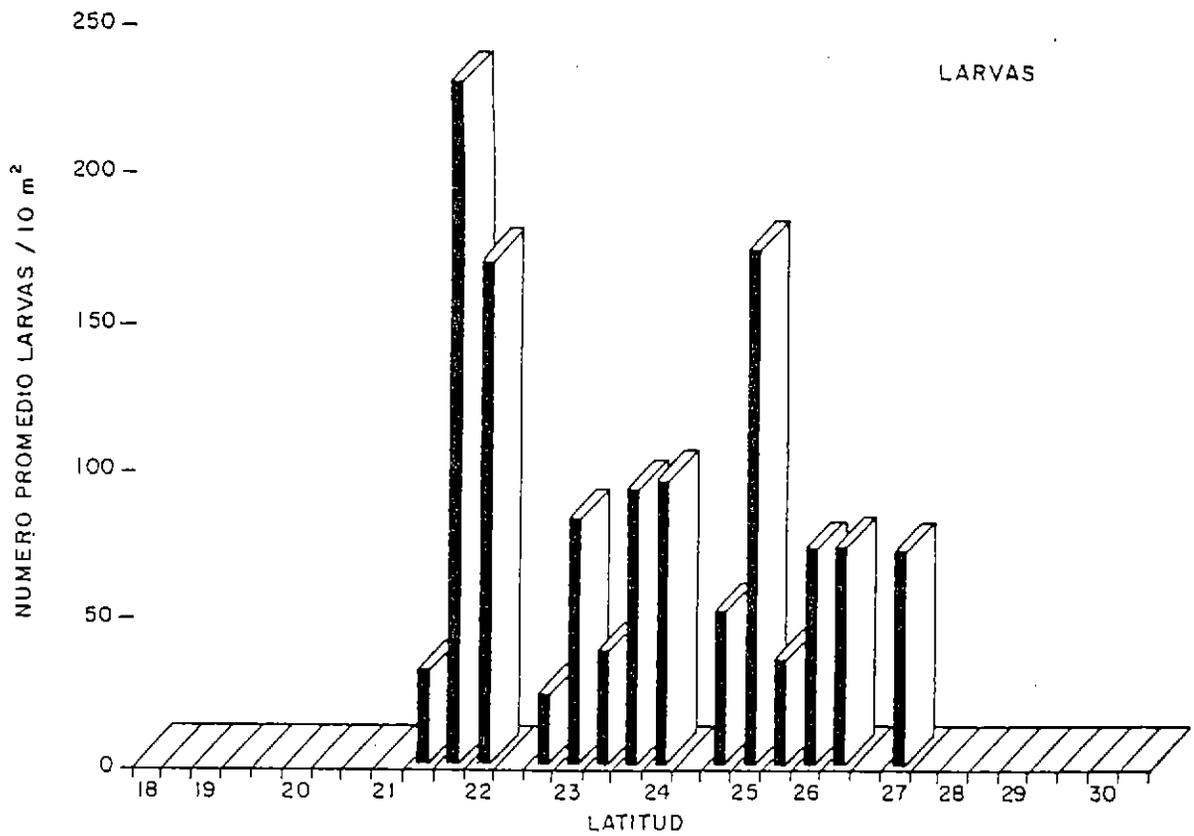
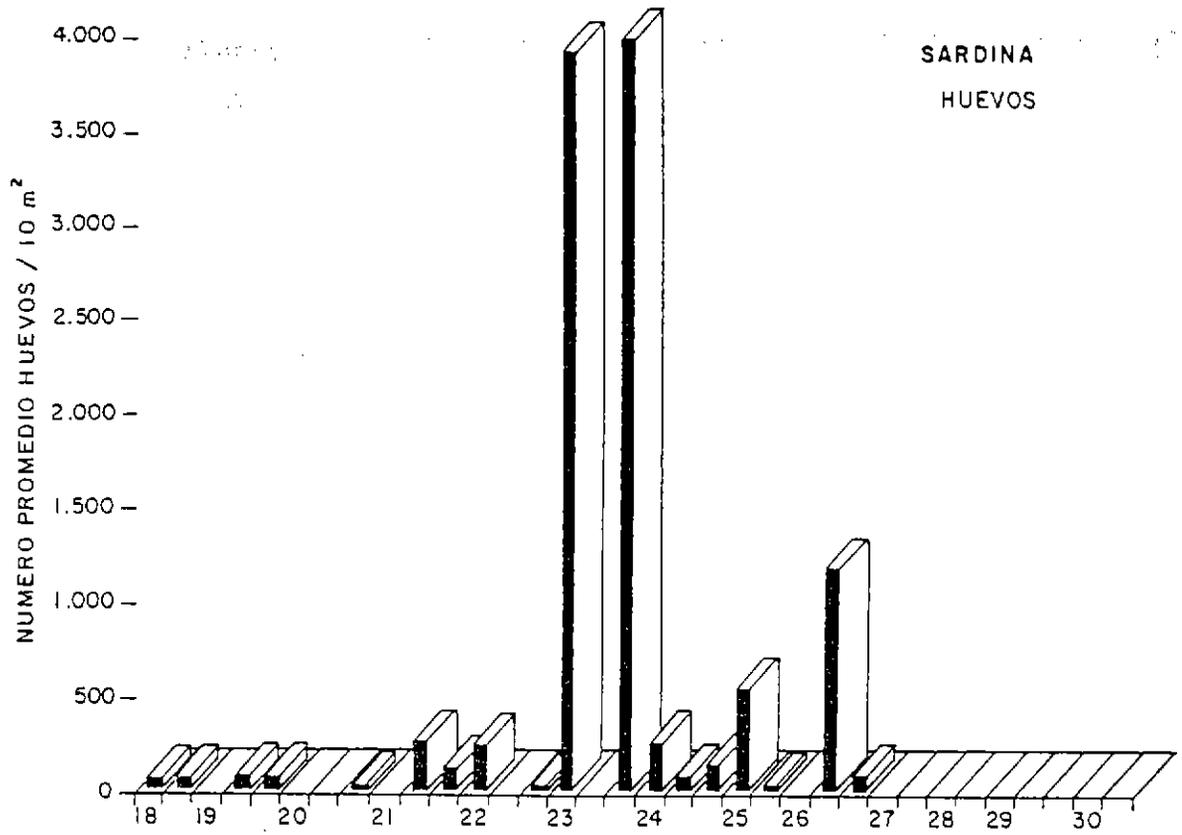


Figura 50. Abundancia promedio de huevos y larvas de sardina con respecto a la latitud.



Figura 52. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina con respecto a la latitud.

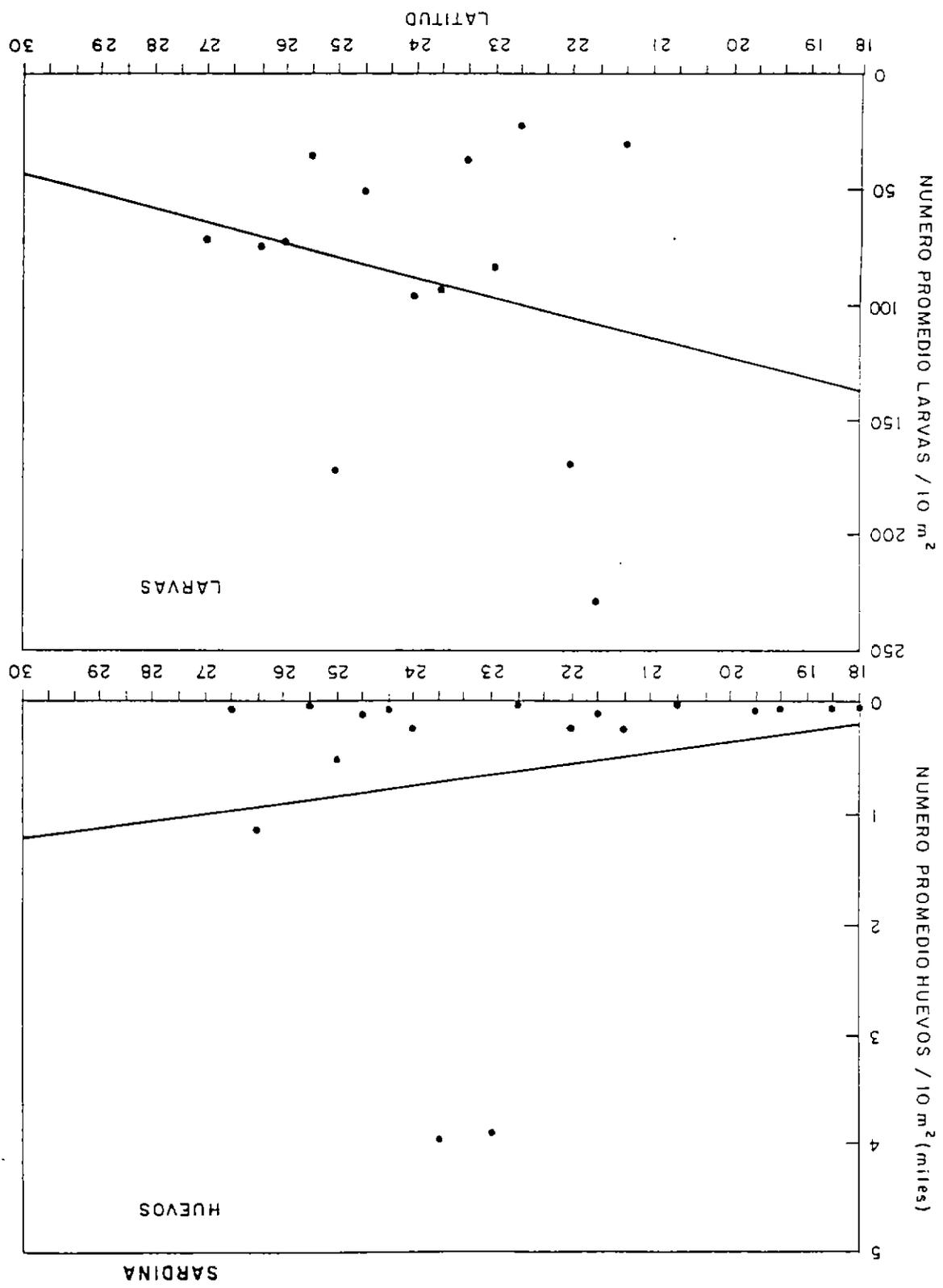
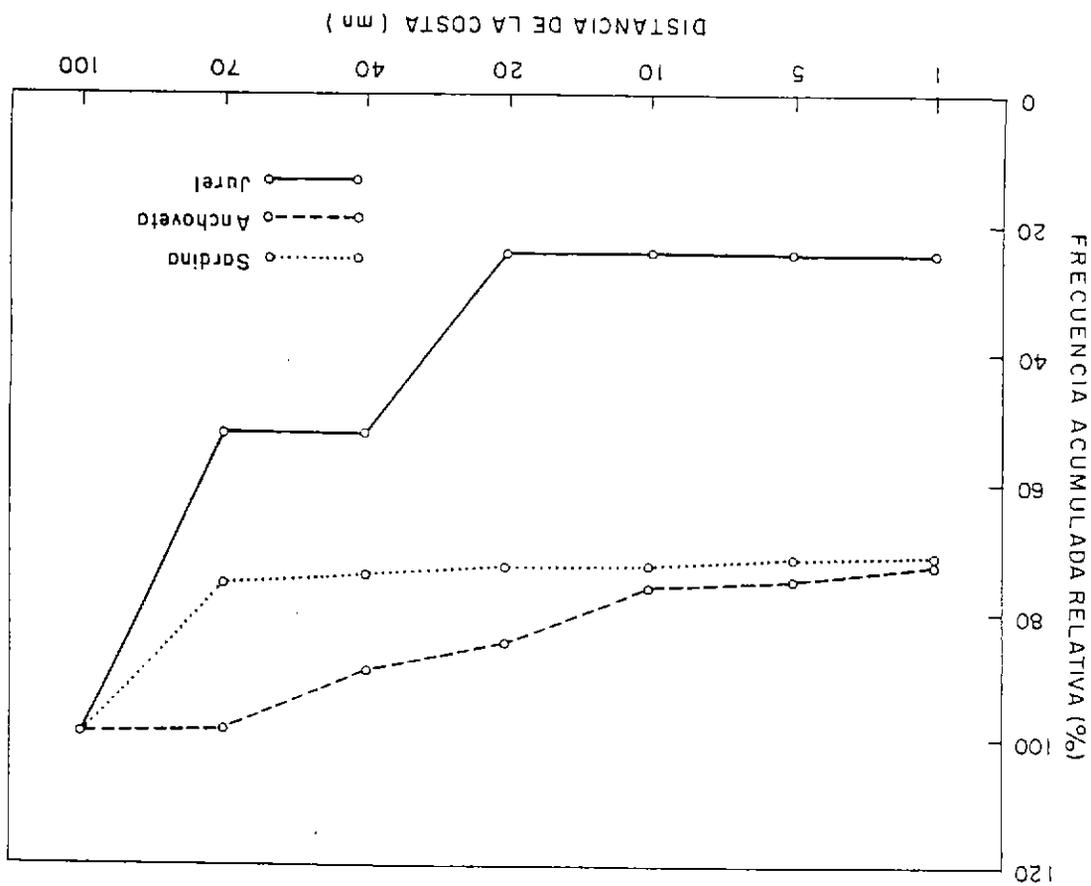


Figura 51. Frecuencia acumulada relativa de huevos de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa.



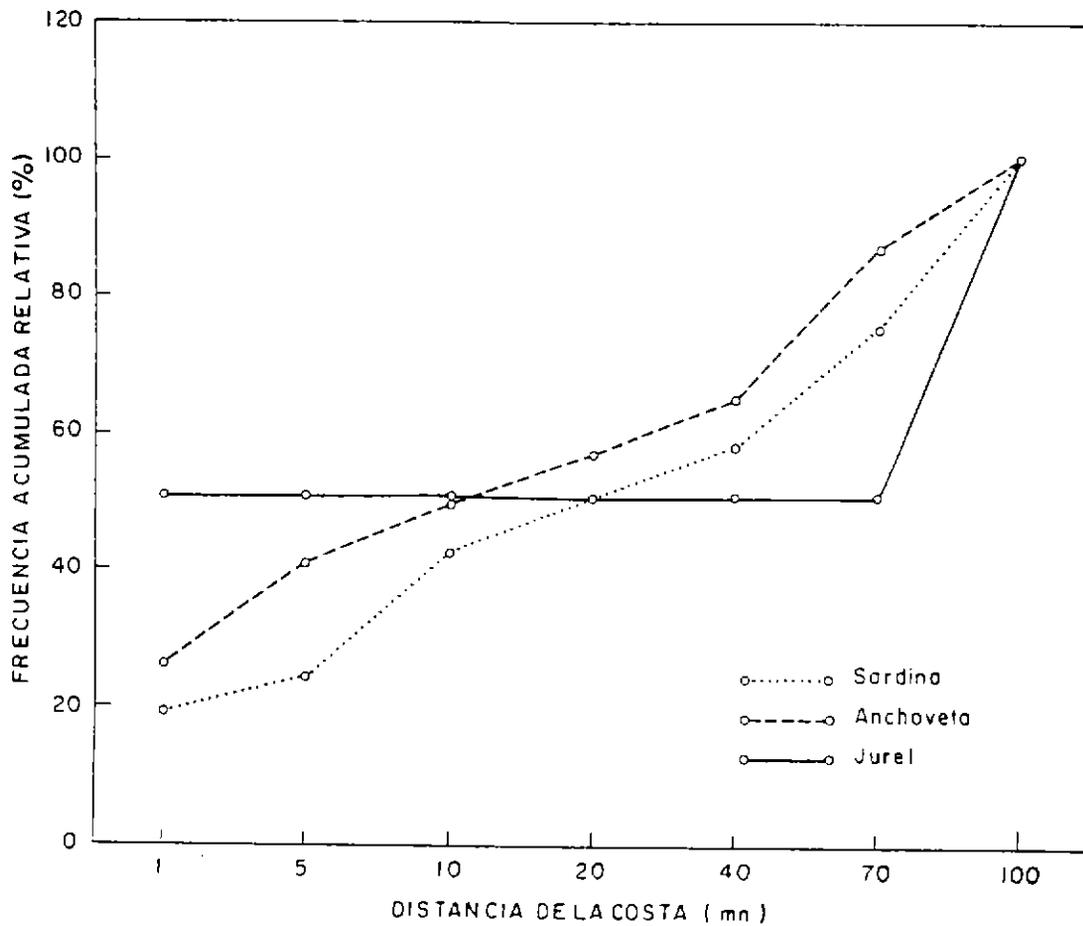
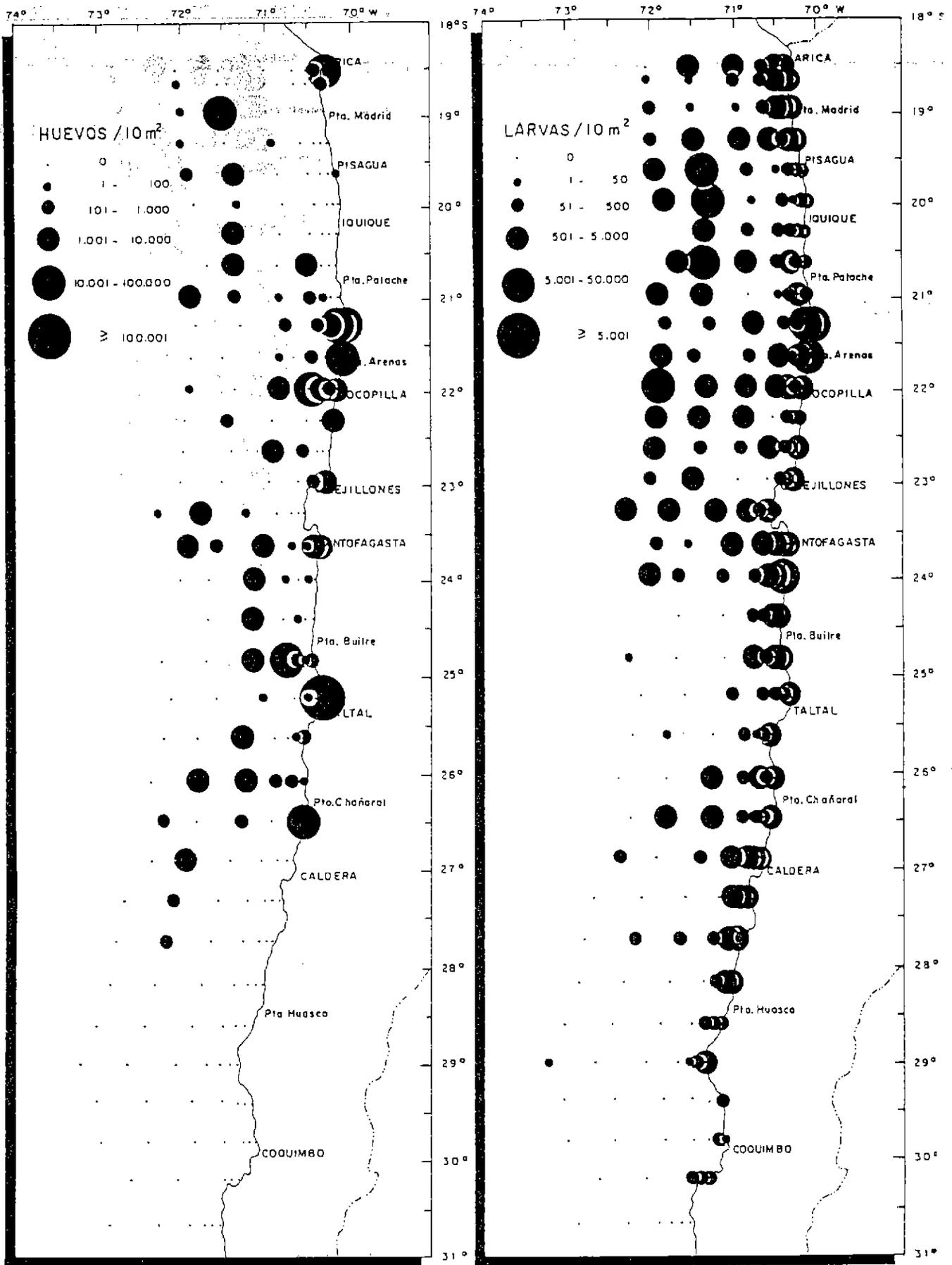


Figura 53. Frecuencia acumulada relativa de larvas de sardina, anchoveta y jurel con respecto a la distancia de la costa.

**COPIA
INFORMATIVA**



ANCHOVETA

Figura 54. Distribución y abundancia de huevos y larvas de anchoveta, *Engraulis ringens*.

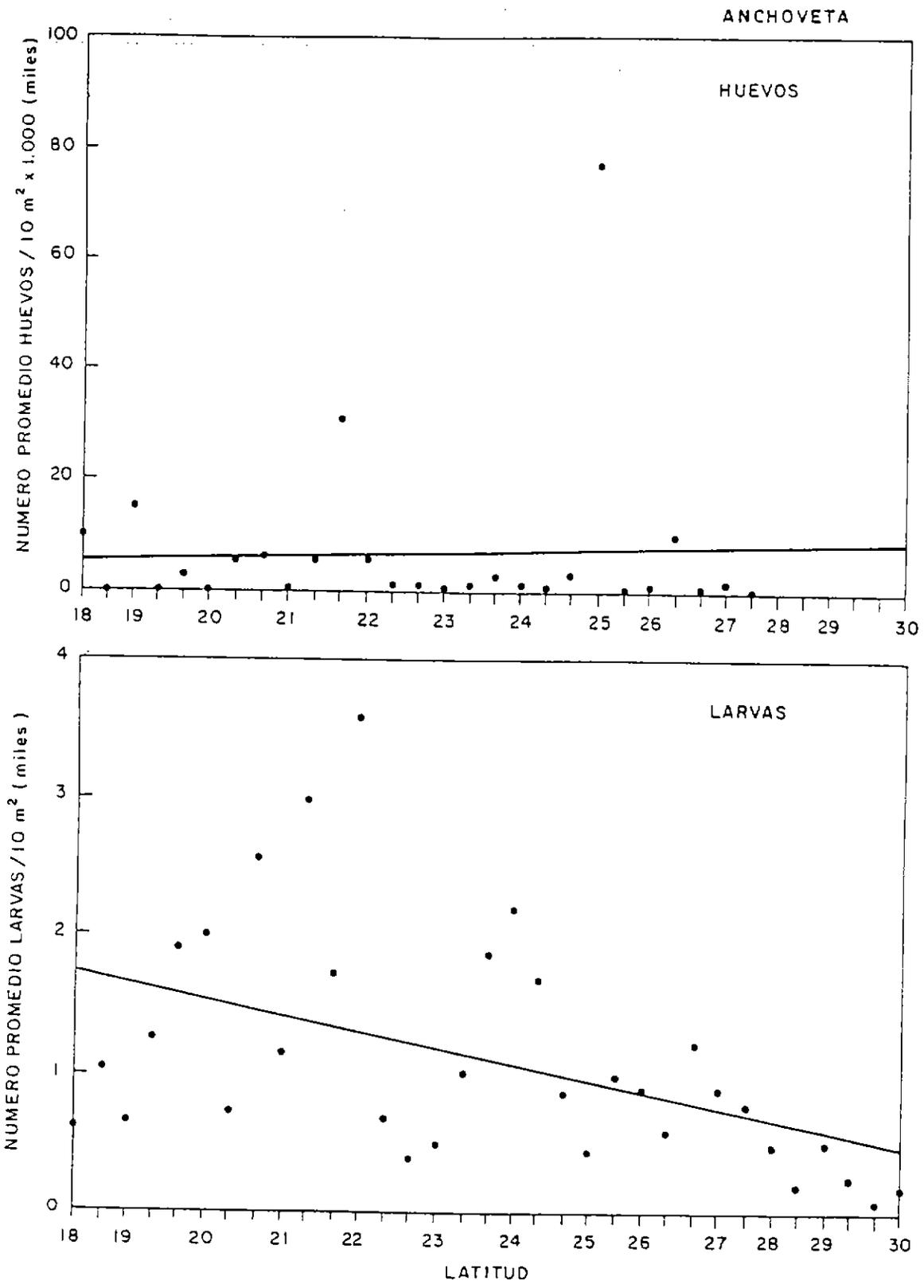


Figura 5b. Curvas de tendencia de la abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la latitud.

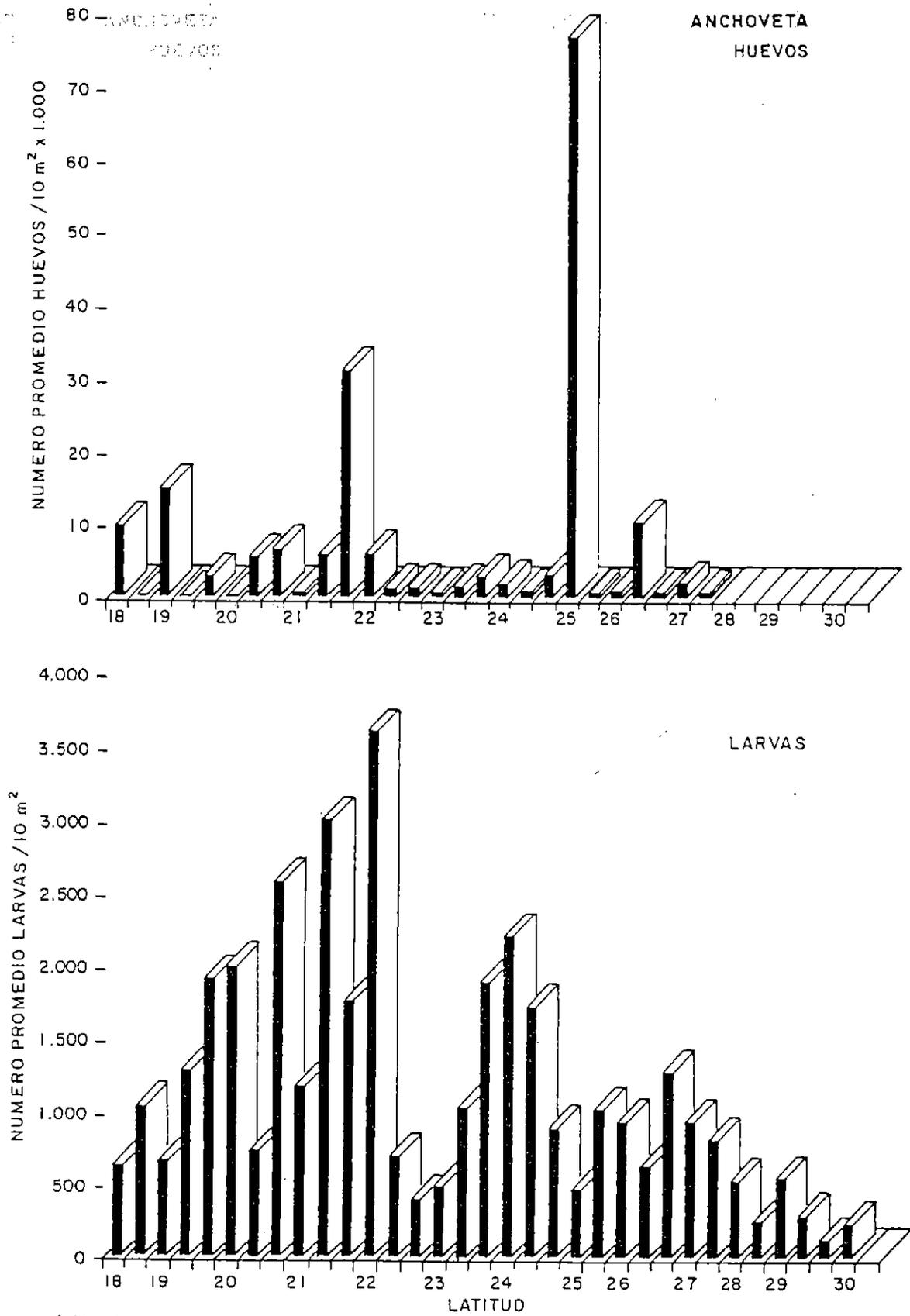
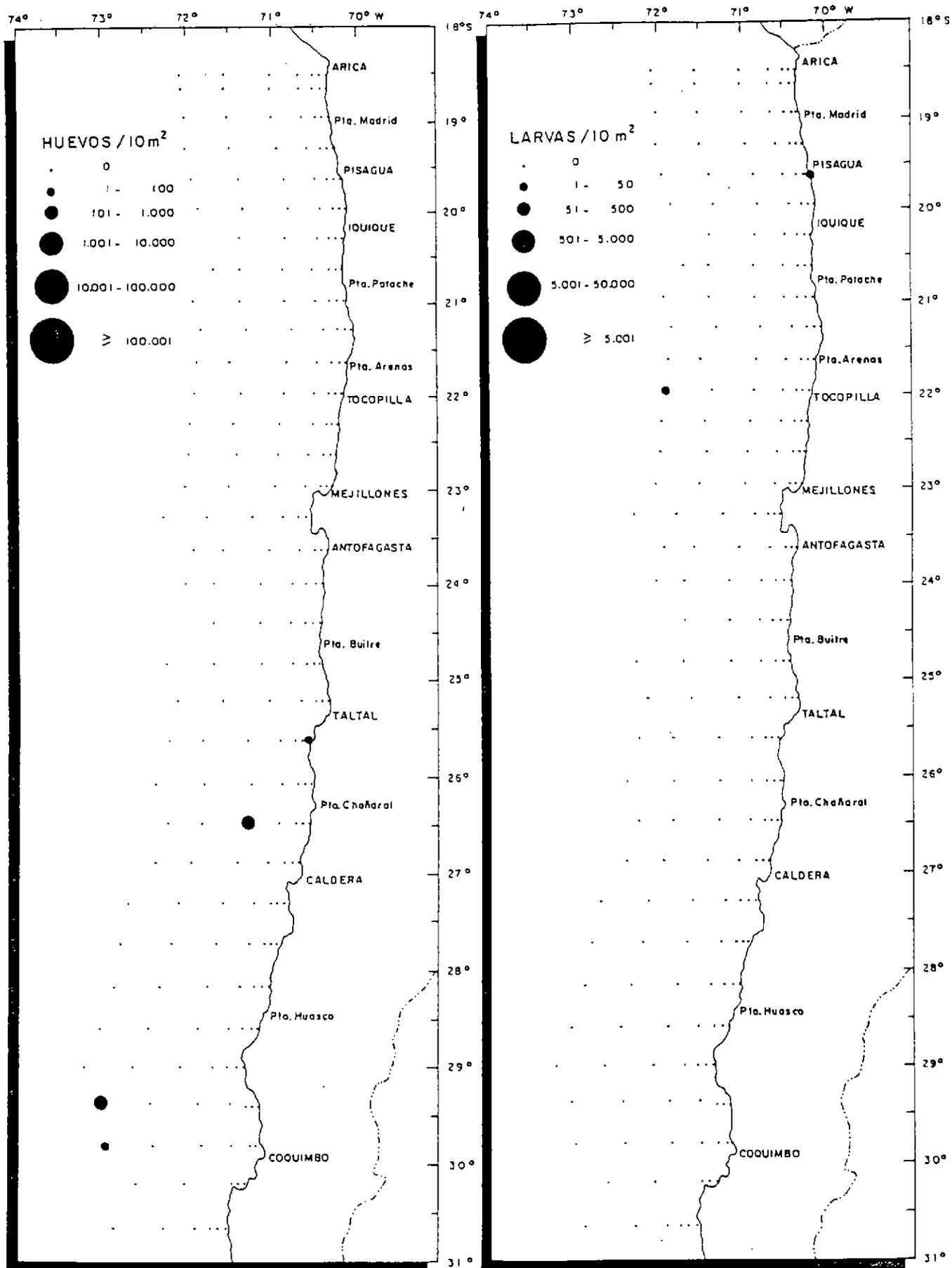


Figura 56. Abundancia promedio de huevos y larvas de anchoveta con respecto a la latitud.



JUREL

Figura 57. Distribución y abundancia de huevos y larvas de jurel, *Trachurus murphyi*.

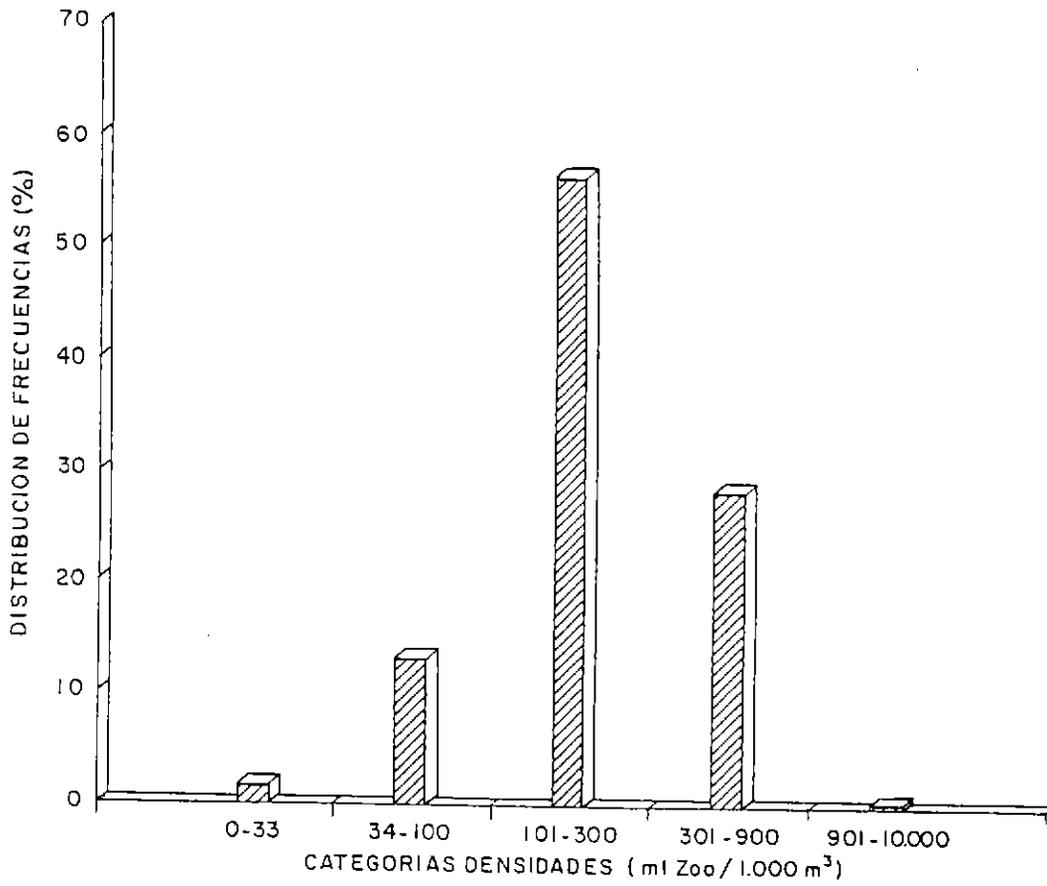


Figura 58. Distribución de frecuencias por categorías de densidades de la biomasa zooplanctónica.

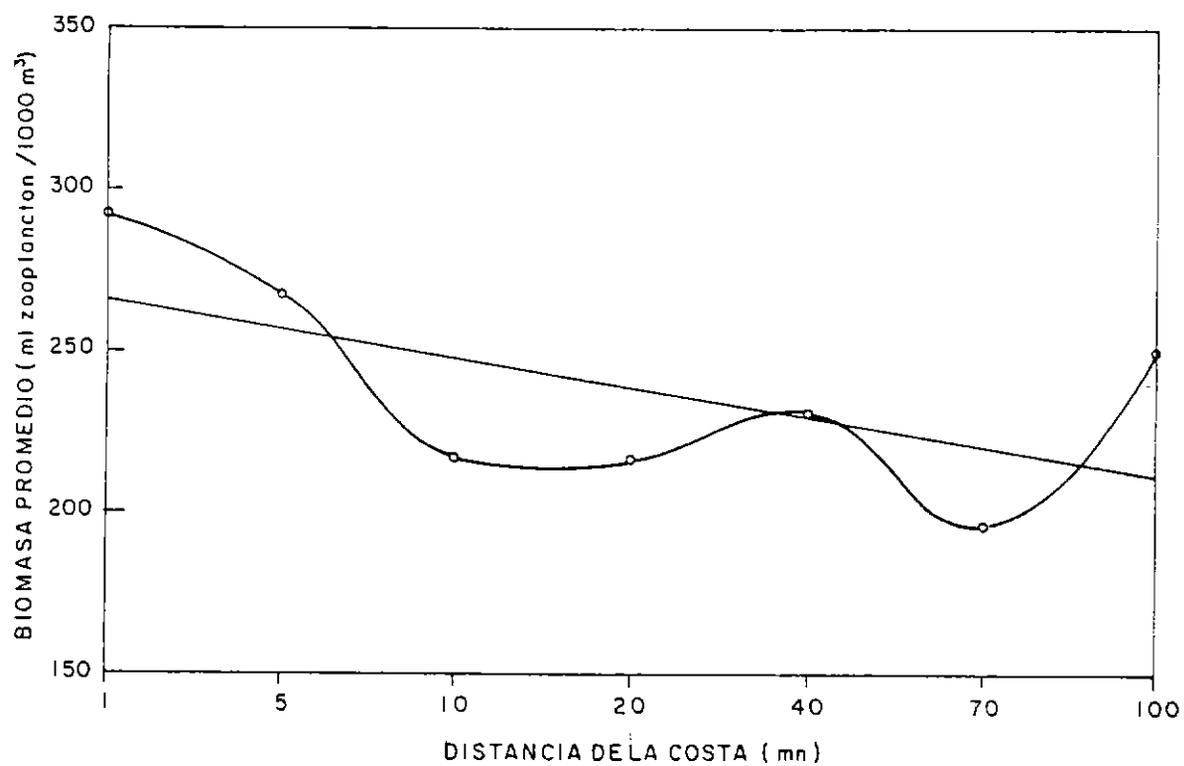


Figura 59. Biomasa promedio y curva de tendencia por estaciones a igual distancia de la costa.

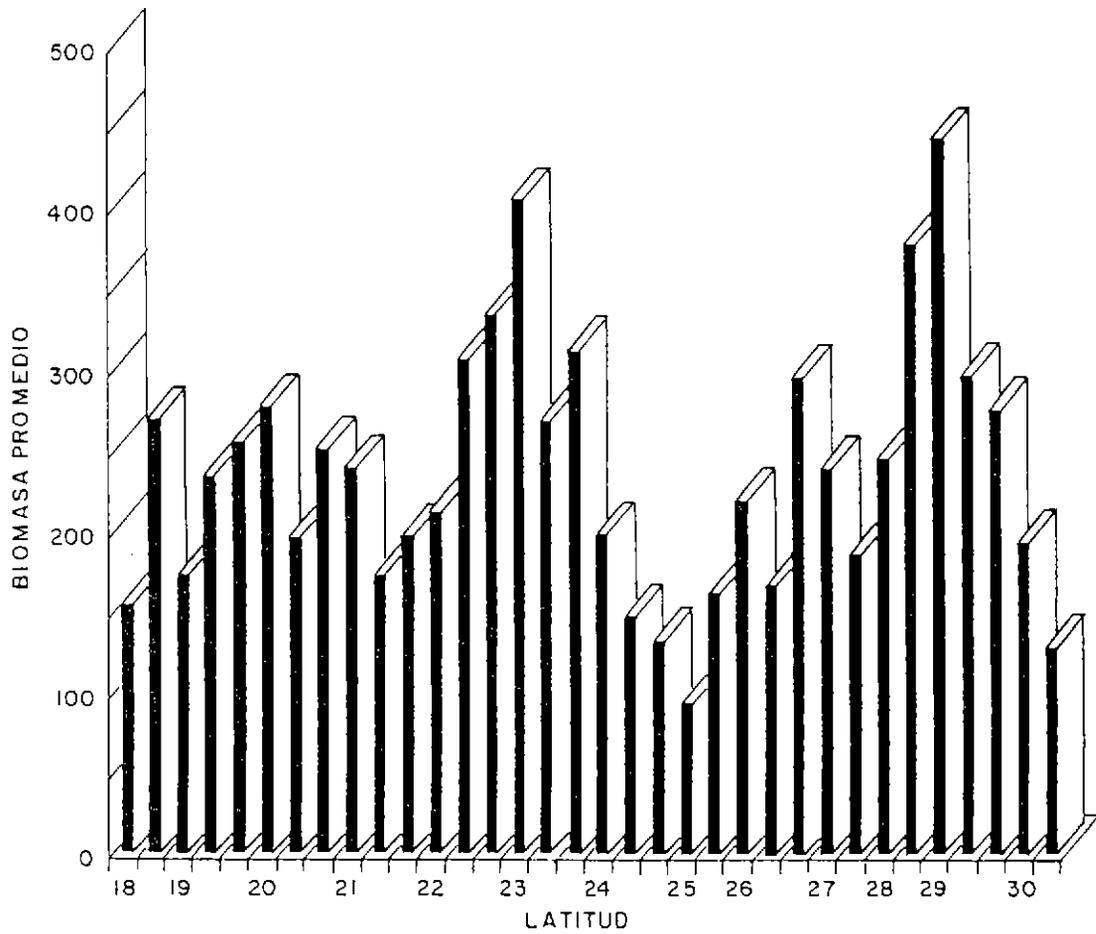


Figura 60. Biomasa promedio del zooplancton con respecto a la latitud.

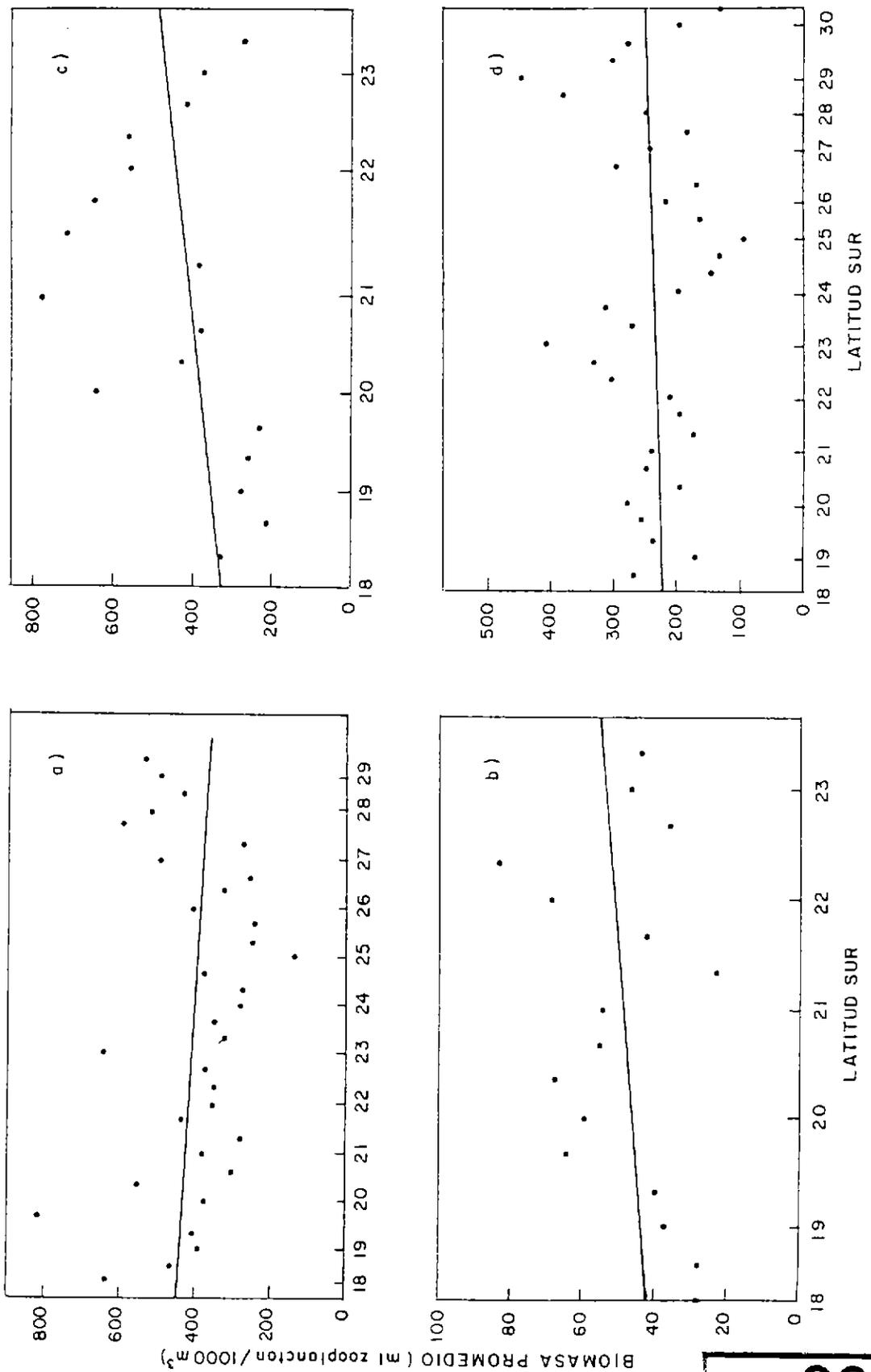


Figura 61. Curvas de tendencia de la abundancia promedio del zooplancton con respecto a la latitud en invierno de los años 1994 (a), 1993 (b), 1992 (c) y 1995 (d).

**COPIA
INFORMATIVA**

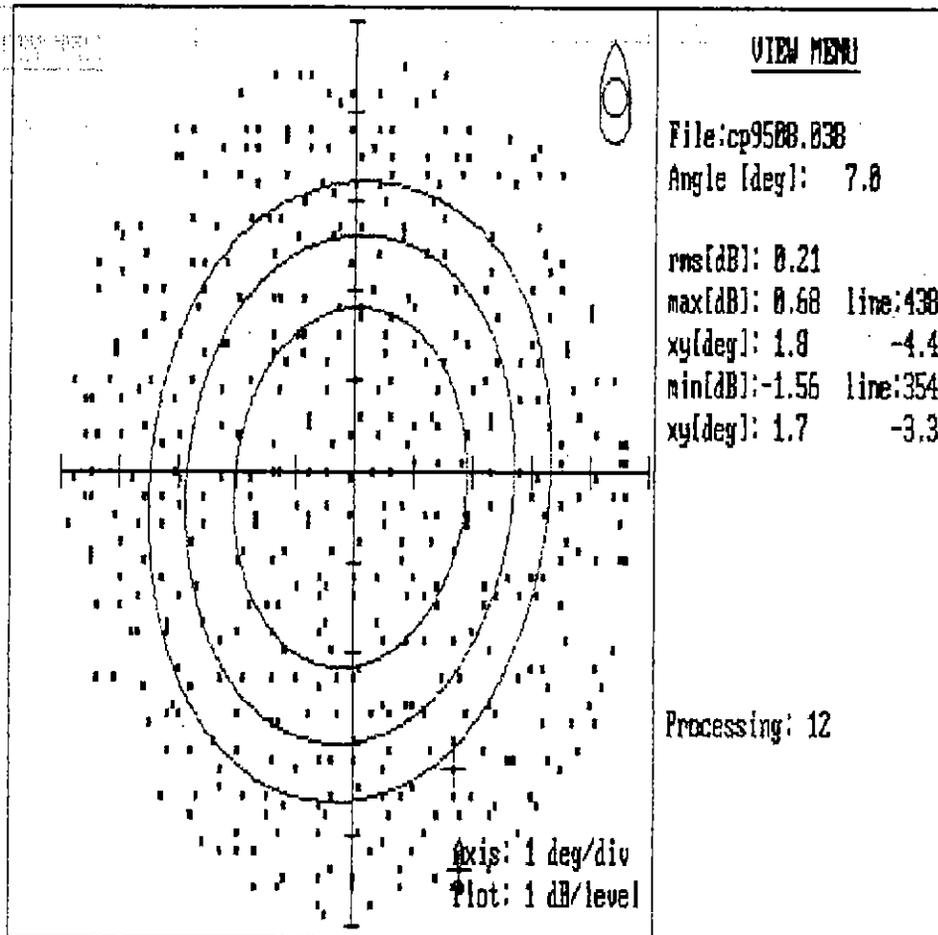


Figura 62. Patrón de directividad medido en la frecuencia de 38 KHz del B/I Carlos Porter. Crucero PELANOR 9508-09.

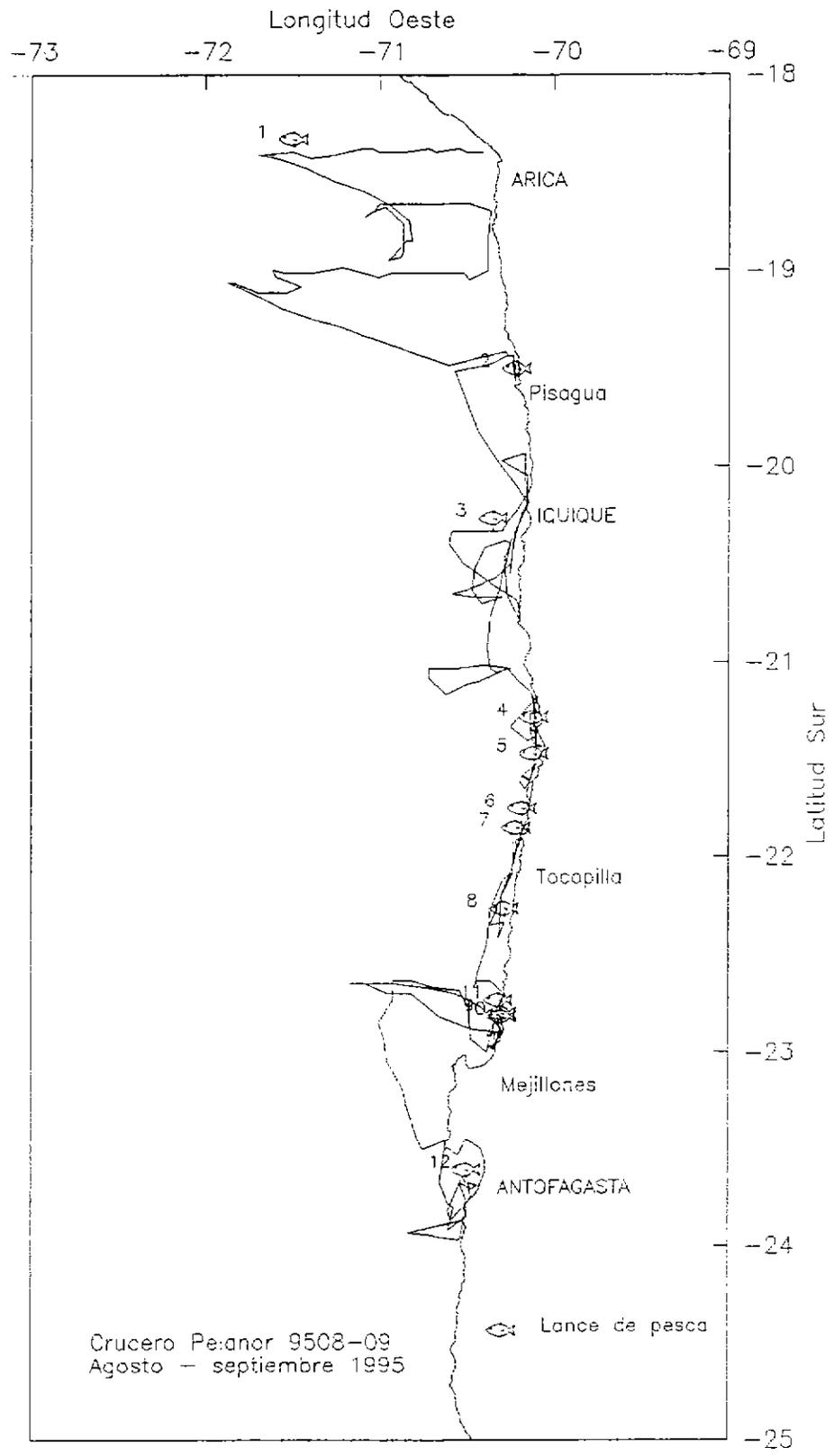


Figura 63. Recorrido del PAM La Portada y posición de los lances de identificación.

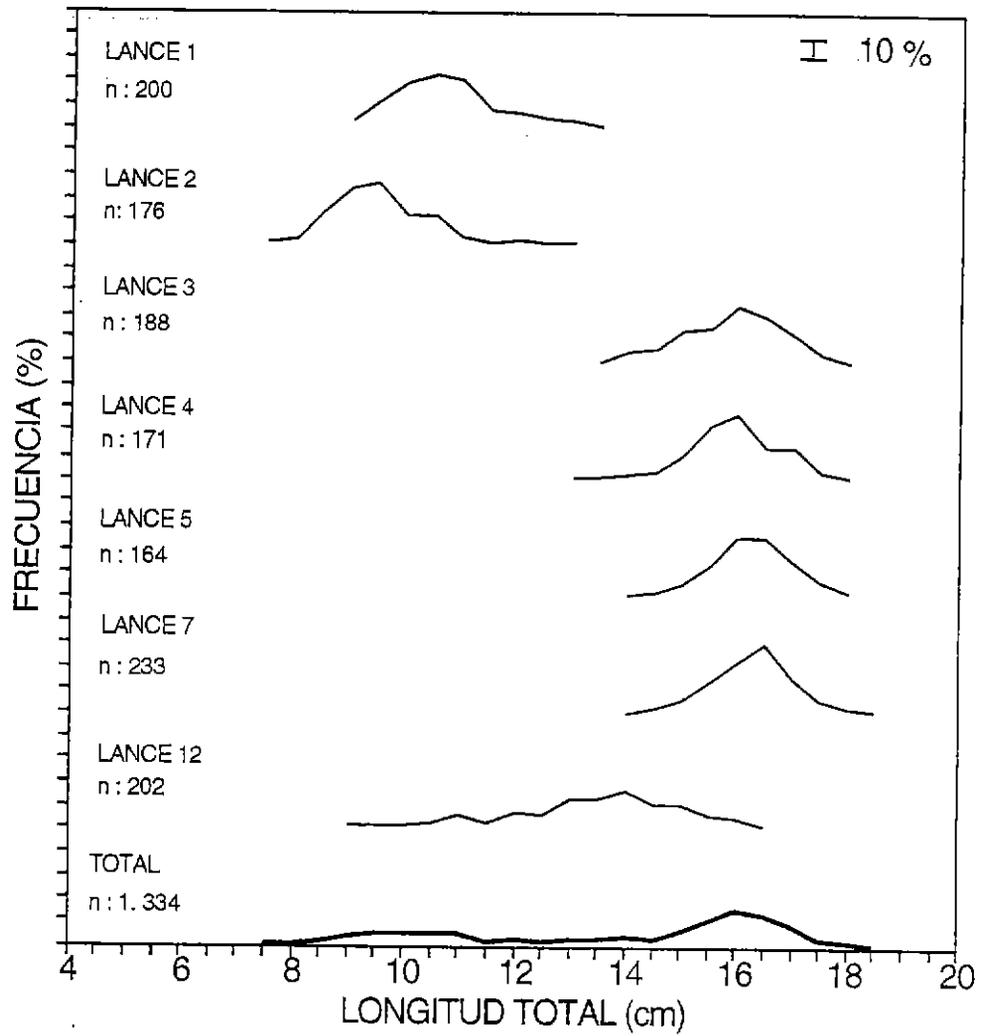


Figura 64. Distribución de frecuencias de longitudes de anchoveta en lances de identificación. Crucero PELANOR 9508-09.

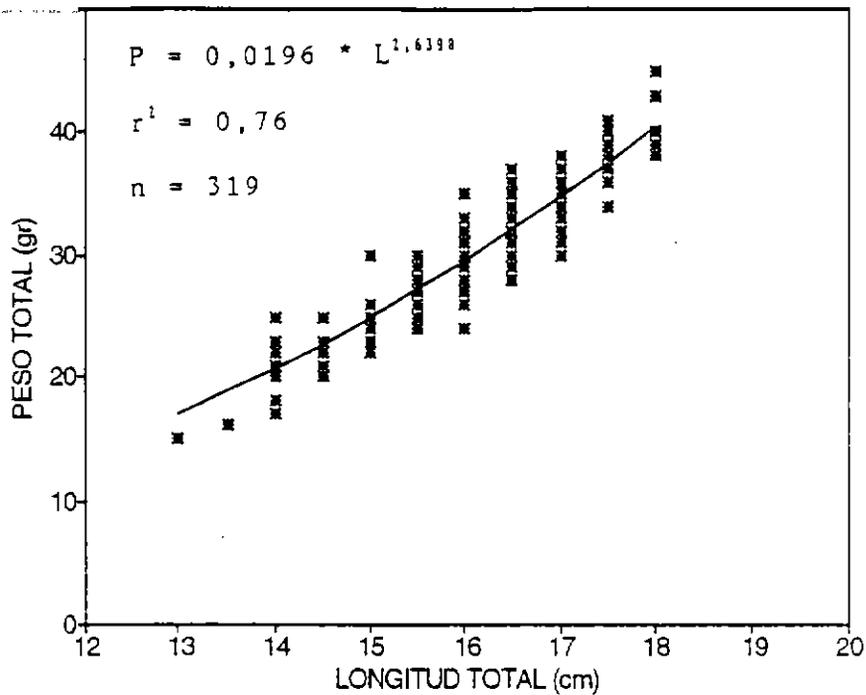


Figura 65. Relación longitud-peso de las muestras de anchoveta, provenientes de los lances de identificación. Crucero PELANOR 9508-09.

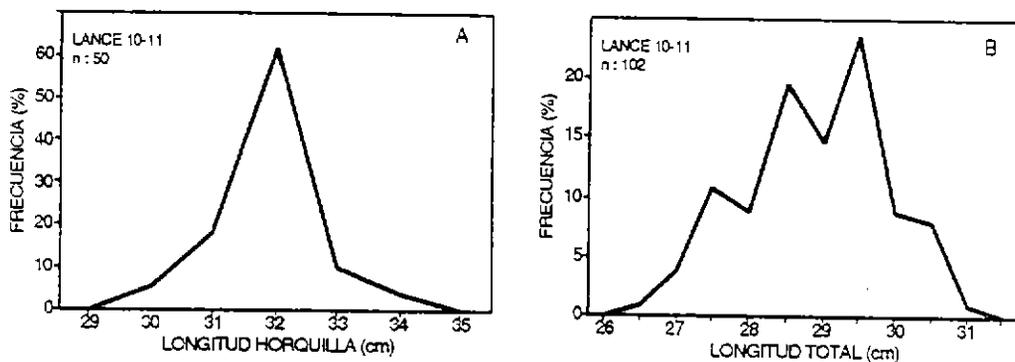


Figura 66. Distribución de frecuencias de longitudes de A) jurel B) sardina española, provenientes de los lances de identificación. Crucero PELANOR 9508-09.

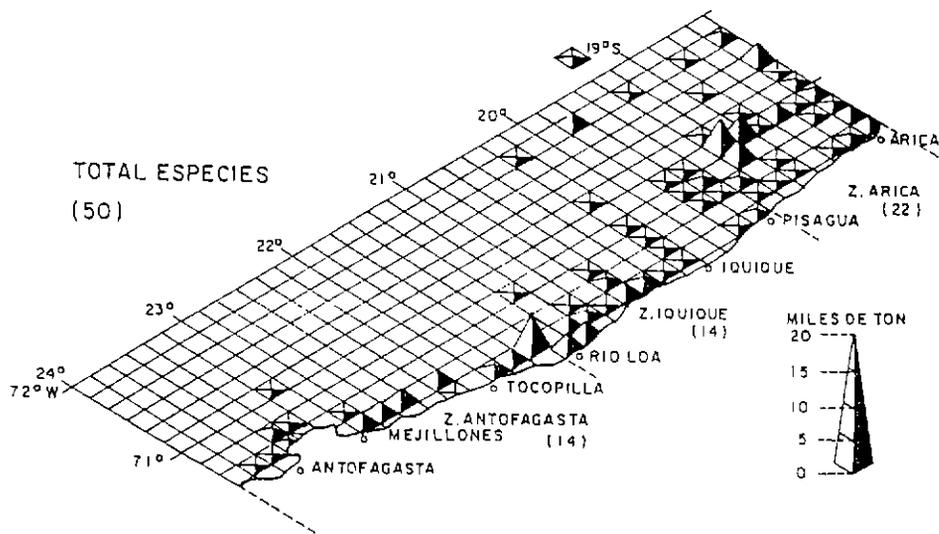


Figura 67. Capturas del total de especies realizadas por la flota cerquera durante el periodo del crucero (Agosto 1995). PELANOR 9508-09.

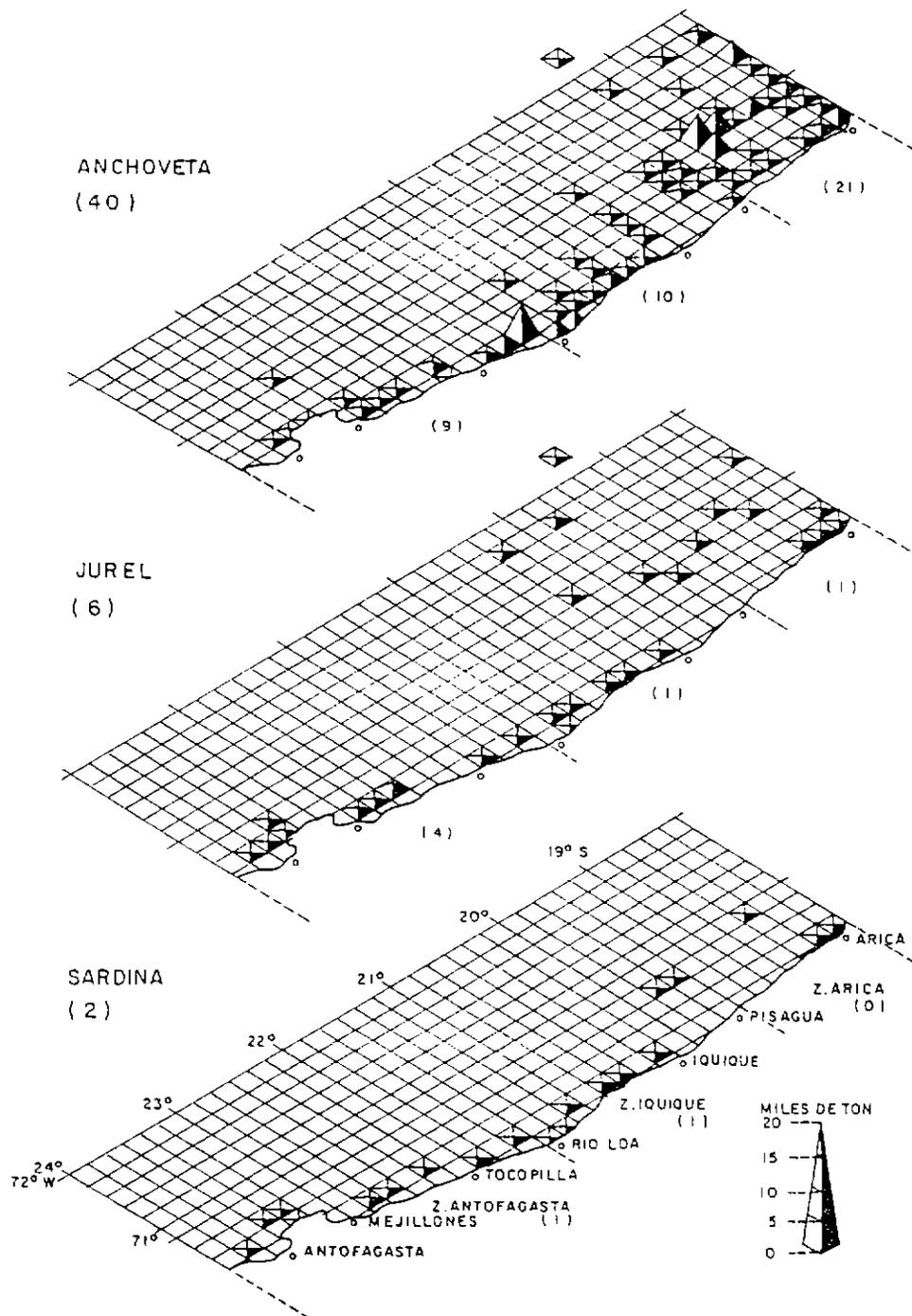


Figura 68. Capturas por especie realizadas durante agosto 1995 por la flota cerquera de la zona norte (PELANOR 9508-09).

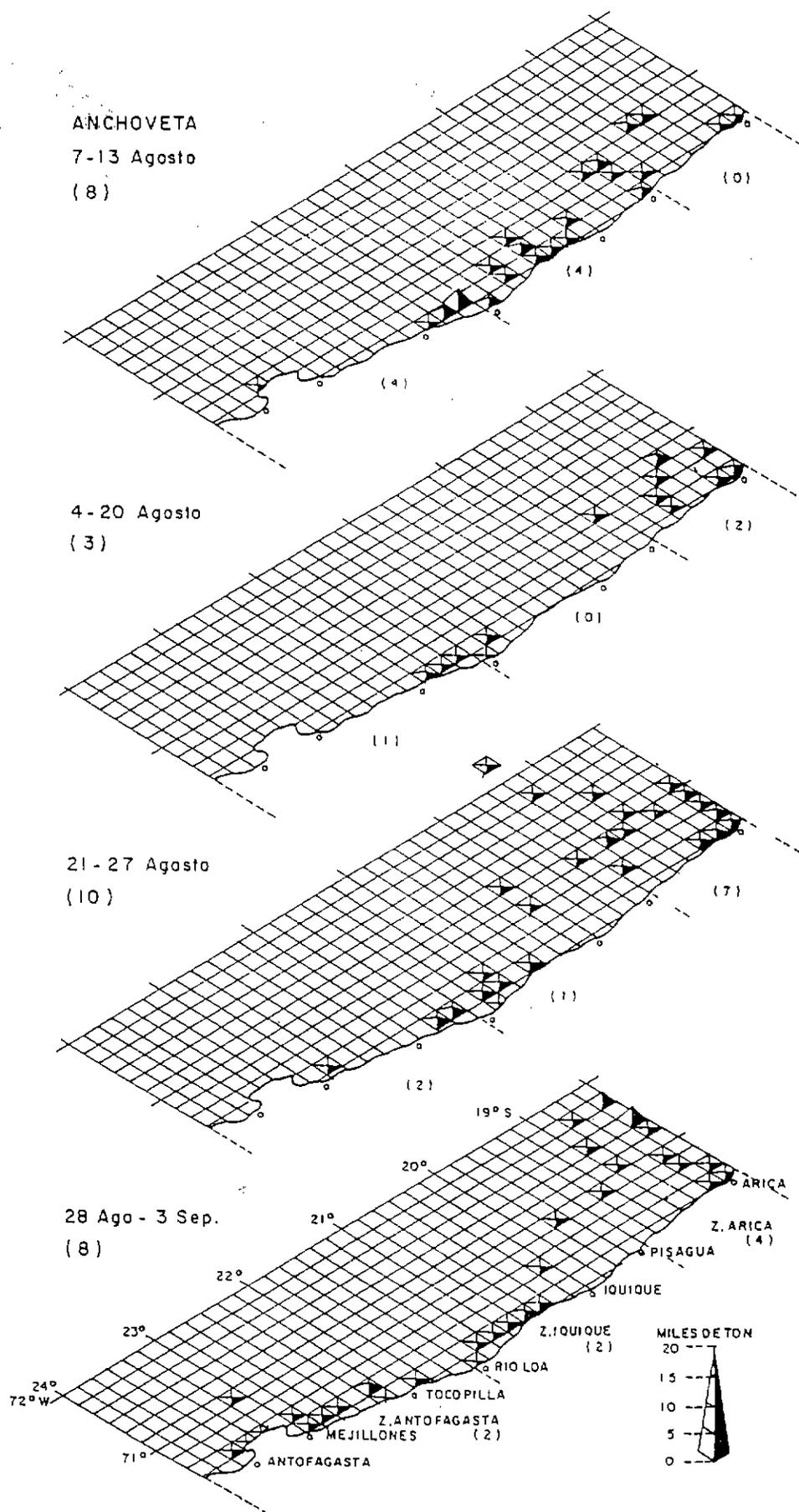


Figura 69. Capturas semanales de anchoveta de la flota cerquera durante el periodo del crucero PELANOR 9508-09.

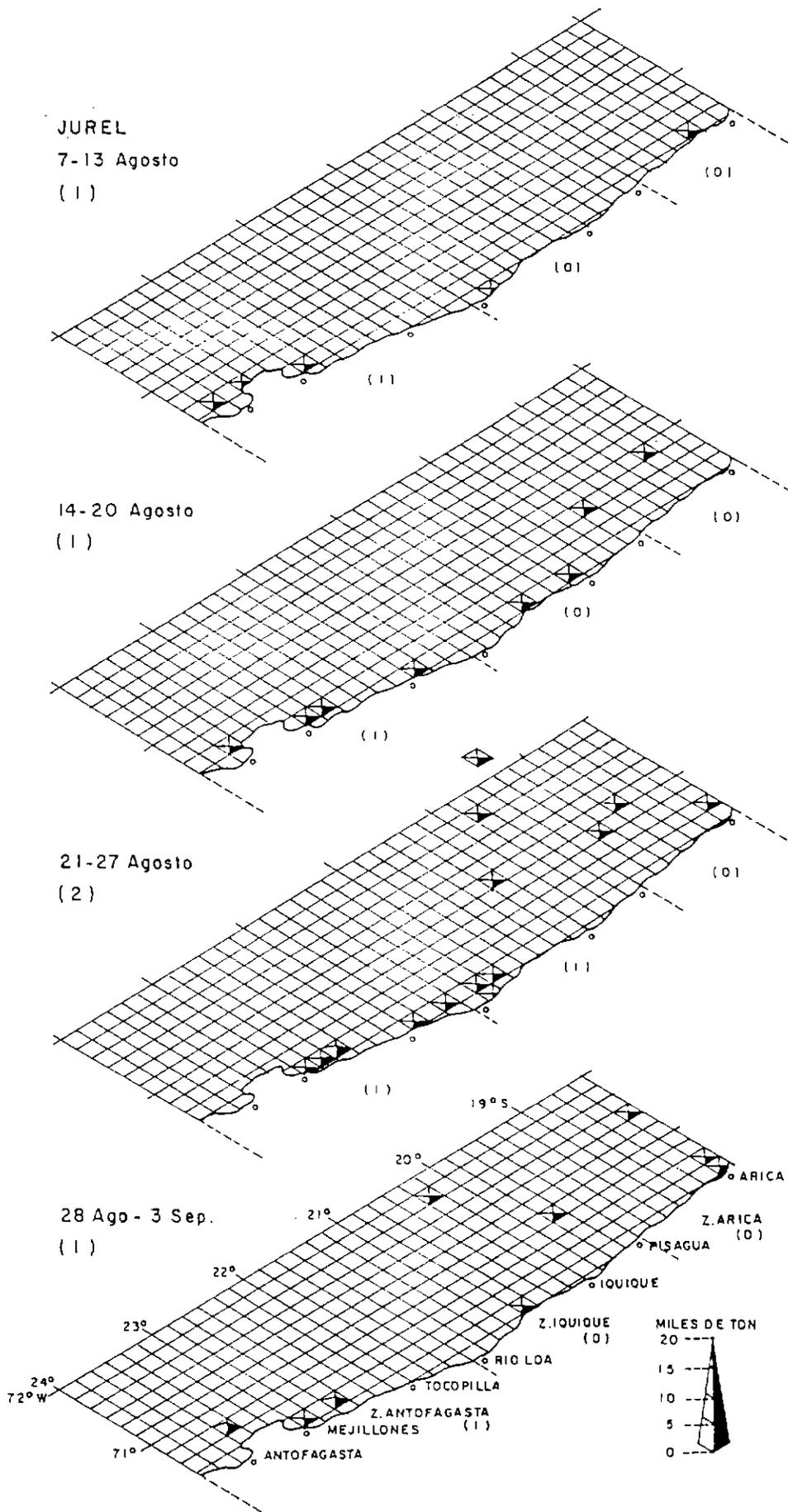


Figura 70. Capturas semanales de jurel realizadas por la flota cerquera durante el periodo del crucero. PELANOR 9508-09.

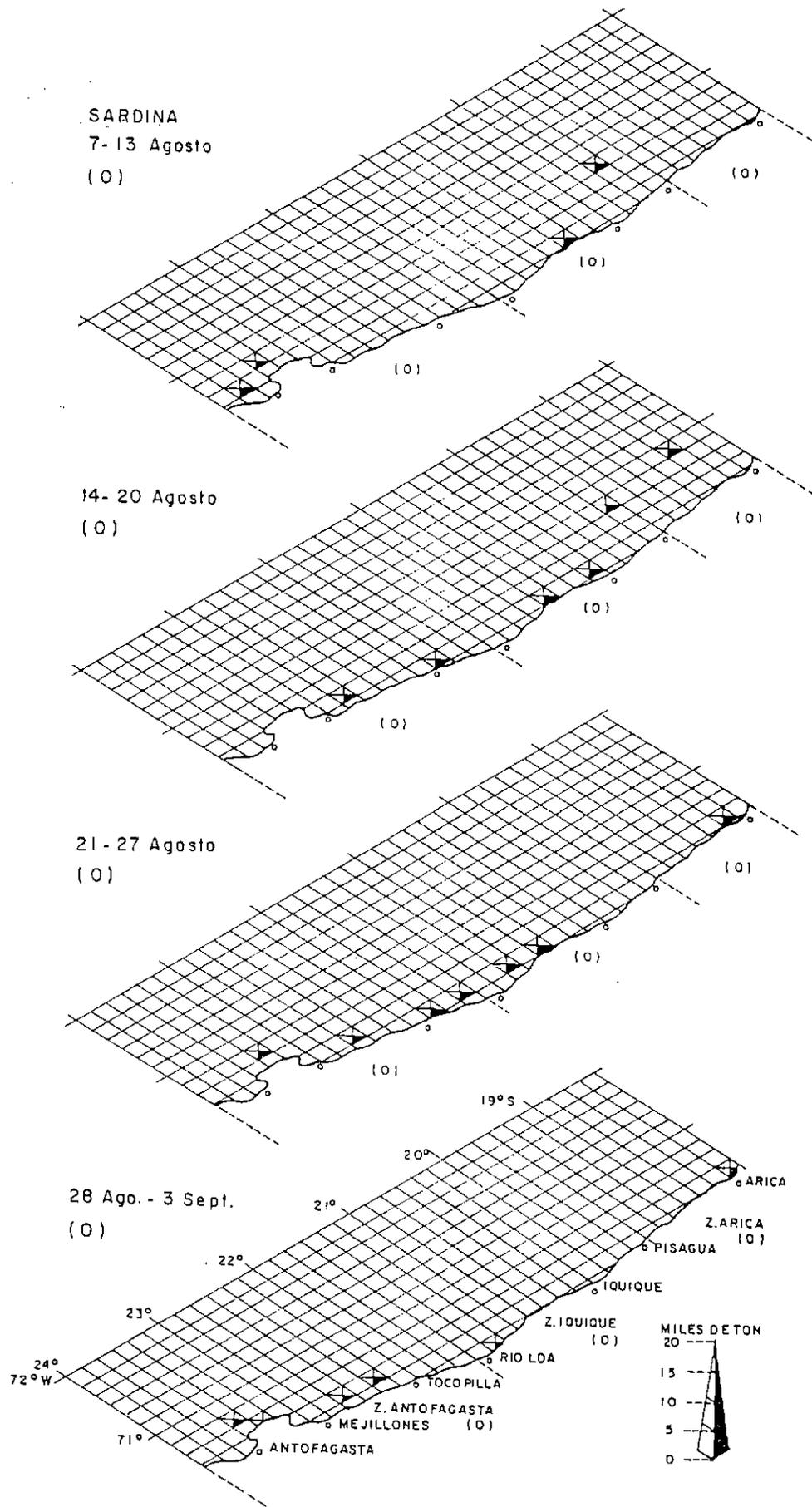


Figura 71. Capturas semanales de sardina española realizadas por la flota cerquera durante el período del crucero. PELANOR 9508-09.

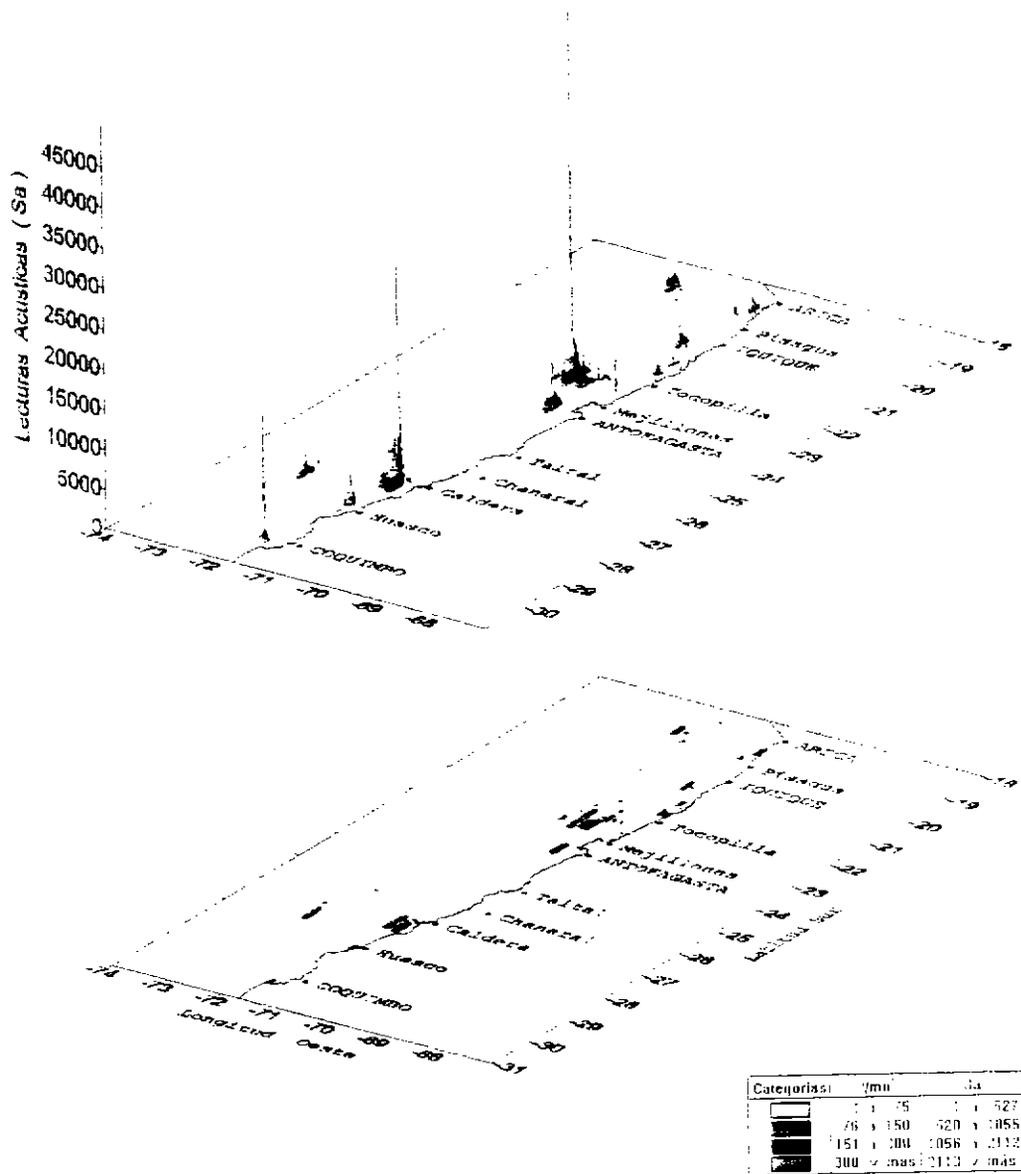


Figura 72. Distribución geográfica del total de especies.
Crucero PELANOR 9508-09.



,

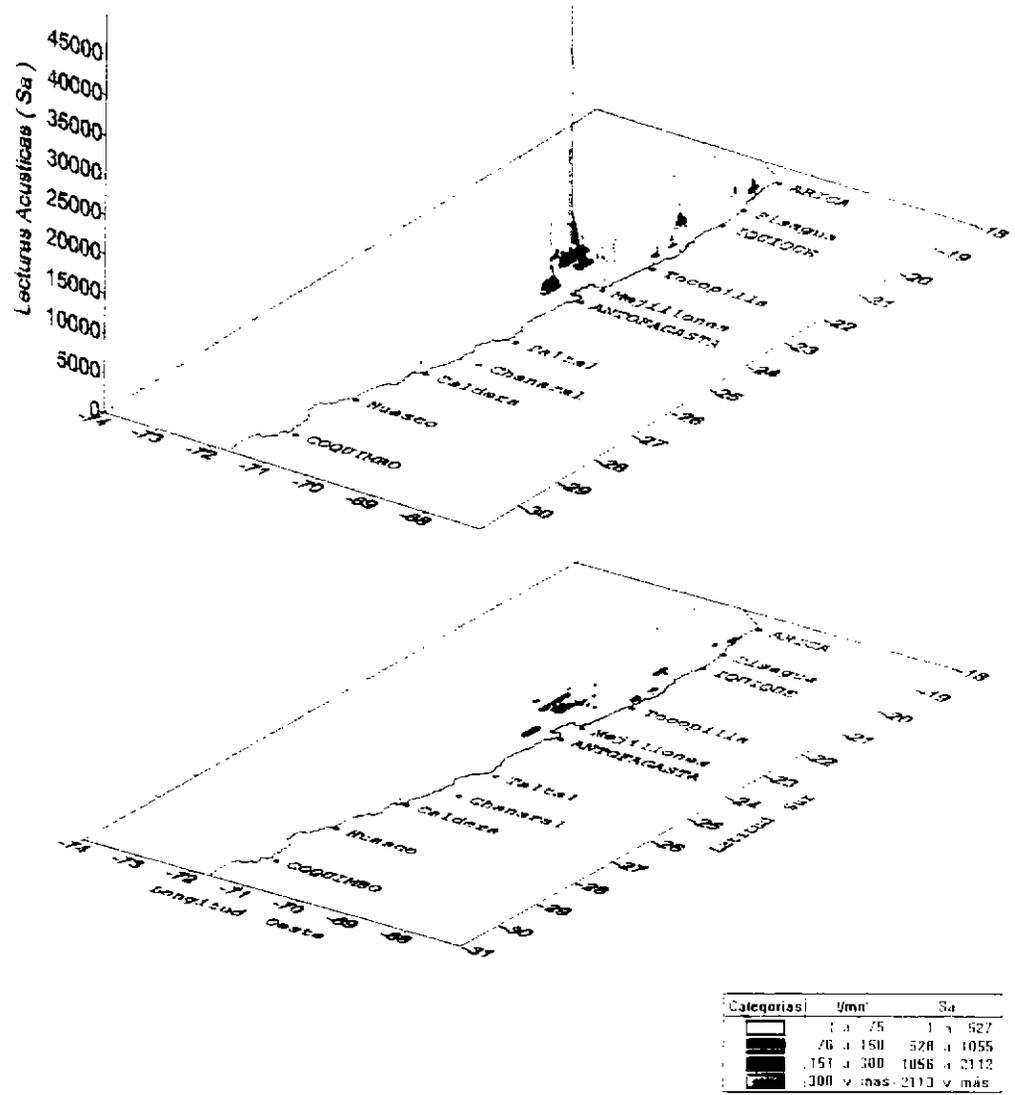
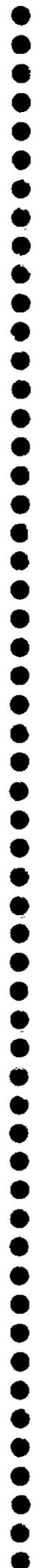


Figura 73. Distribución geográfica de anchoveta, Cruceiro PELANOR 9508-09.



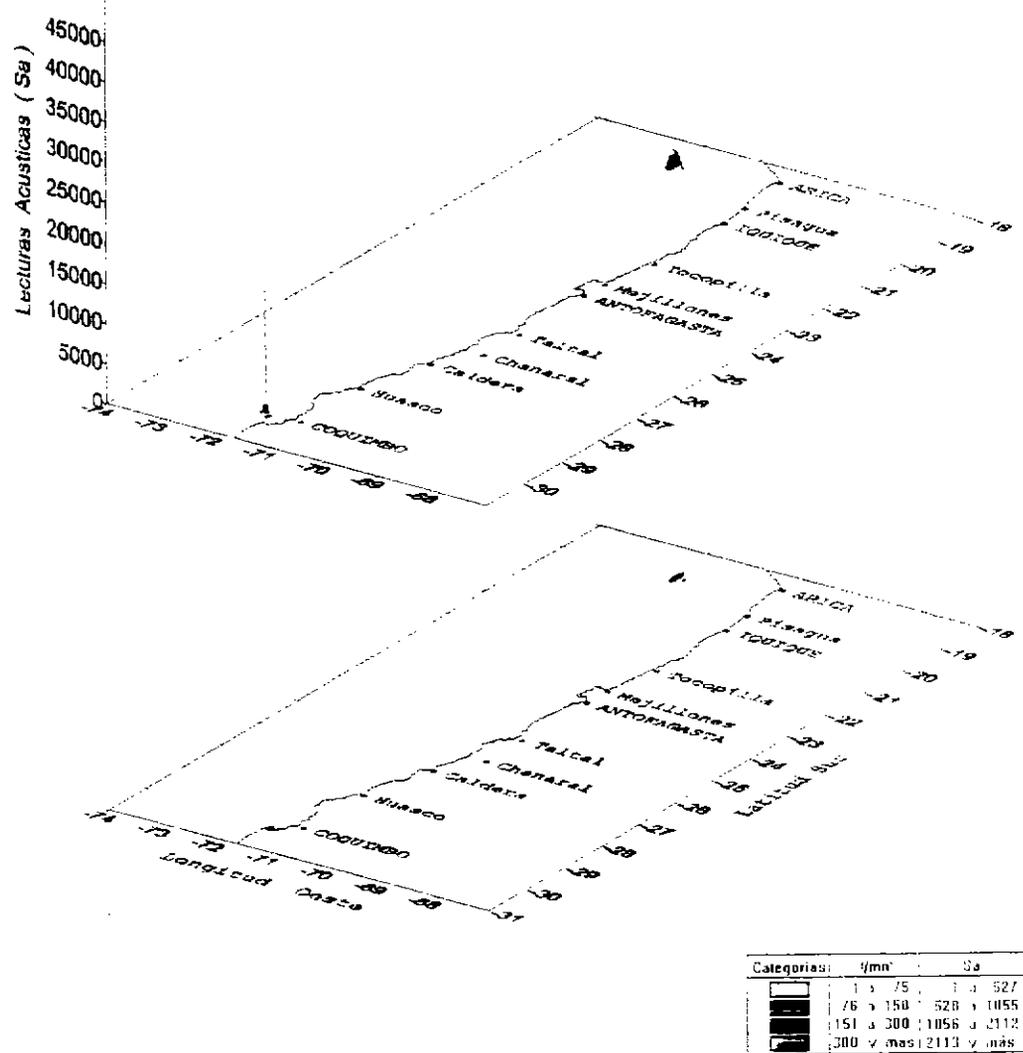


Figura 74. Distribución geográfica de sardina española, Crucero PELANOR 9508-09.



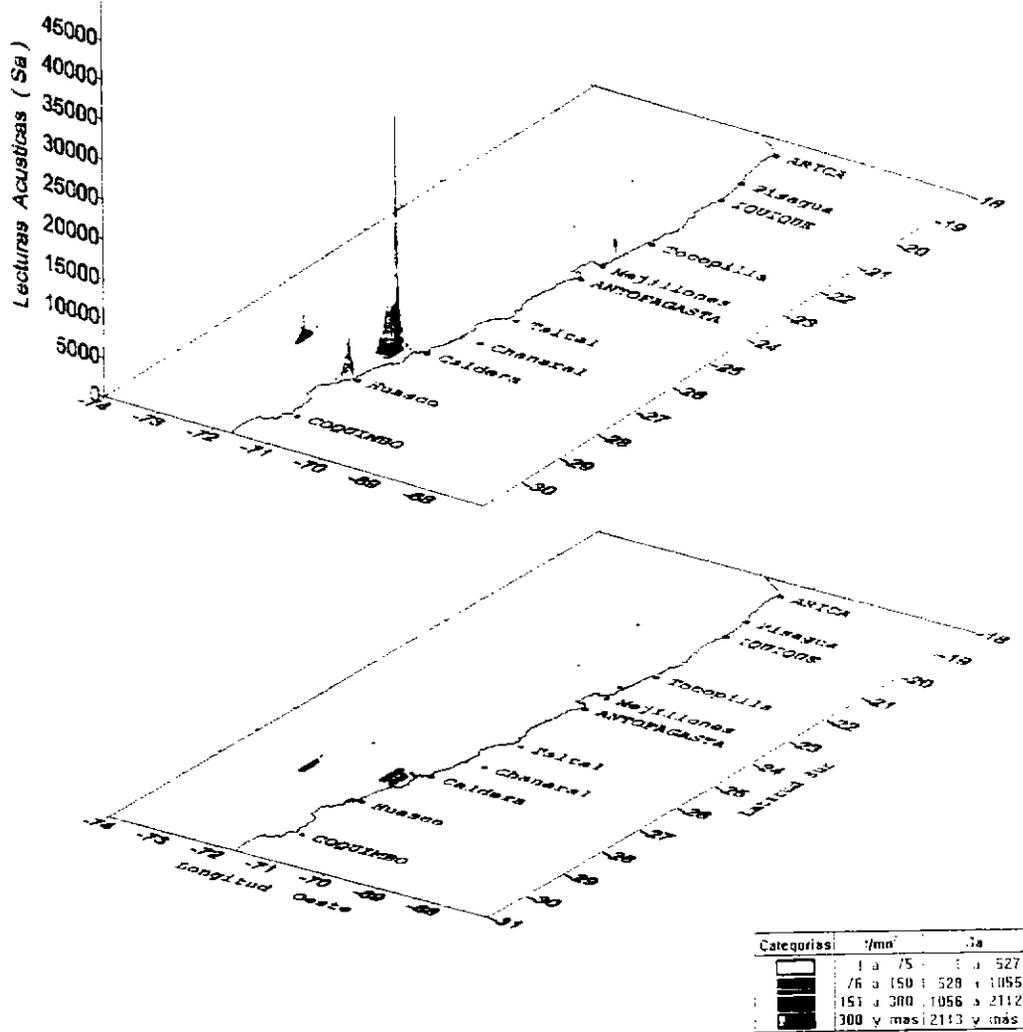
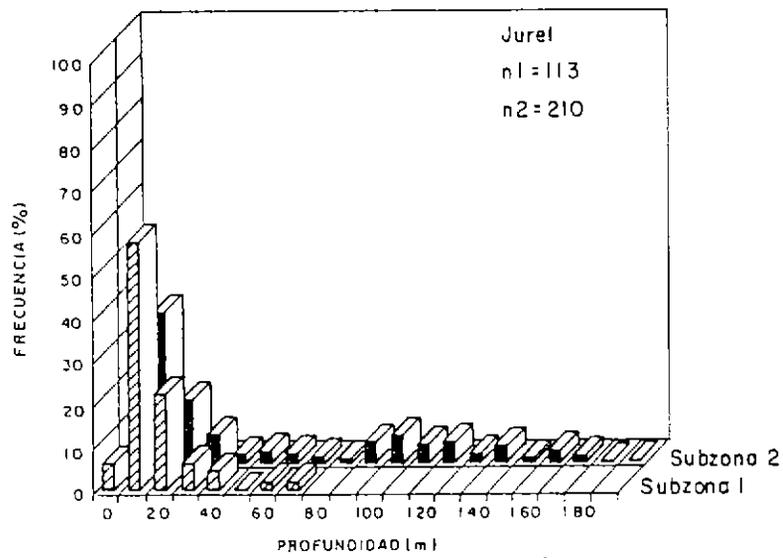
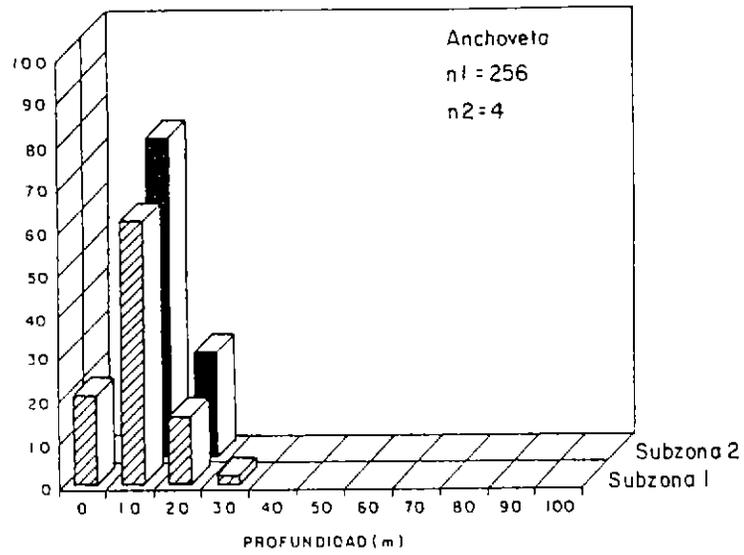


Figura 75. Distribución geográfica de jurel, Cruceiro PELANOR 9508-09.

**COPIA
INFORMATIVA**





Subzona 1 : Arica - Pta. Amarilla (24°00' S)
Subzona 2 : Pta. Amarilla - Pta. Talca (31°00' S)

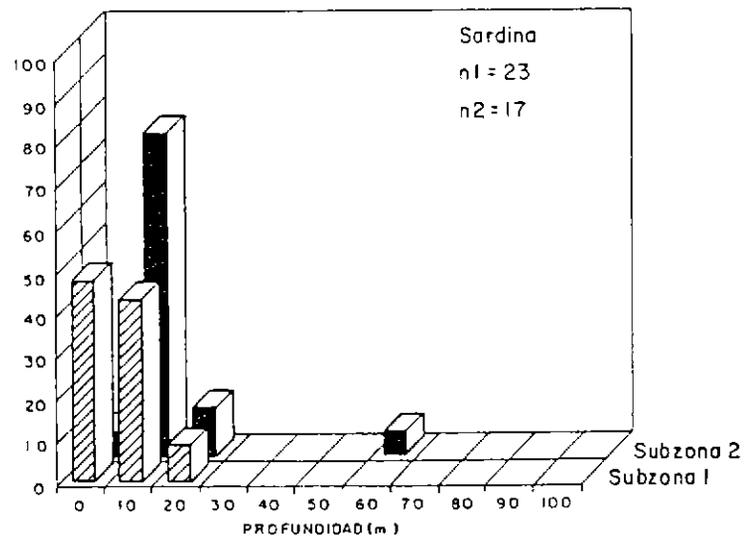


Figura 76. Distribución batimétrica de anchoveta, sardina española y jurel por subzona. Crucero PELANOR 9508-09.

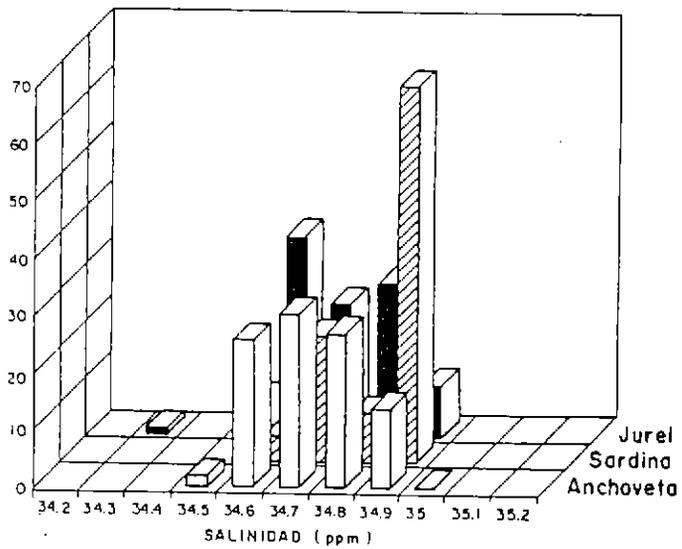
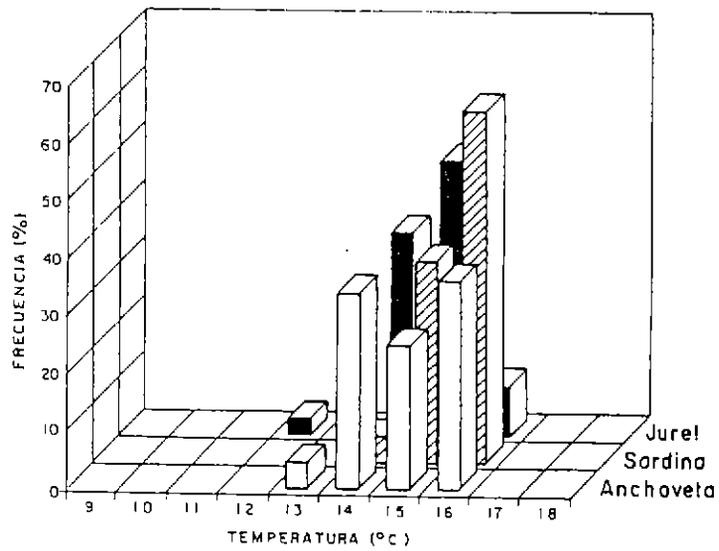


Figura 77a. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de temperatura y salinidad. Zona Arica - Antofagasta. Crucero PELANOR 9508-09.

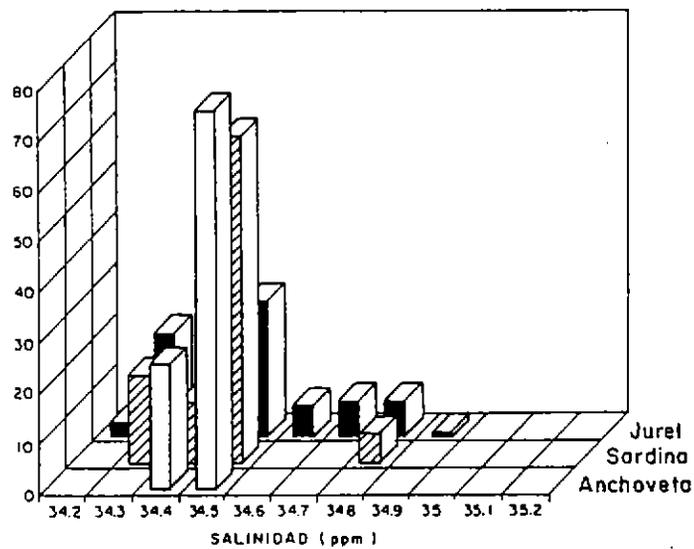
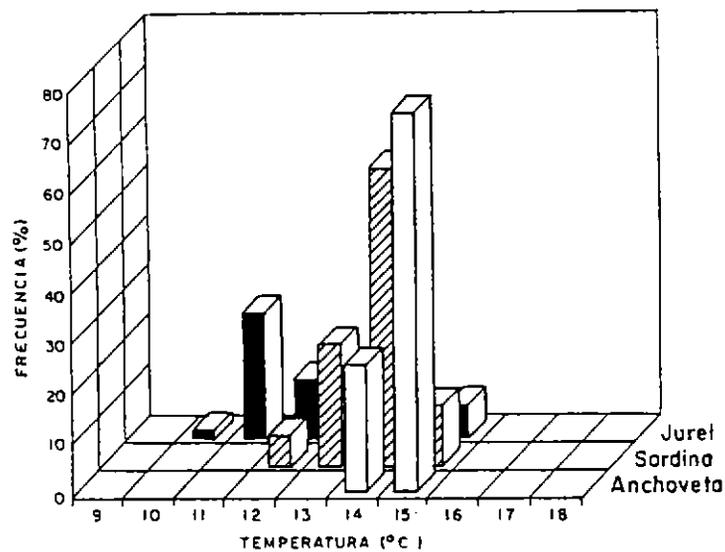


Figura 77b. Distribución de frecuencia de anchoveta, sardina y jurel por rango de temperatura y salinidad. Zona Antogagasta - Coquimbo. Crucero PELANOR 9508-09.

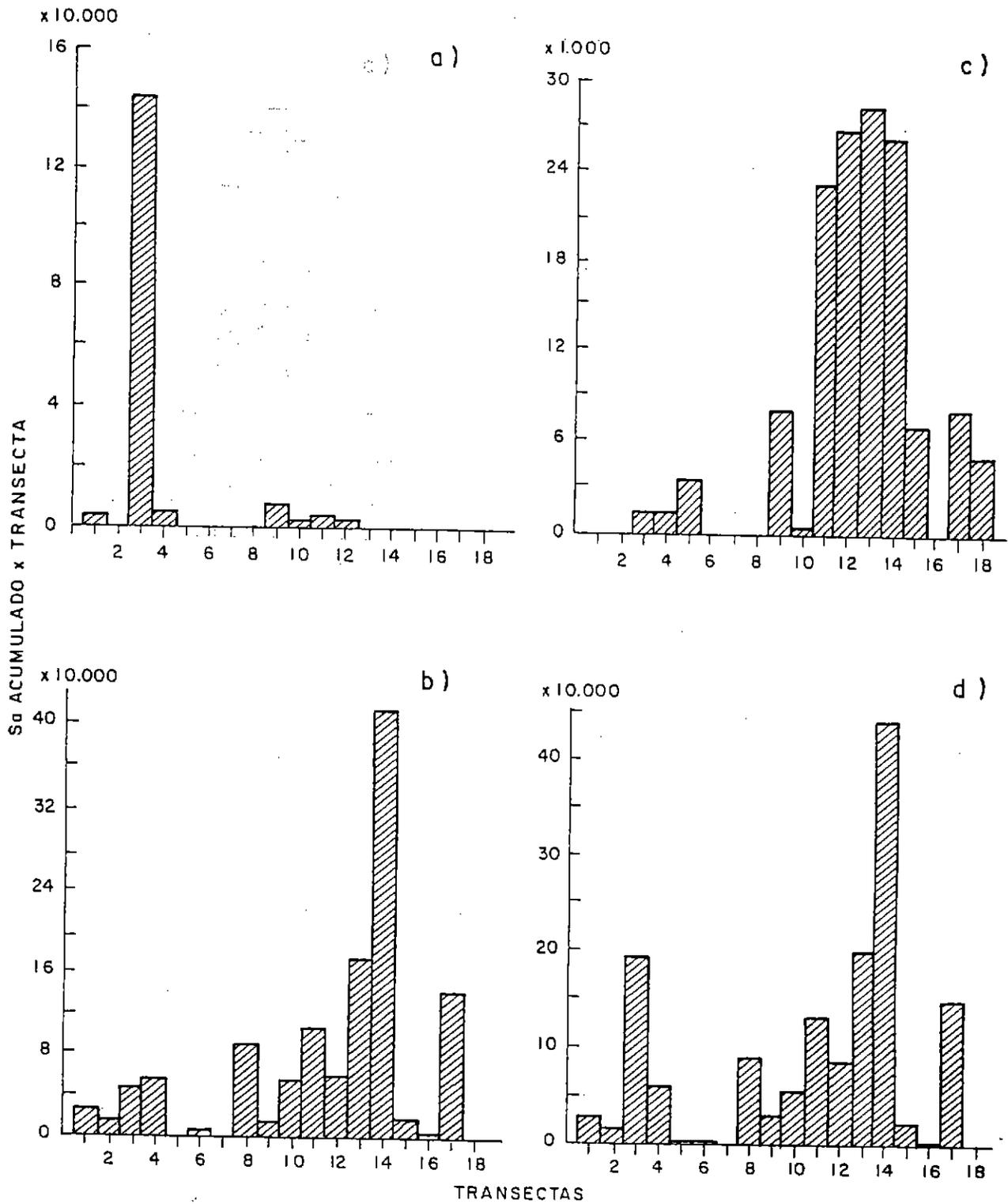


Figura 78. Histogramas de las lecturas acústicas (Sa) acumulados por transecta.

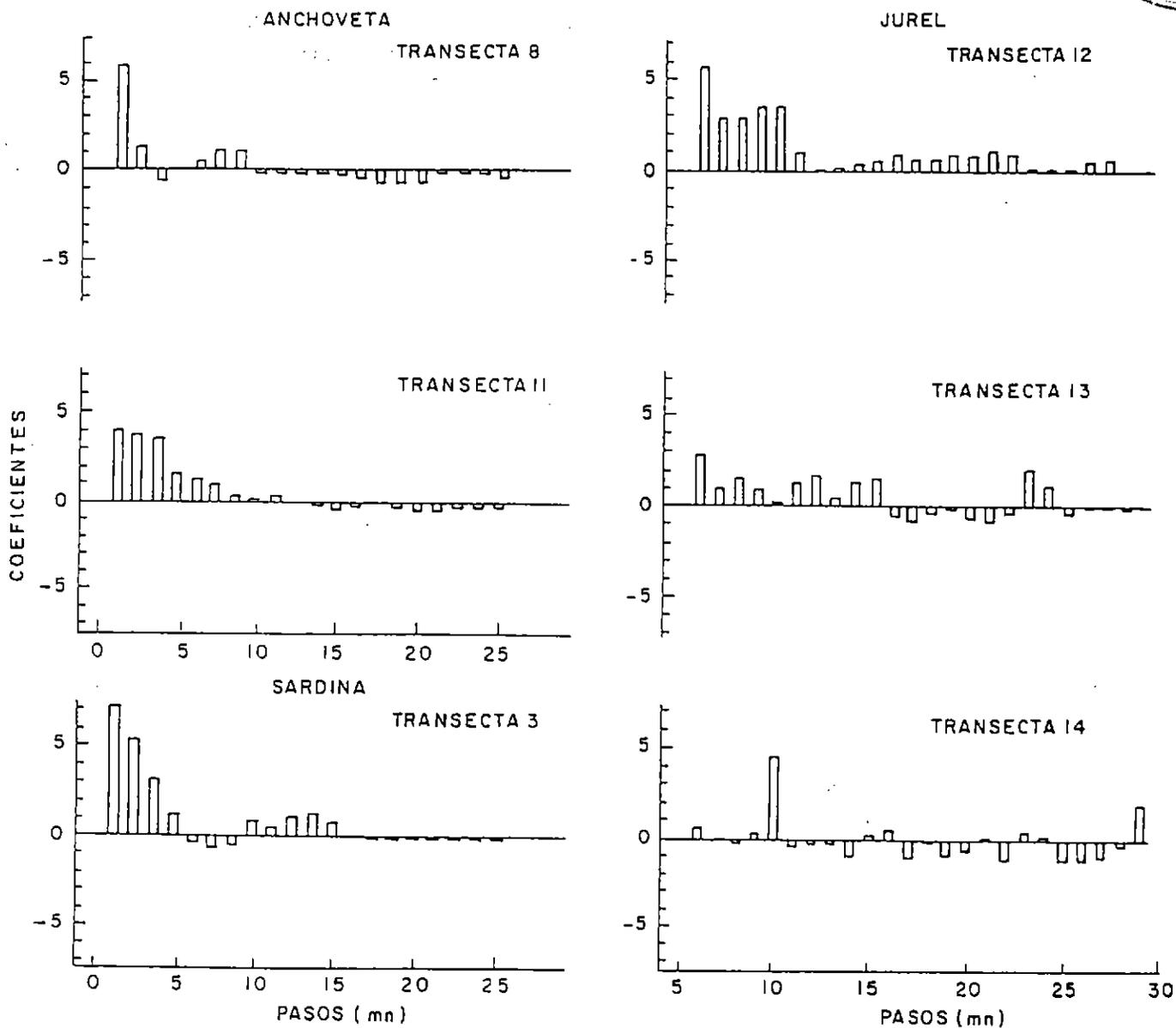
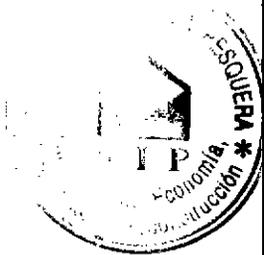
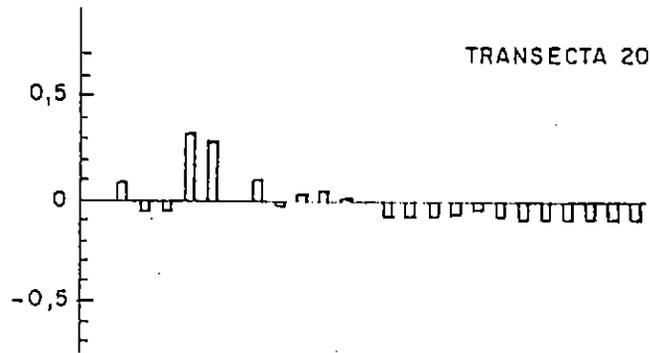
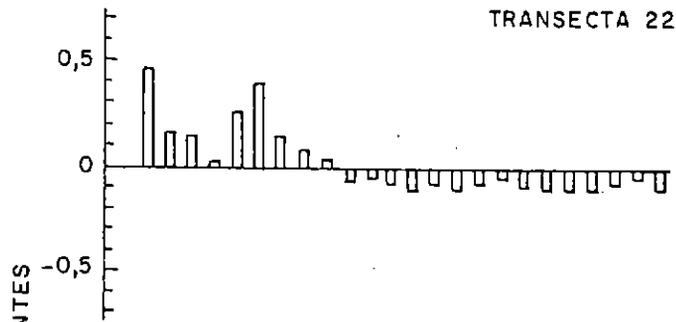


Figura 79a. Correlogramas de anchoveta, sardina española y jurel. Crucero PELANOR 9508-09.

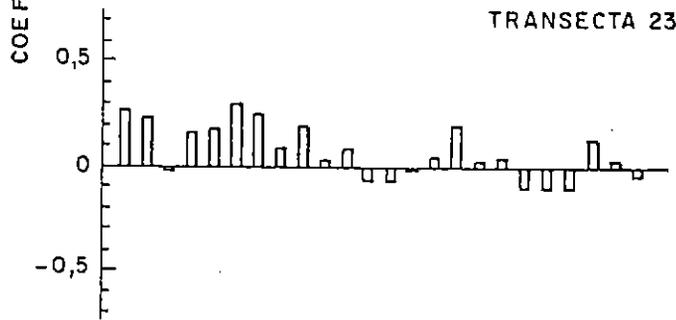
TRANSECTA 20



TRANSECTA 22



TRANSECTA 23



TRANSECTA 25

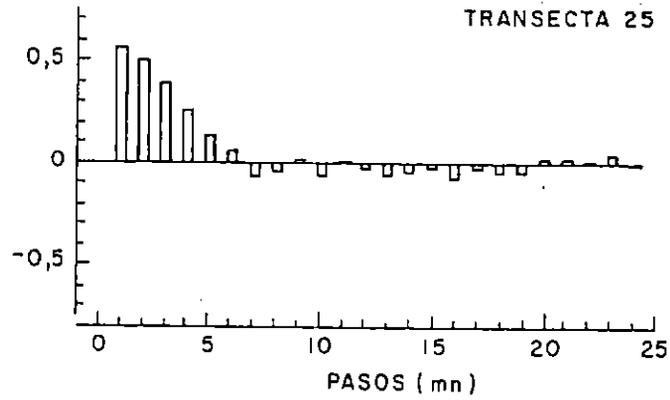


Figura 79b. Correlogramas de jurel. Crucero PELANOR 9508-09.

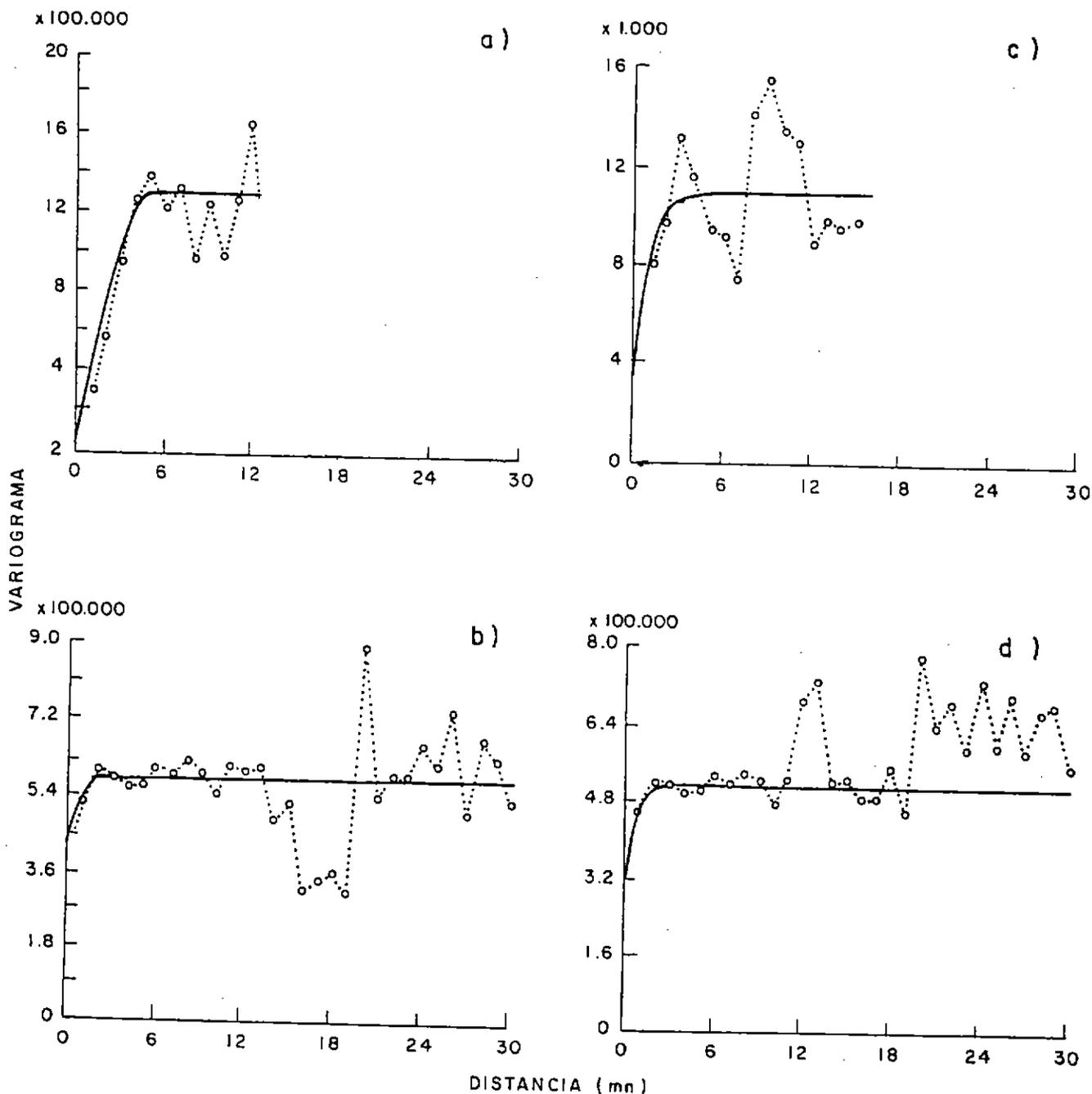


Figura 80. Variogramas de la distribución de sardina española (a), anchoveta (b) y jurel (c) en la subzona Arica-Punta Amarilla. Crucero PELANOR 9508-09.

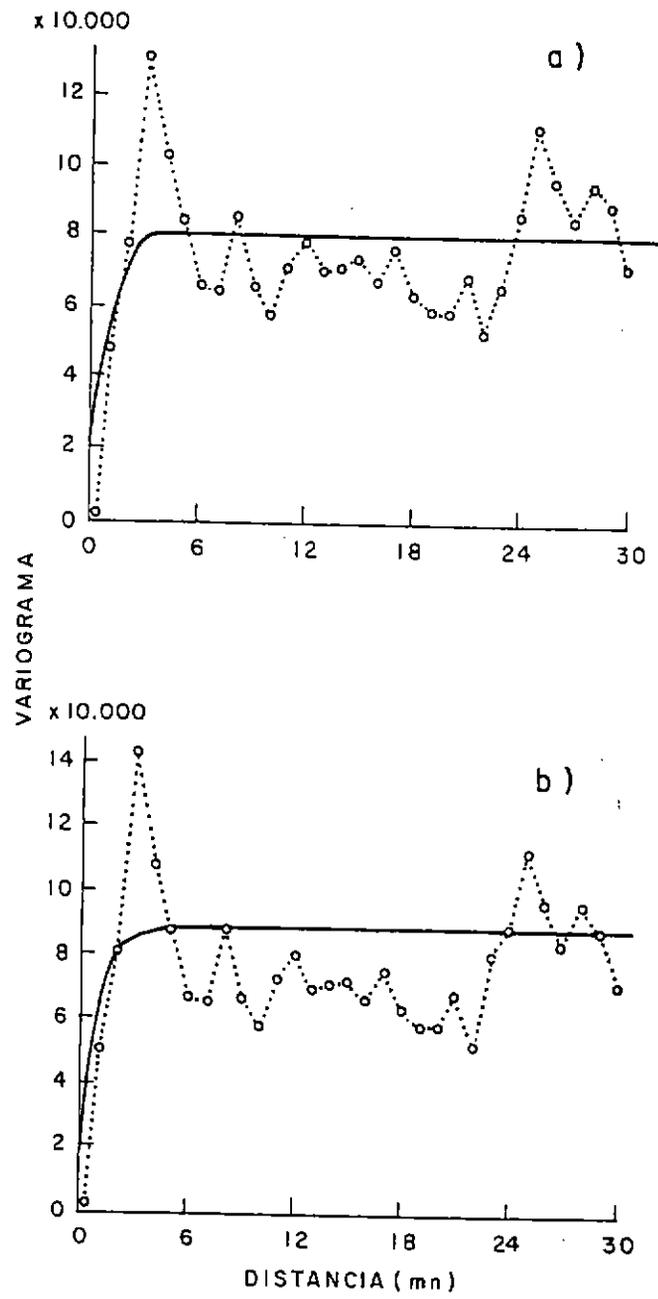


Figura 81. Variogramas de la distribución del total de especies (a) y jurel (b) en la subzona Arica-punta Talca. Crucero PELANOR 9508-09.

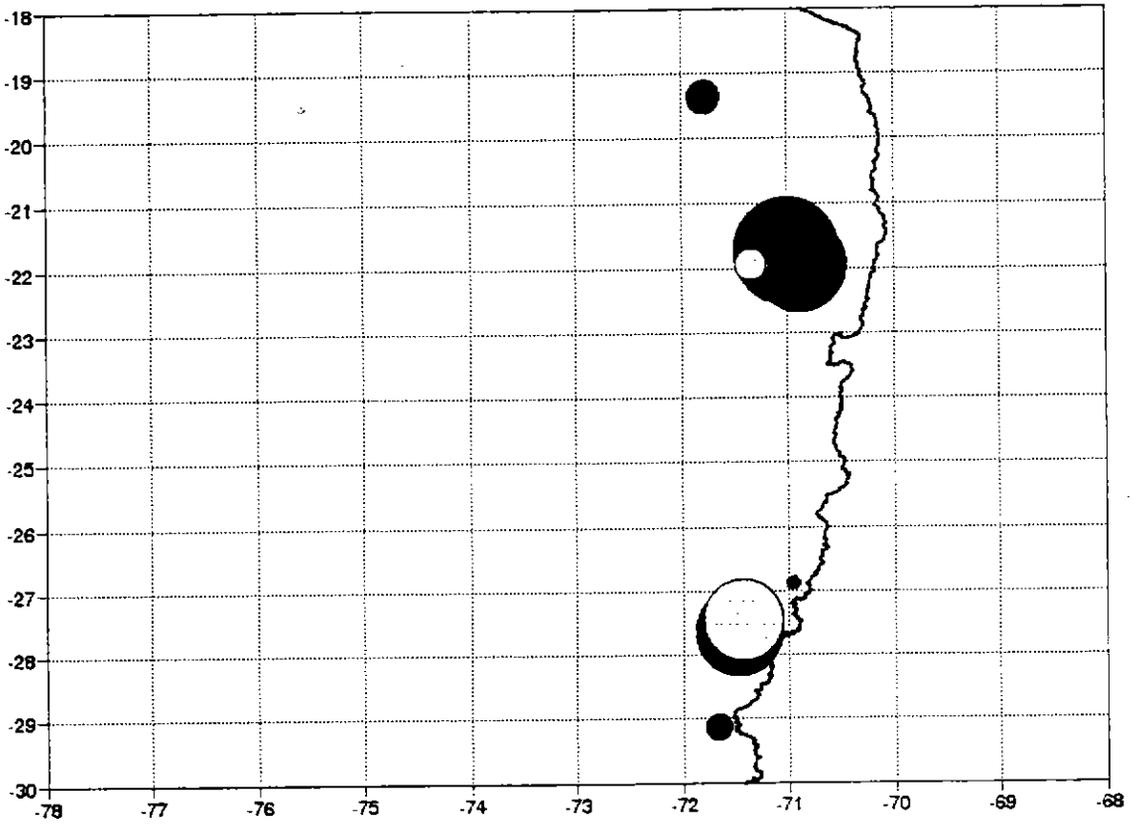
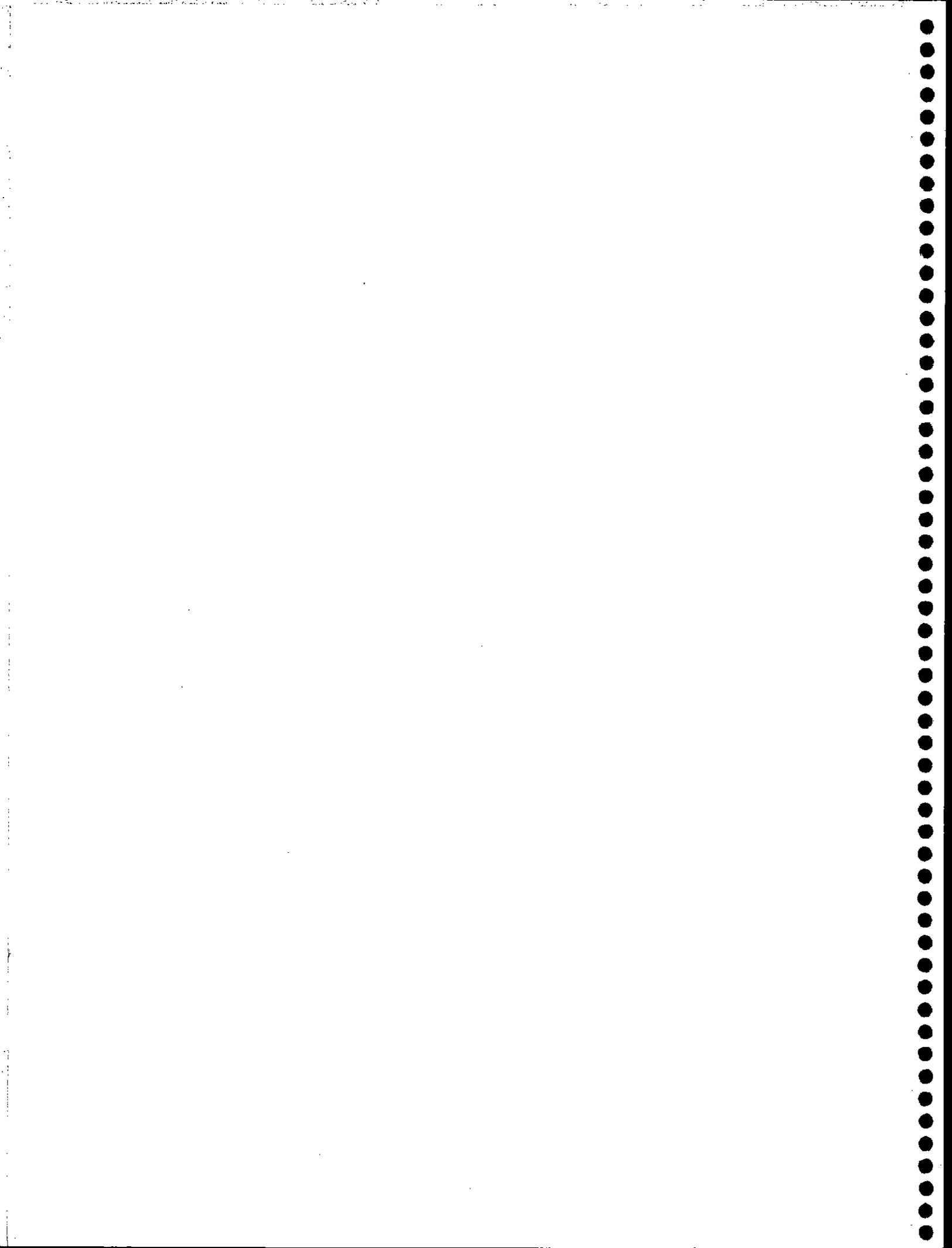


Figura 82. Centros de gravedad de la distribución de los recursos. Crucero PELANOR 9508-09.



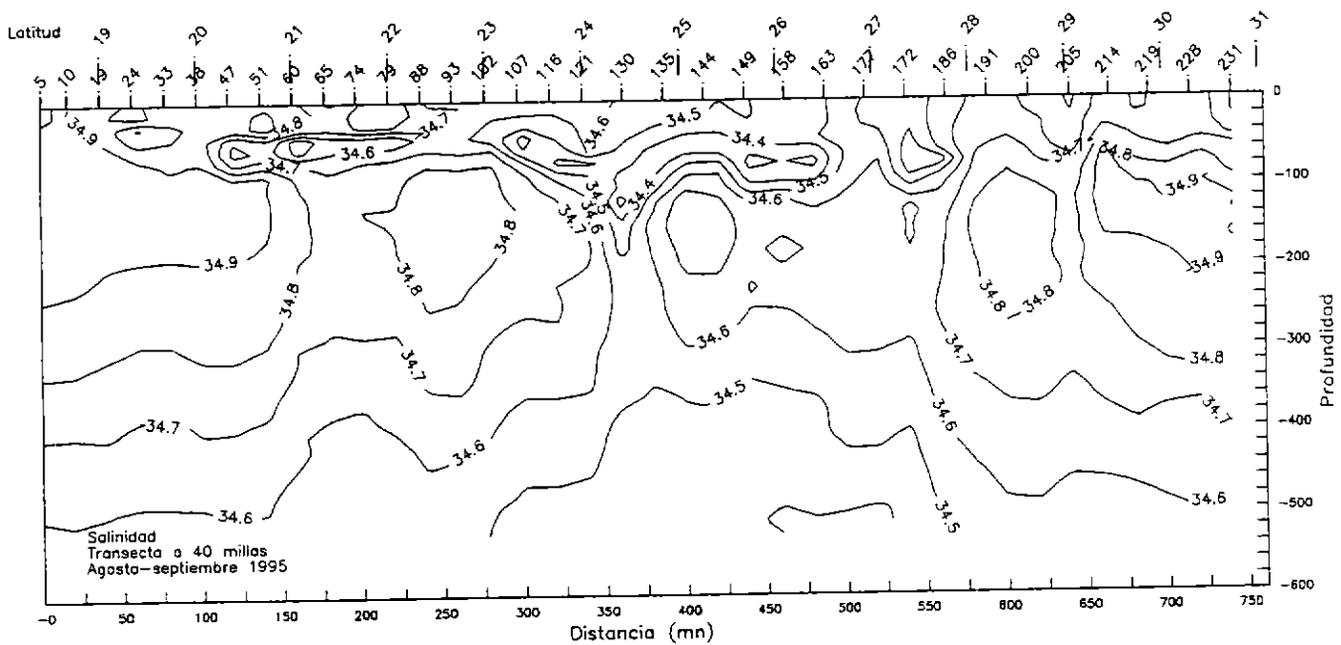
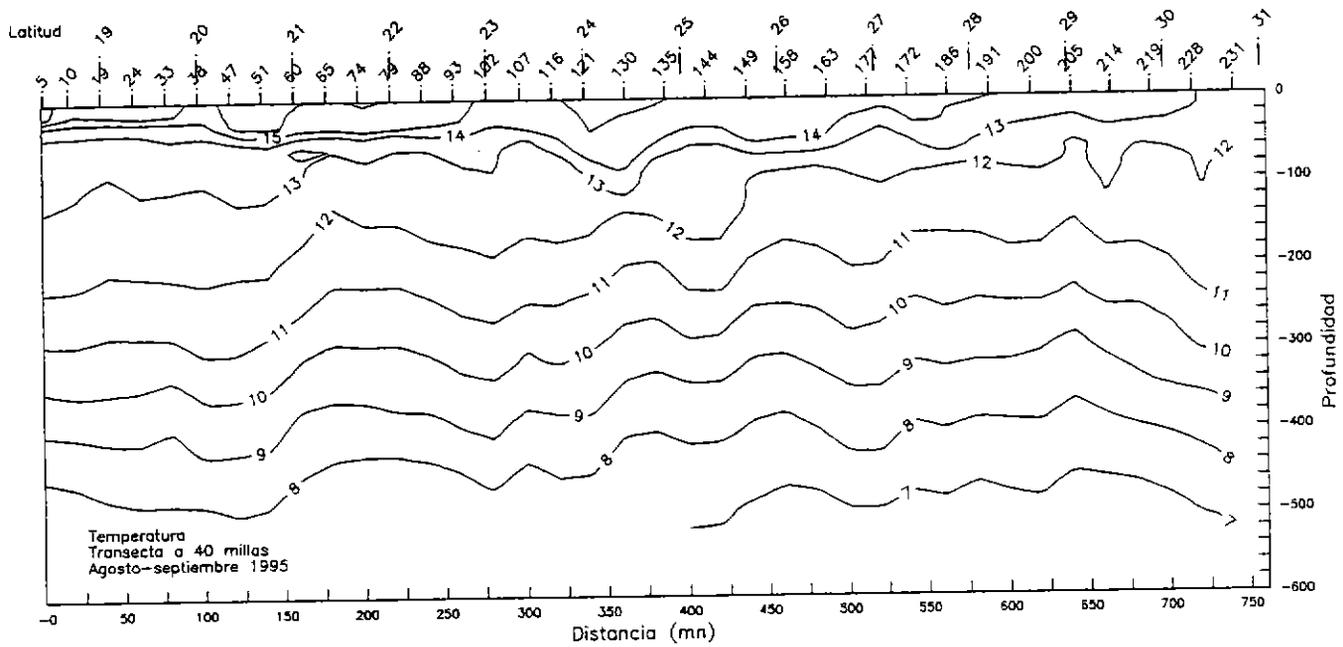


Figura 83. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), y b) salinidad, a lo largo de una transecta a 40 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

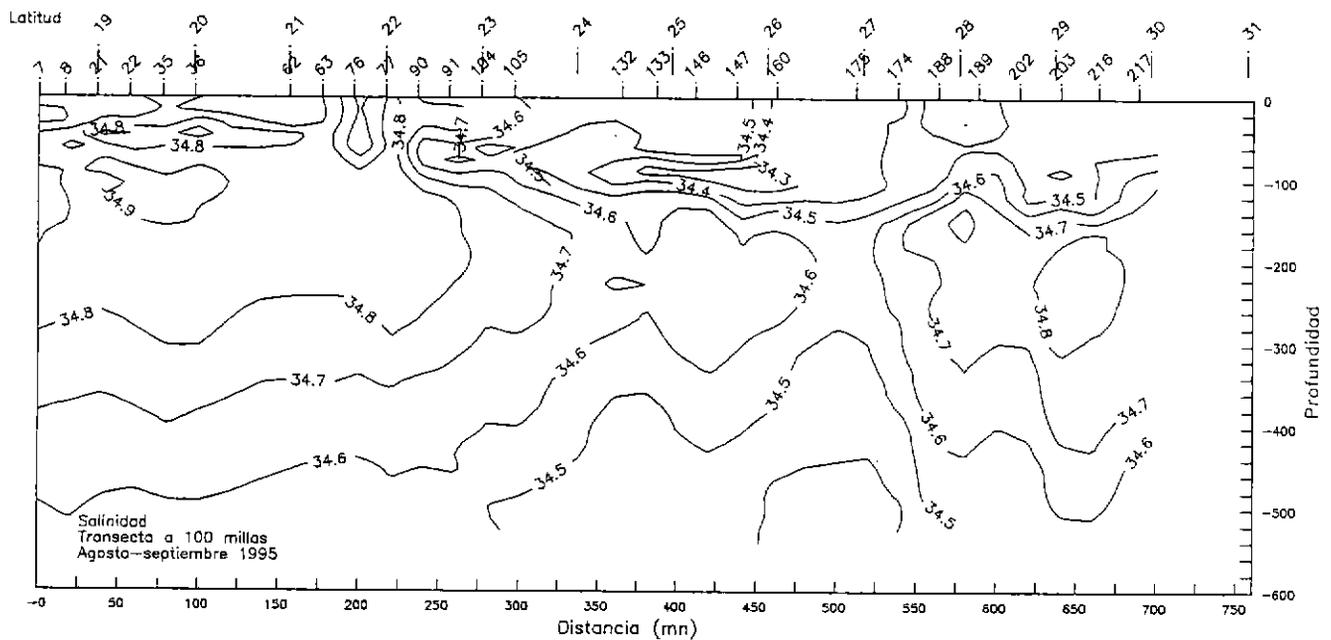
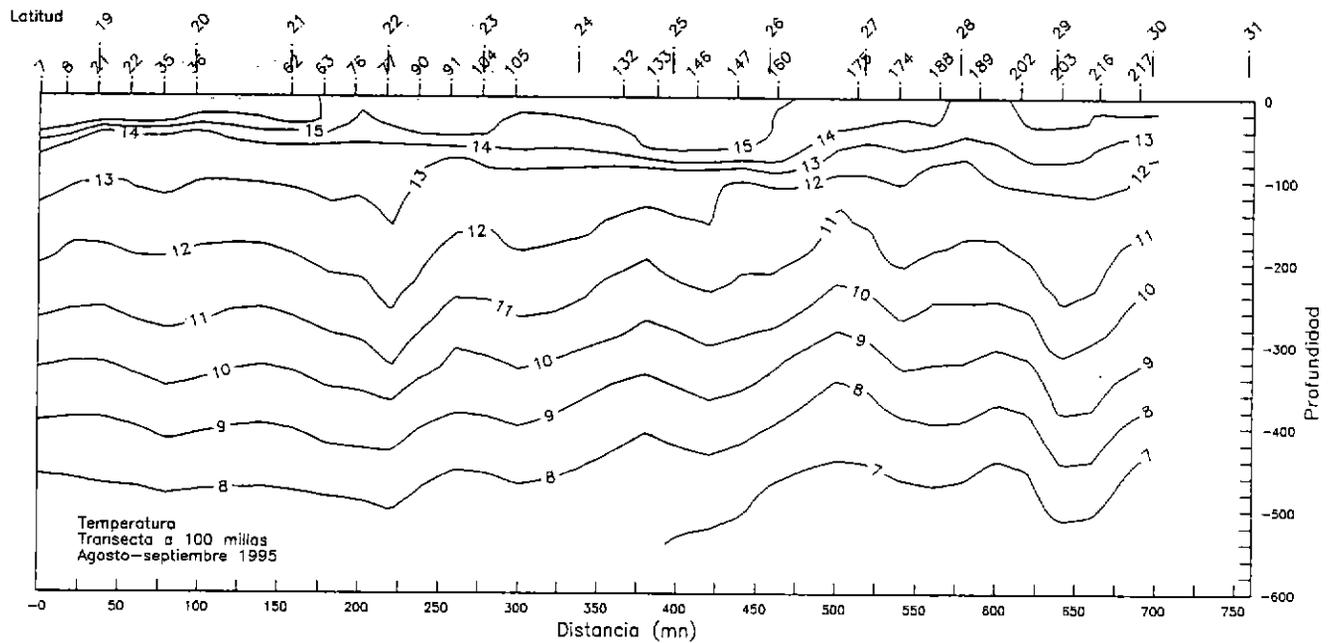


Figura 84. Distribución vertical de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), y b) salinidad, a lo largo de una transecta a 100 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

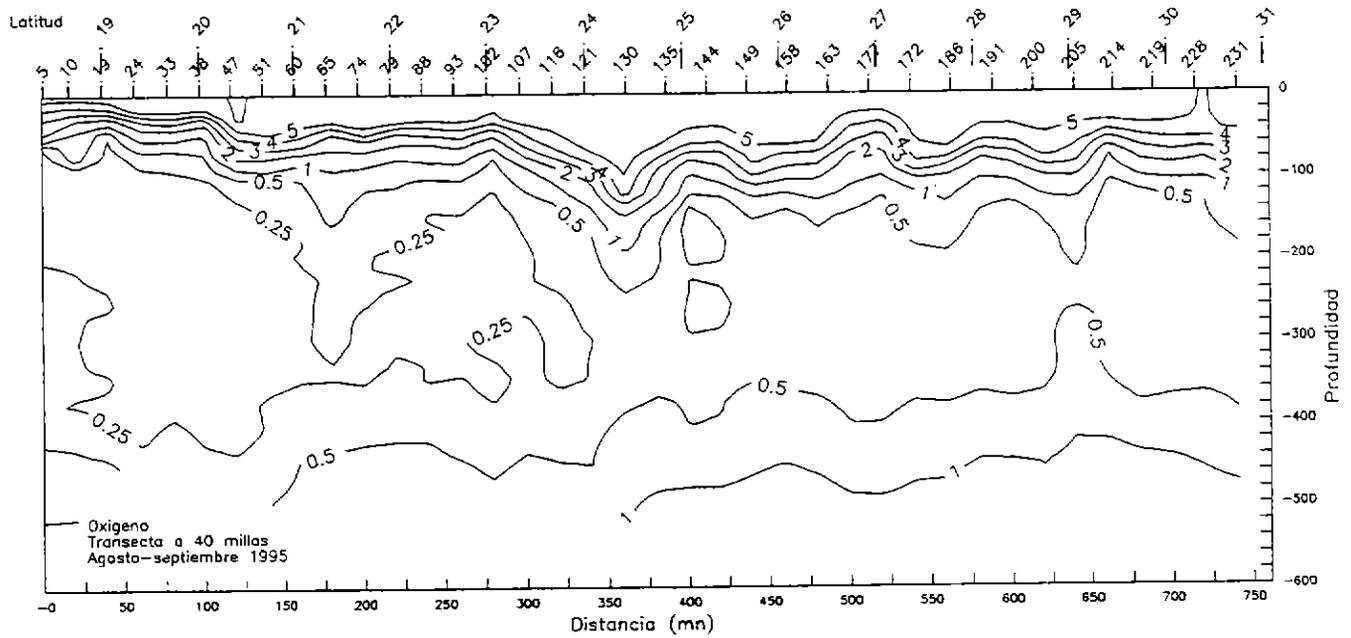
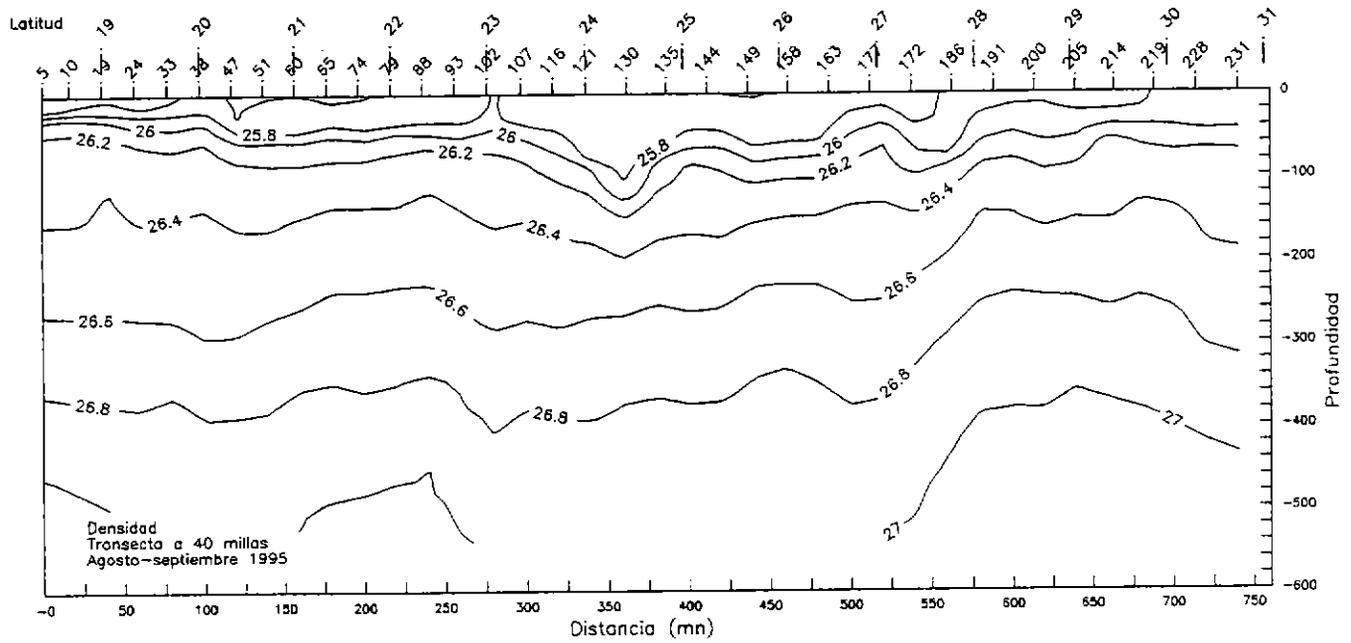


Figura 85. Distribución vertical de a) densidad ($\sigma\text{-t}$), y b) oxígeno (ml/l), a lo largo de una transecta a 40 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

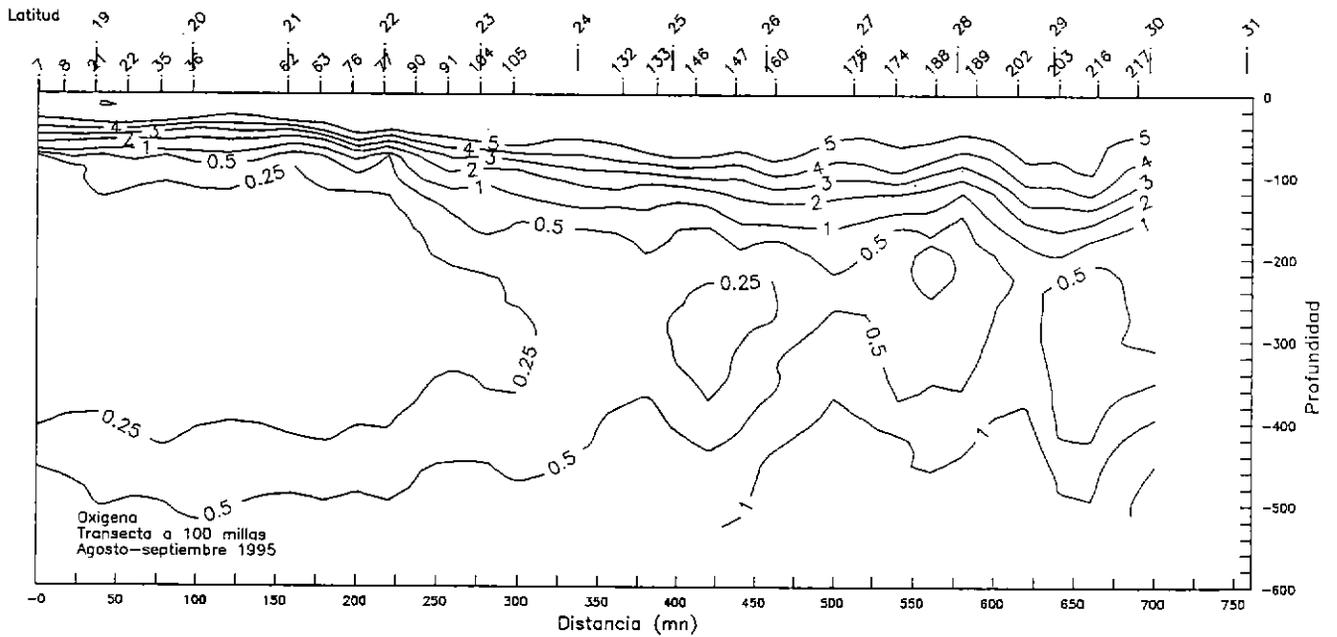
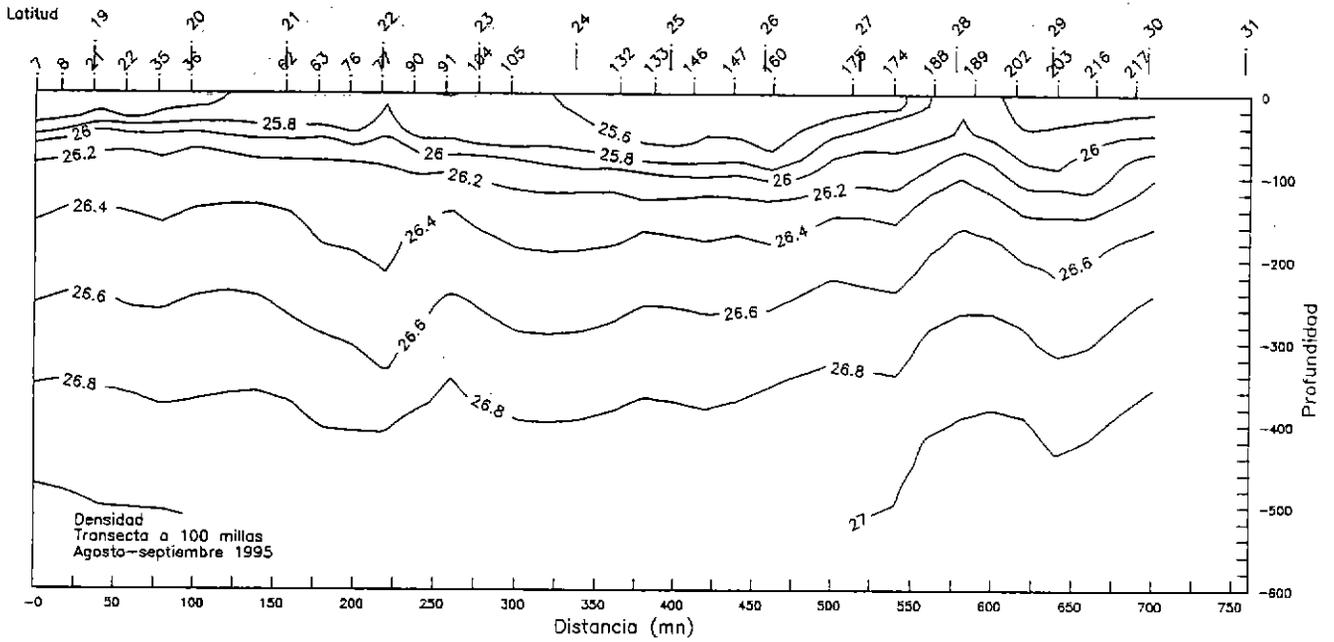


Figura 86. Distribución vertical de a) densidad (σ_t), y b) oxígeno (ml/l), a lo largo de una transecta a 40 millas de la costa. Agosto-Septiembre de 1995. Crucero PELANOR 9508-09.

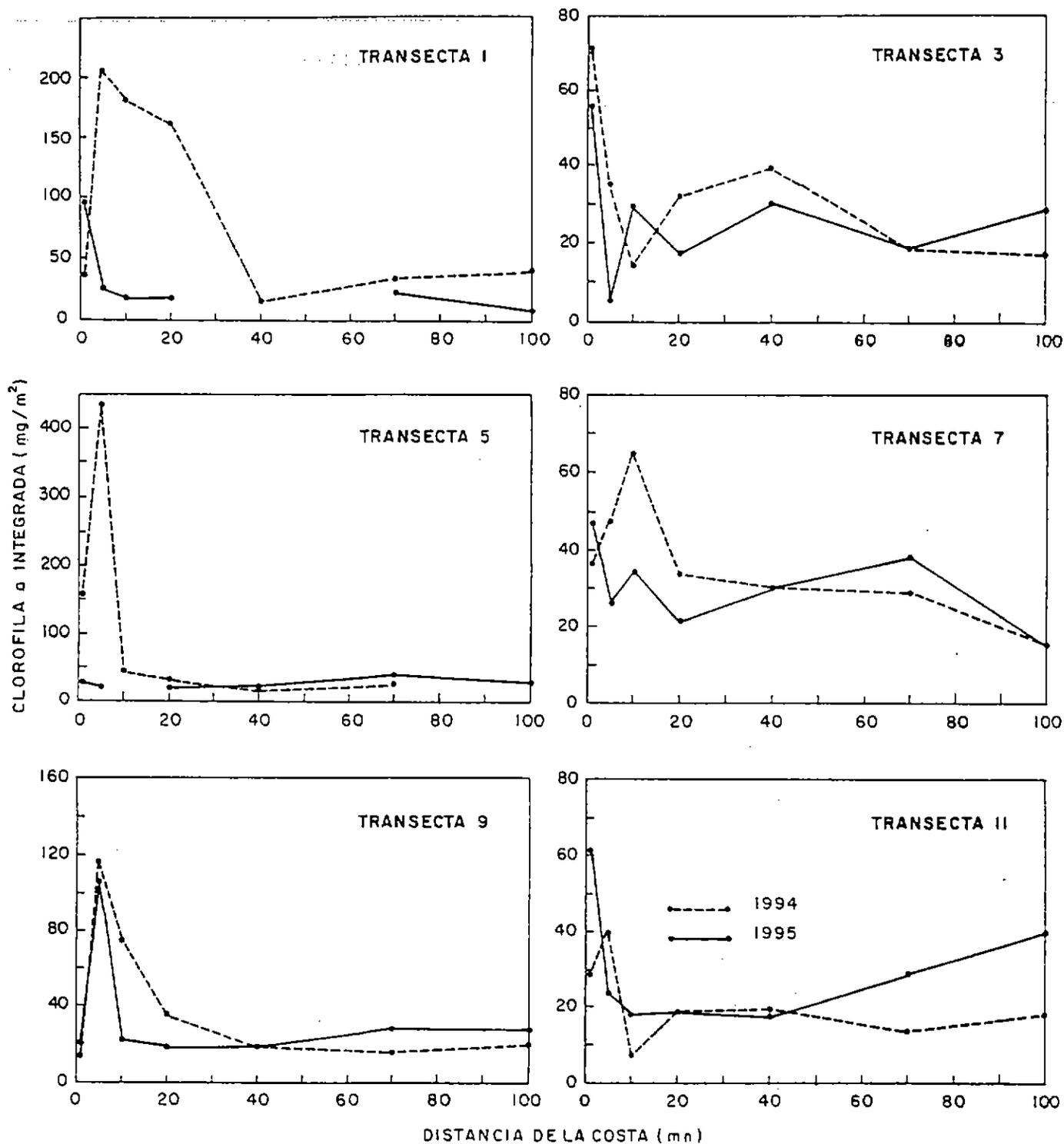


Figura 87. Distribución longitudinal de la clorofila a integrada desde la costa hasta las 100 mn, durante los años 1994 y 1995, para las transectas 1, 3, 5, 7, 9 y 11.

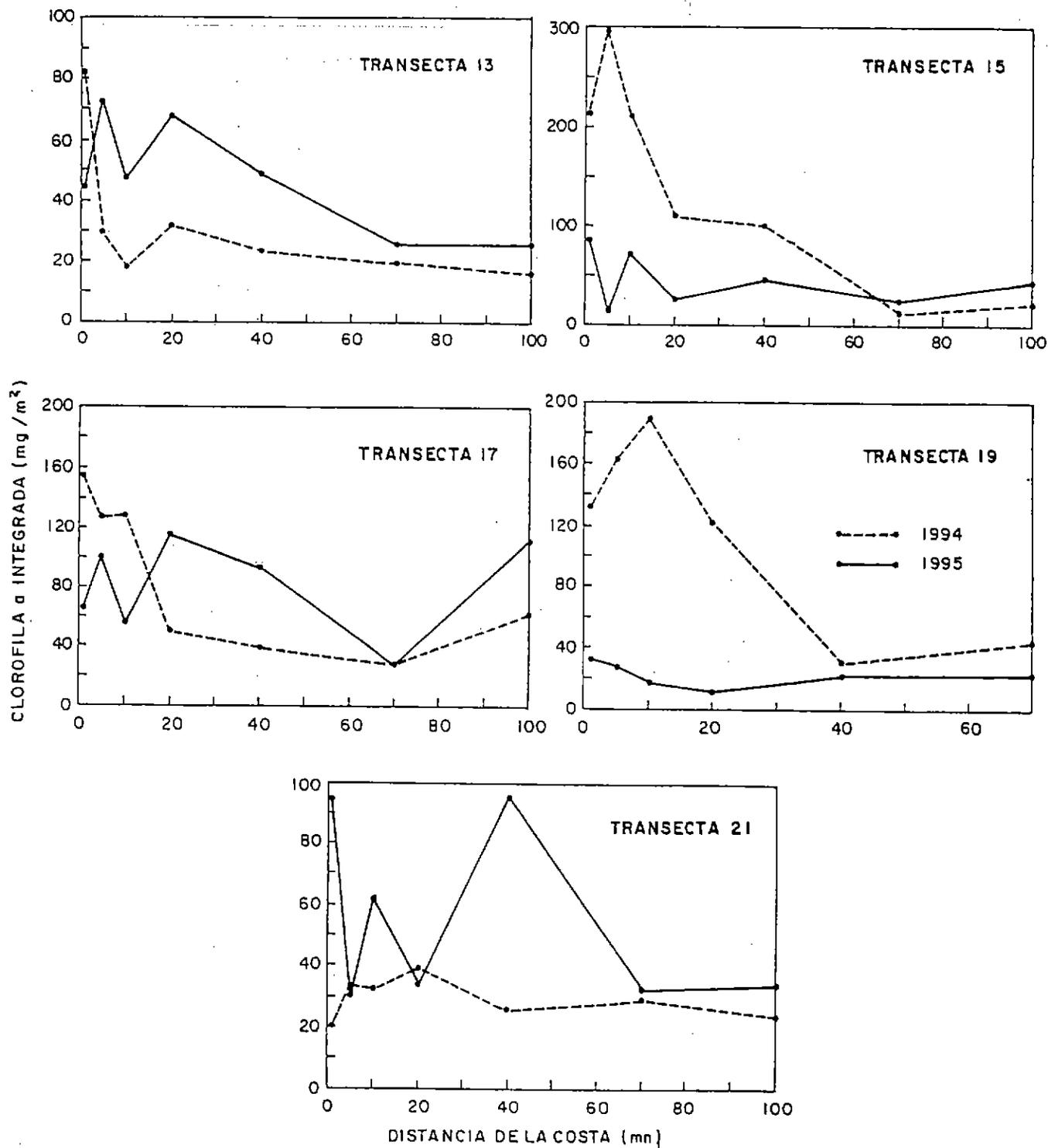


Figura 88. Distribución longitudinal de la clorofila a integrada desde la costa hasta las 100 m, durante los años 1994 y 1995, para las transectas 13, 15, 17, 19 y 21.

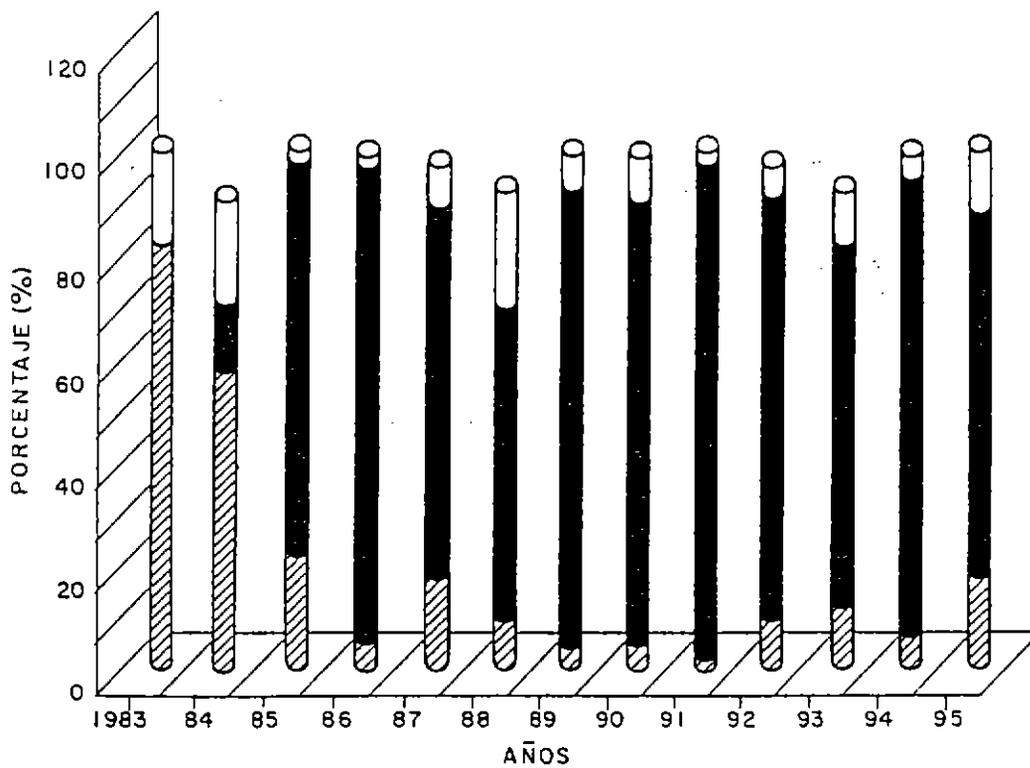
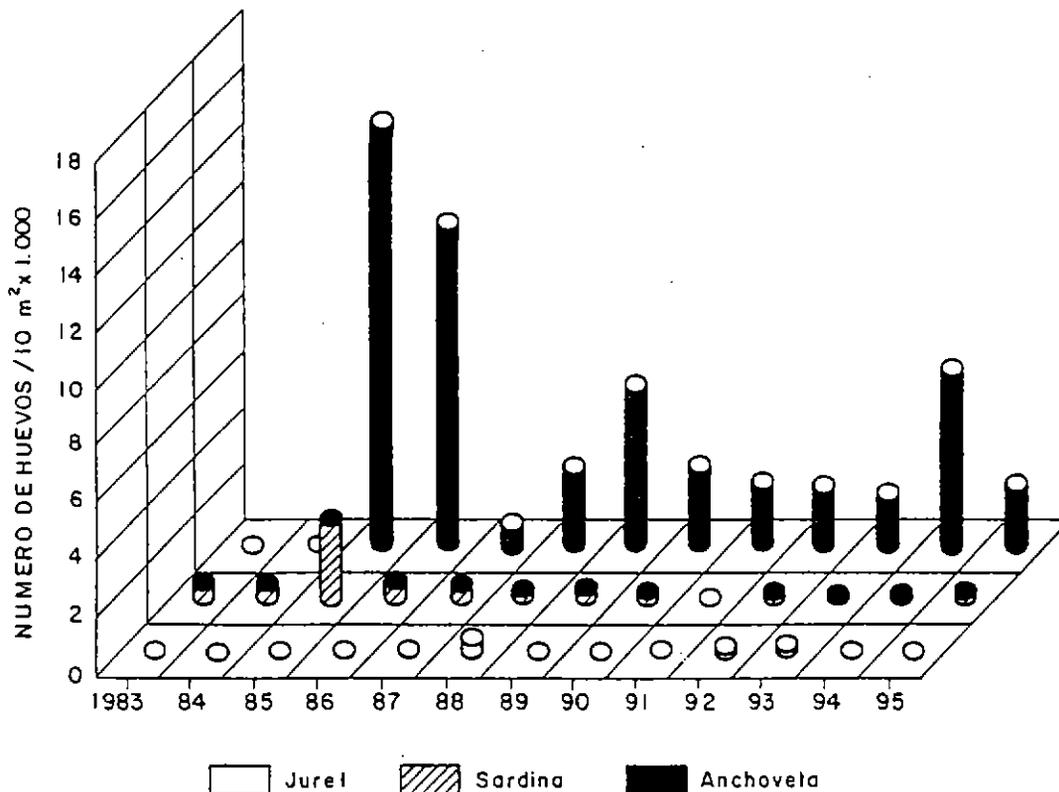
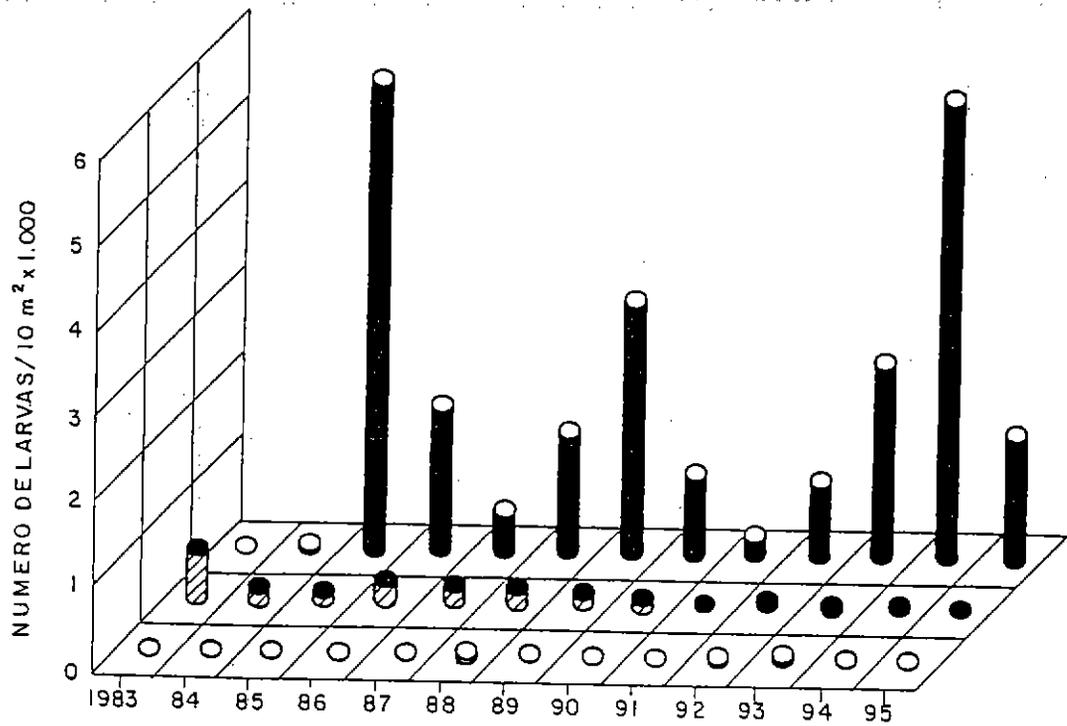


Figura 89. Estimación de la abundancia promedio y contribución porcentual de huevos de sardina, anchoveta y jurel para la zona norte de Chile en invierno de los años 1983 - 1995.



Jurel
 Sardina
 Anchoveta

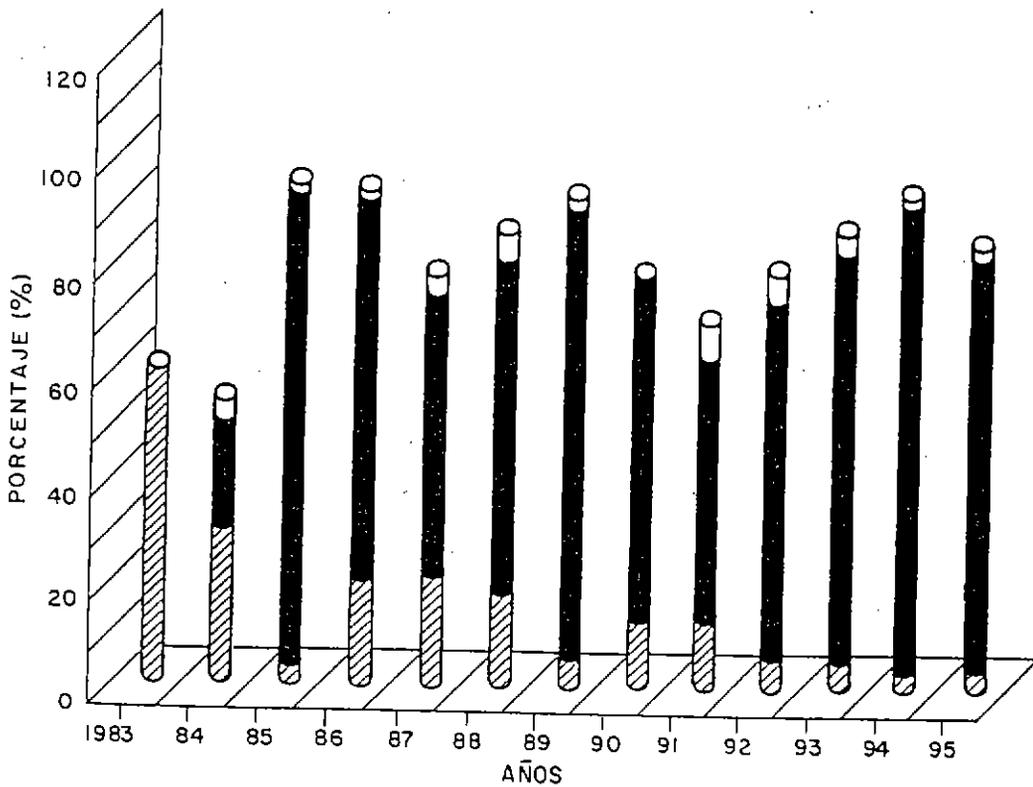


Figura 90. Estimación de la abundancia promedio y contribución porcentual de larvas de sardina, anchoveta y jurel para la zona norte de Chile en invierno de los años 1983 - 1995.

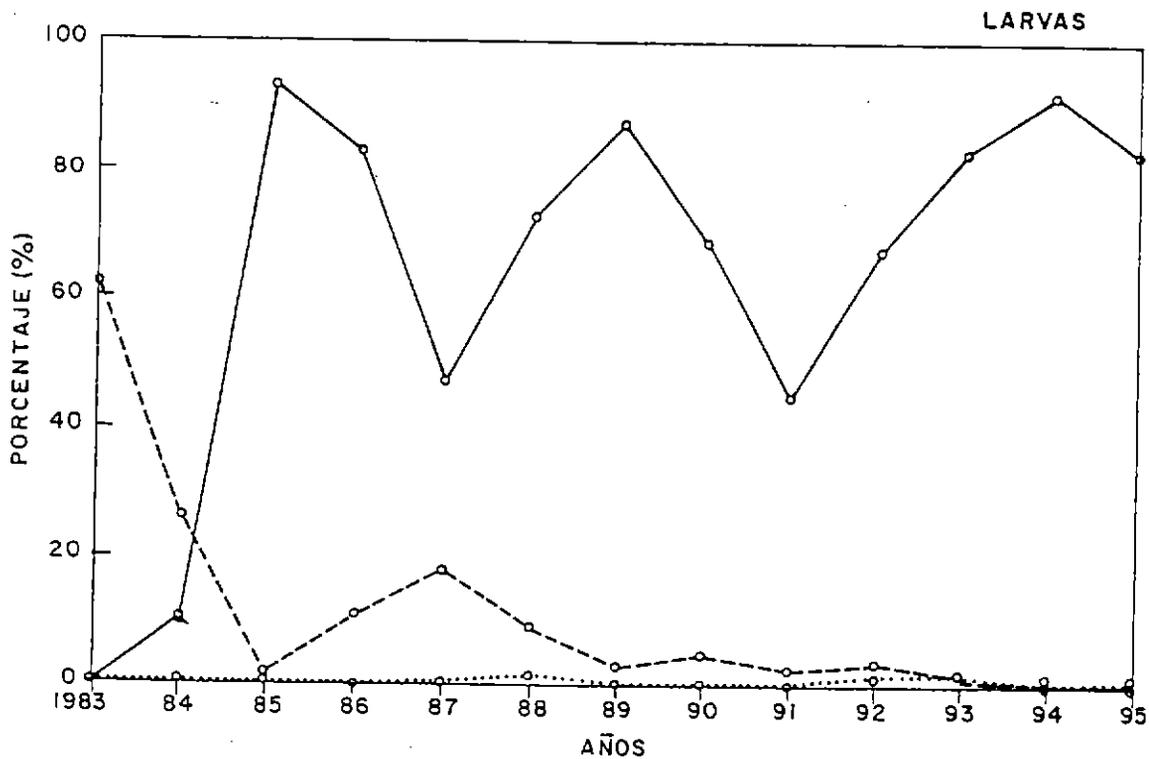
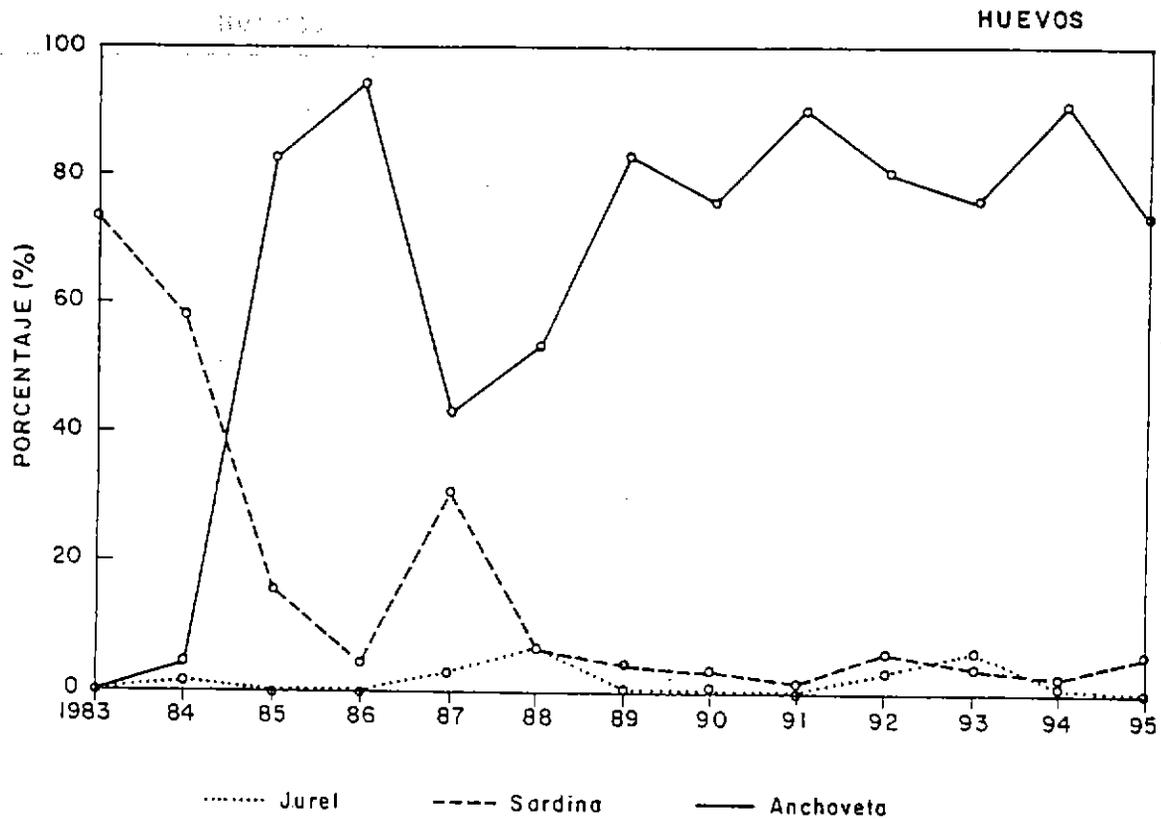


Figura 91. Dominancia numérica de huevos y larvas de sardina española, anchoveta y jurel para la zona Arica-Antofagasta para en el invierno 1983 - 1995.

COPIA
INFORMATIVA

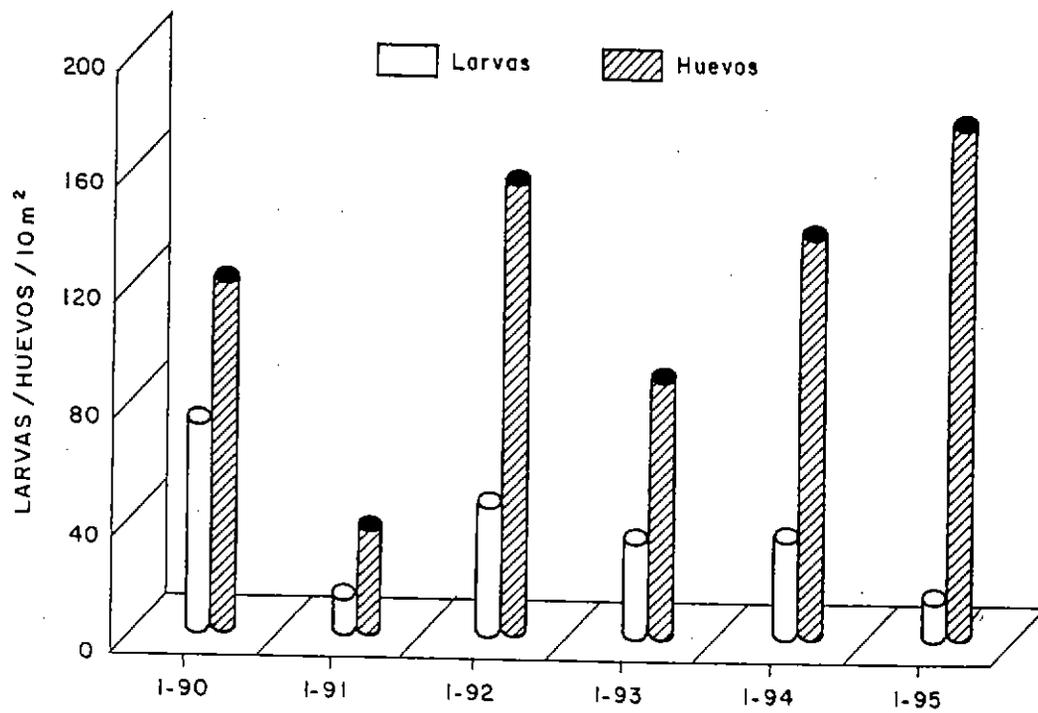


Figura 92. Estimación de la densidad promedio por estaciones totales para huevos y larvas de sardina española en la zona Arica - Antofagasta en el invierno de los años 1990 - 1995.

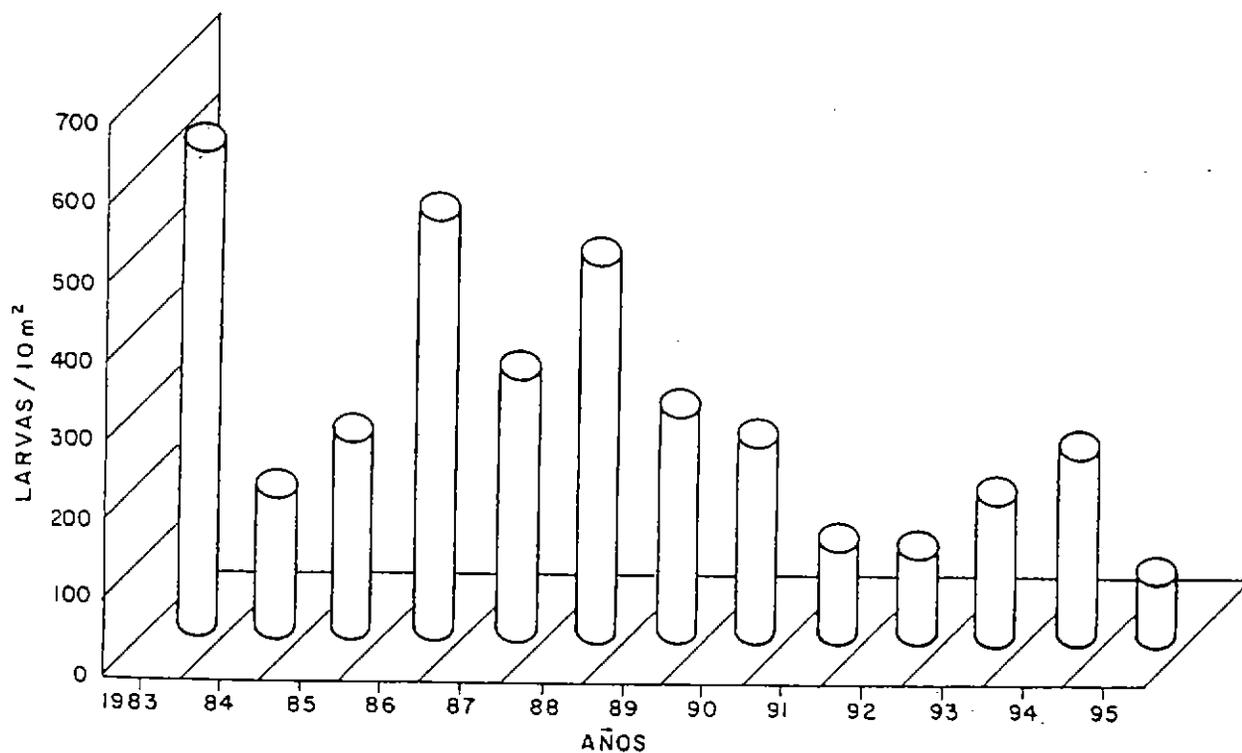
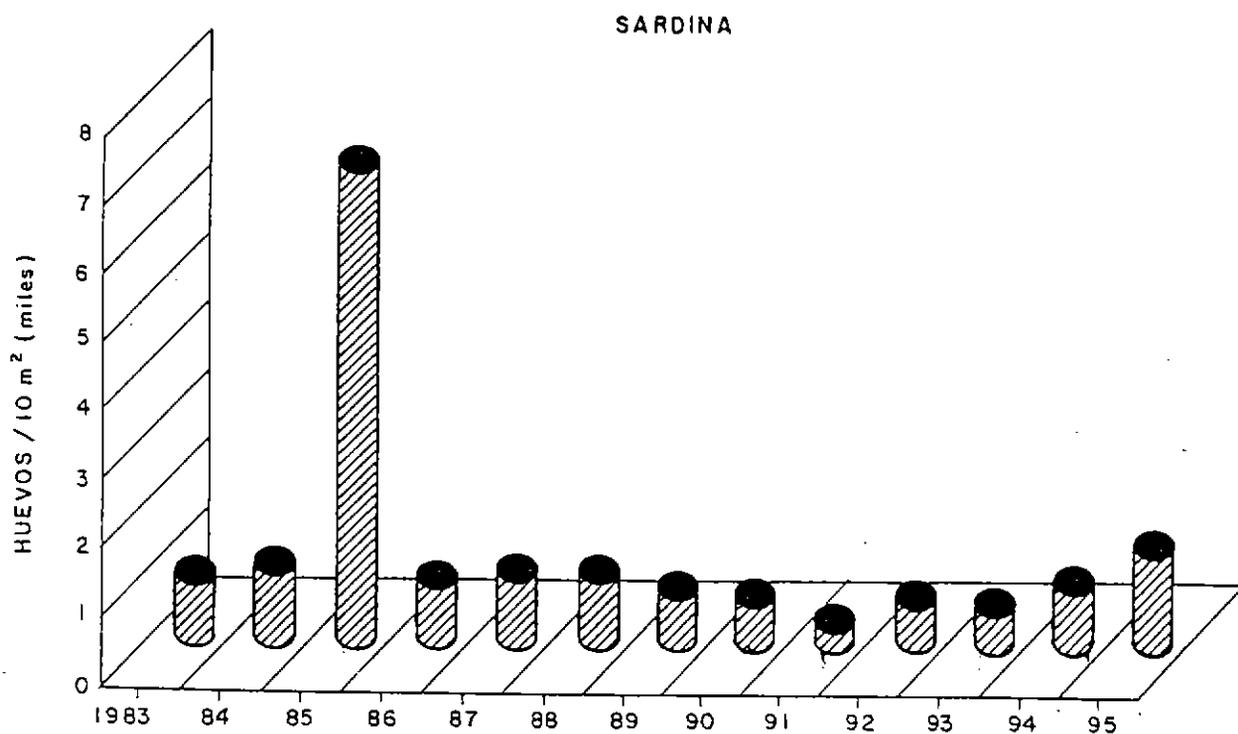


Figura 93. Estimación de la intensidad y concentración de huevos y larvas de sardina en la zona Arica -Antofagasta en invierno de los años 1983 - 1995.

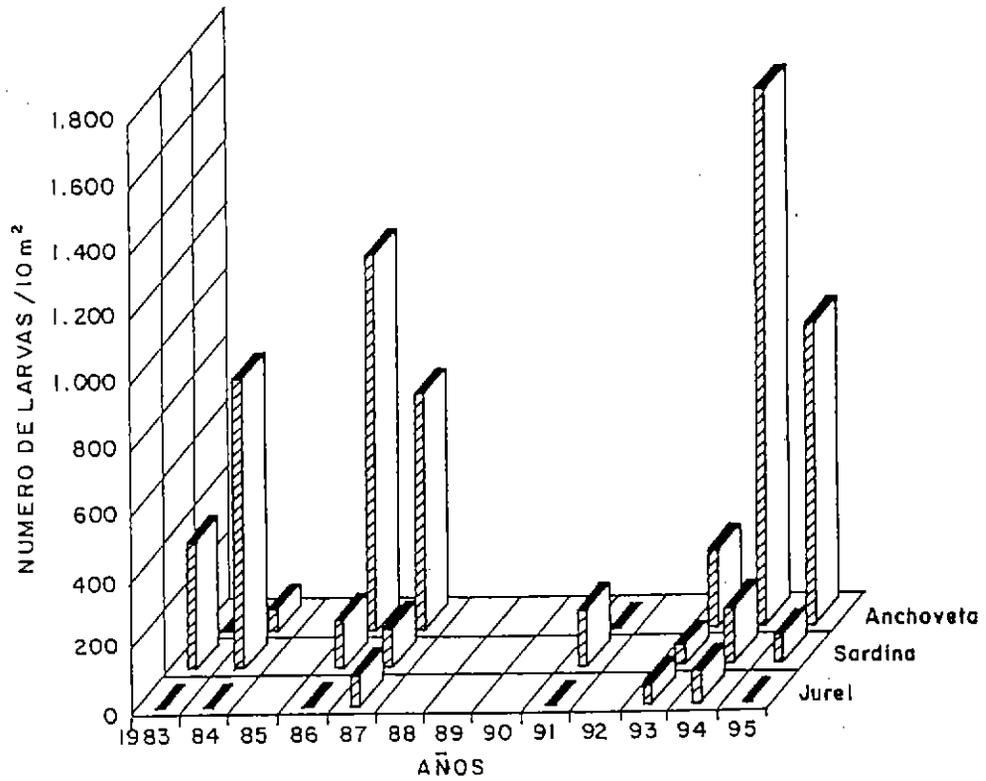
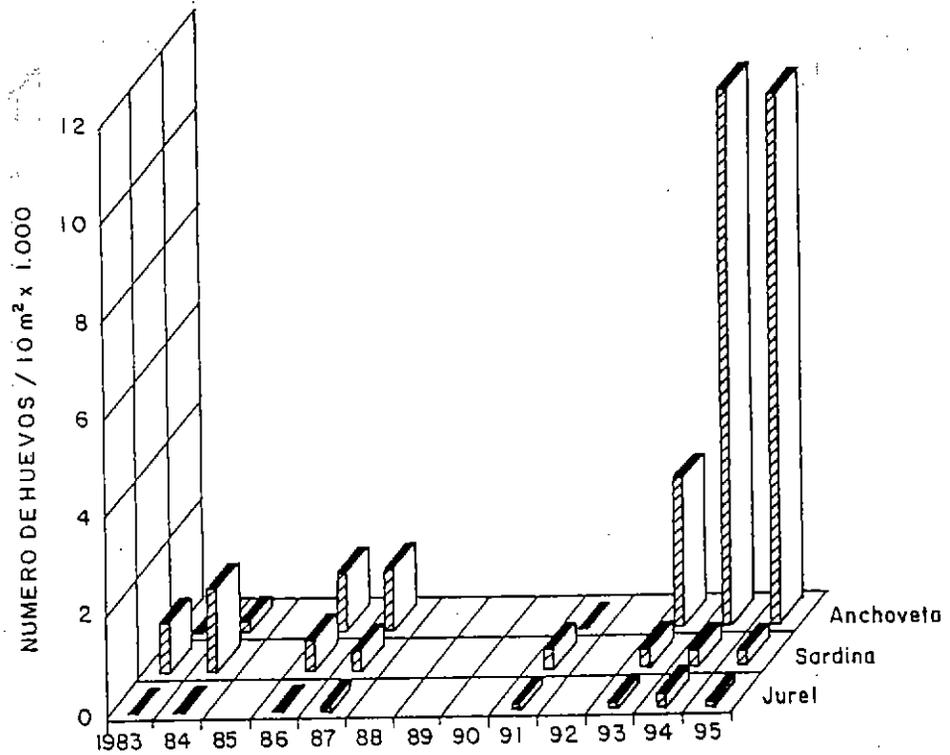


Figura 94. Estimación de la abundancia promedio de huevos y larvas de sardina, anchoveta y jurel para la zona Antofagasta - Punta Talinay en invierno de los años 1983 - 1995.

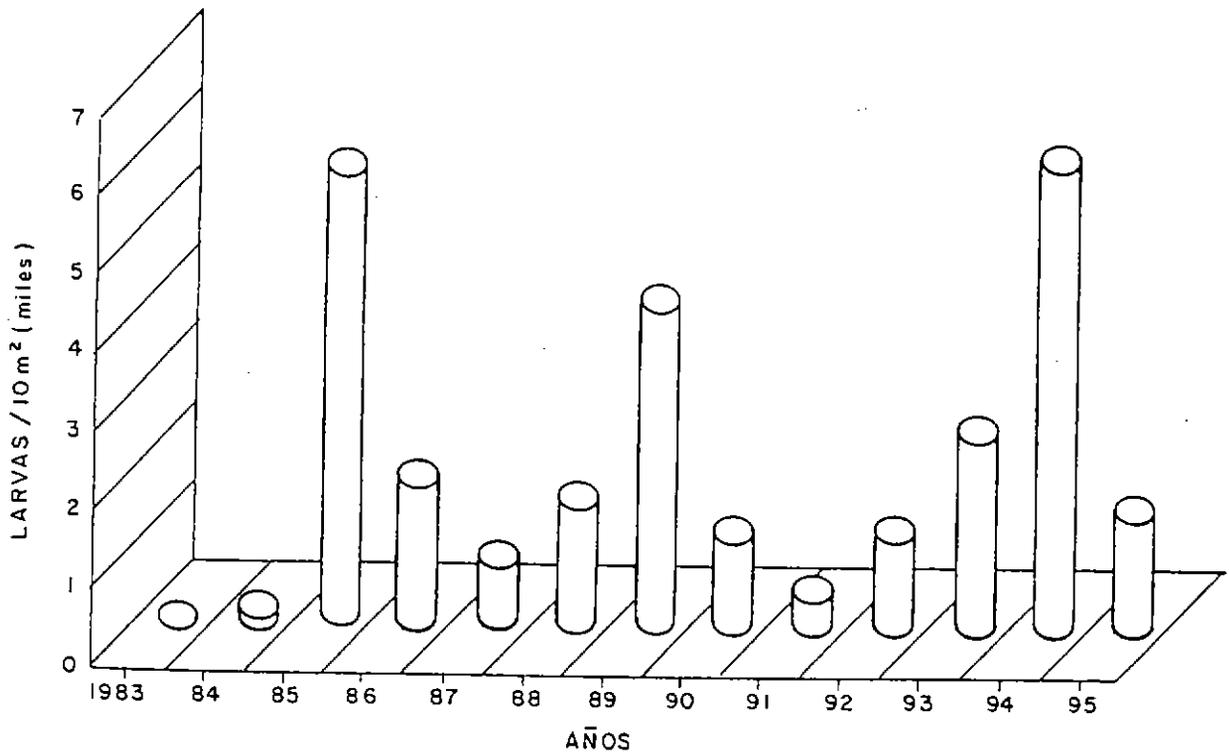
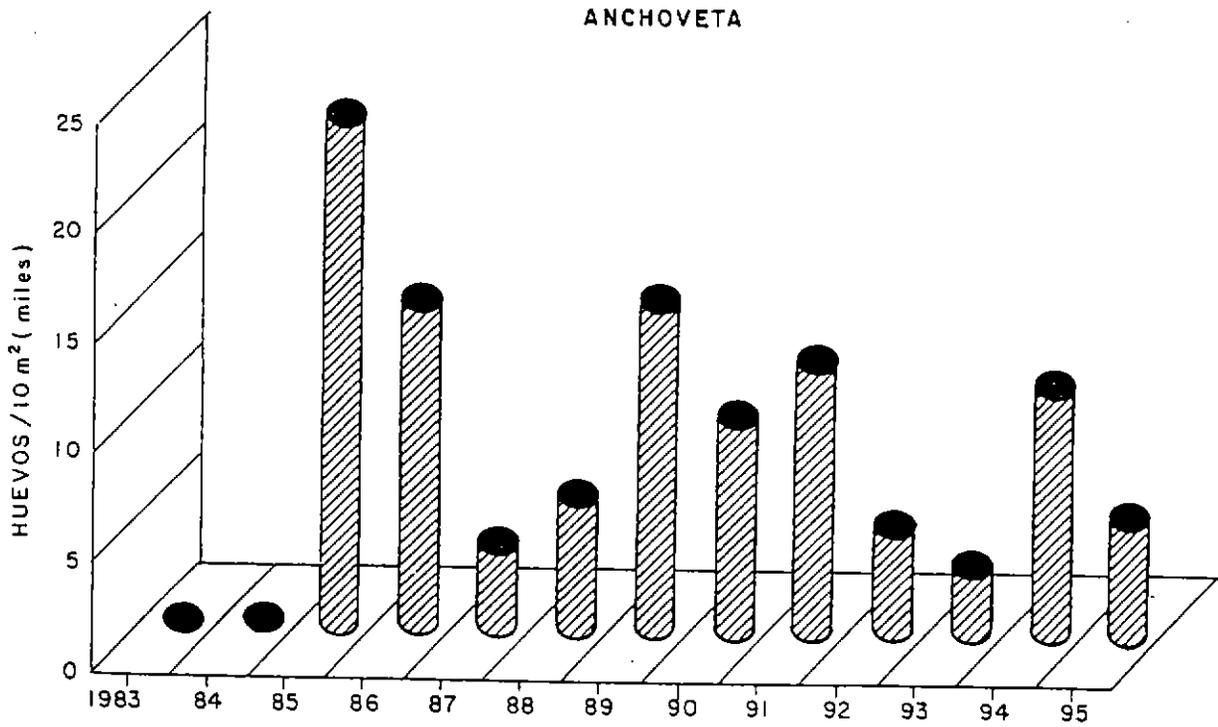


Figura 95. Estimación de la intensidad y concentración de huevos y larvas de anchoveta en la zona Arica -Antofagasta en invierno de los años 1983 - 1995.

**COPIA
INFORMATIVA**

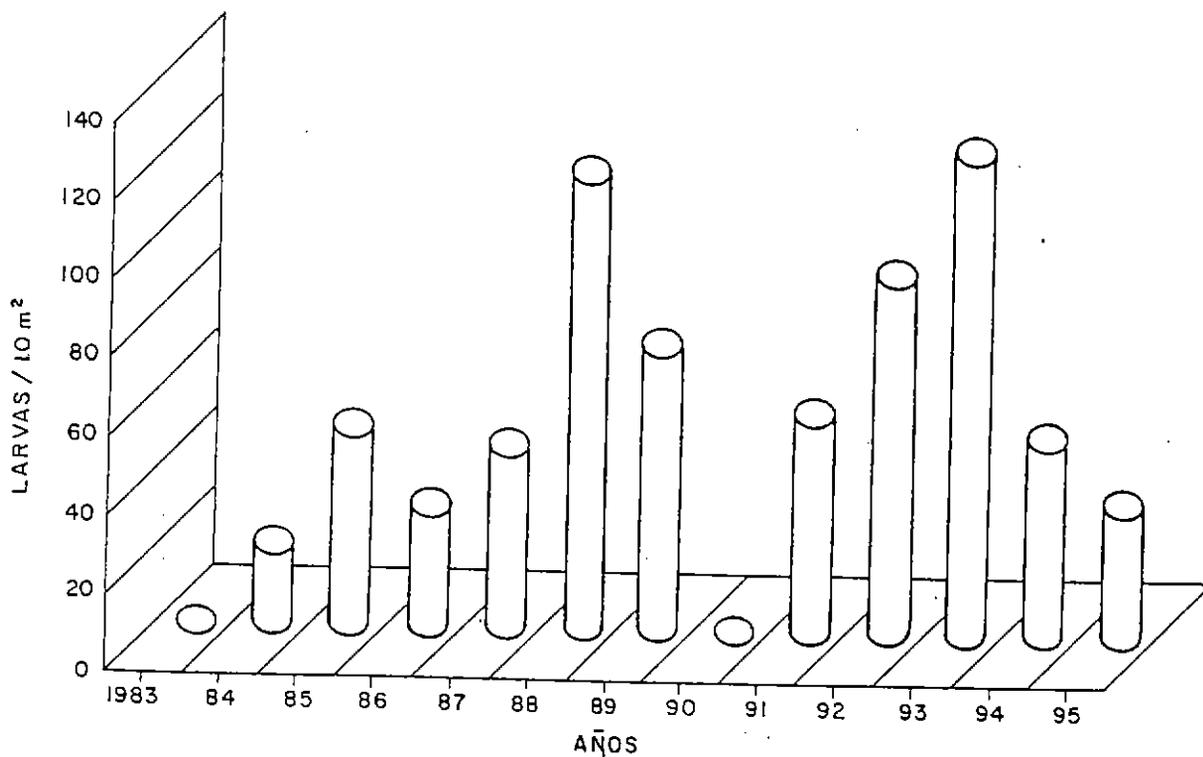
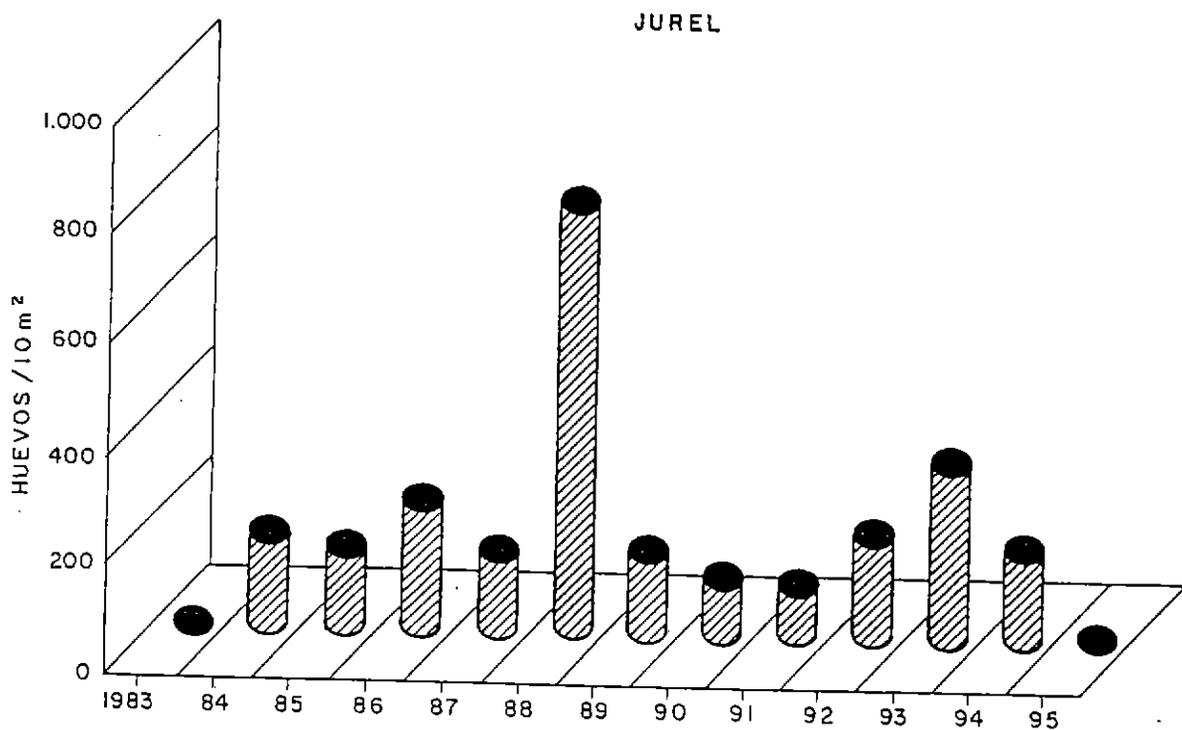


Figura 96. Estimación de la intensidad y concentración de huevos y larvas de jurel en la zona Arica -Antofagasta en invierno de los años 1983 - 1995.

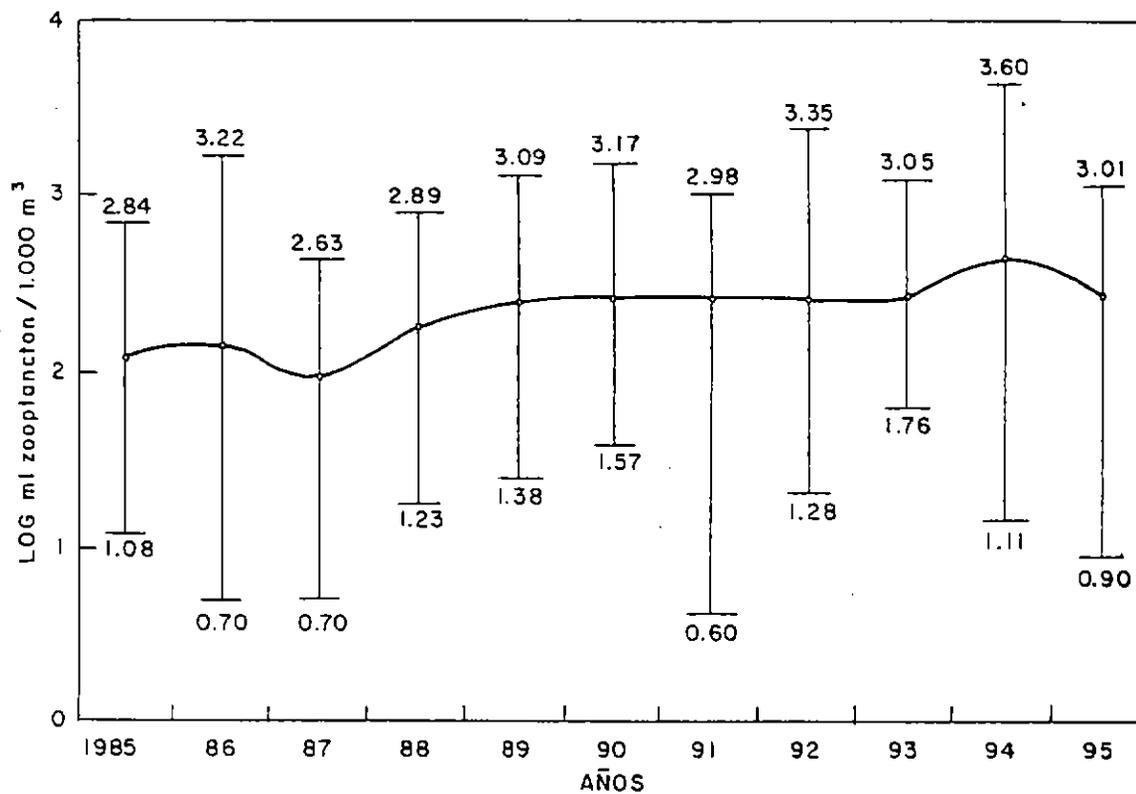


Figura 97. Abundancia promedio y rangos de la biomasa zooplanctónica total en invierno de los años 1983 - 1995 para la zona Arica - Antofagasta.

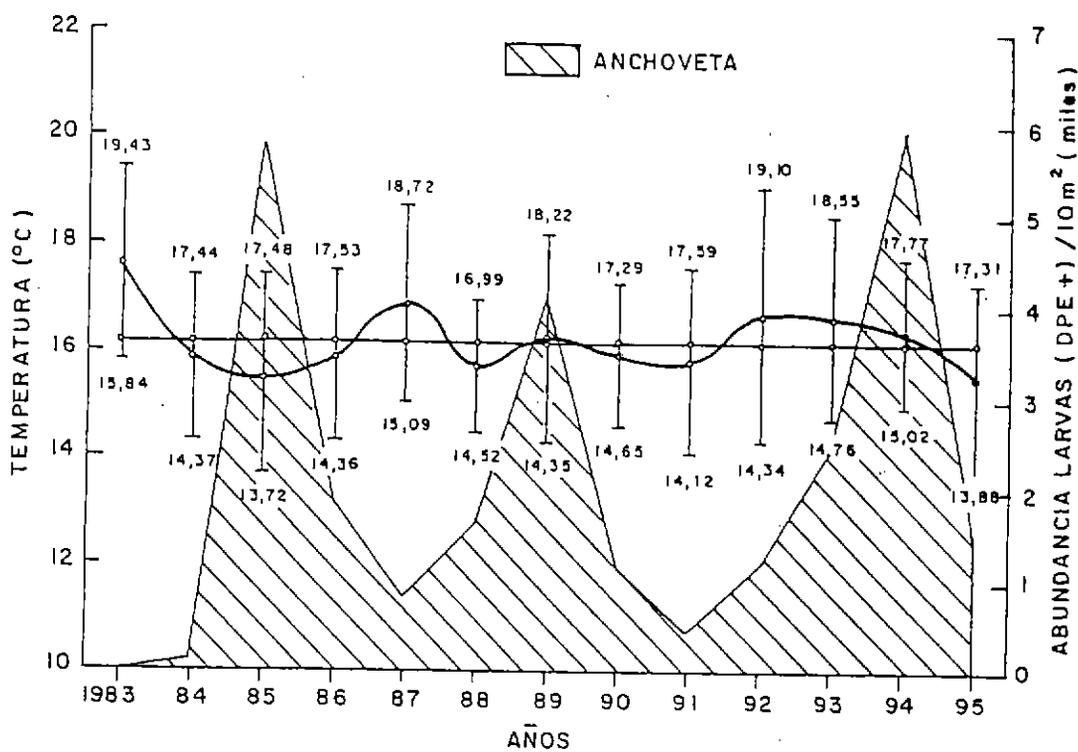
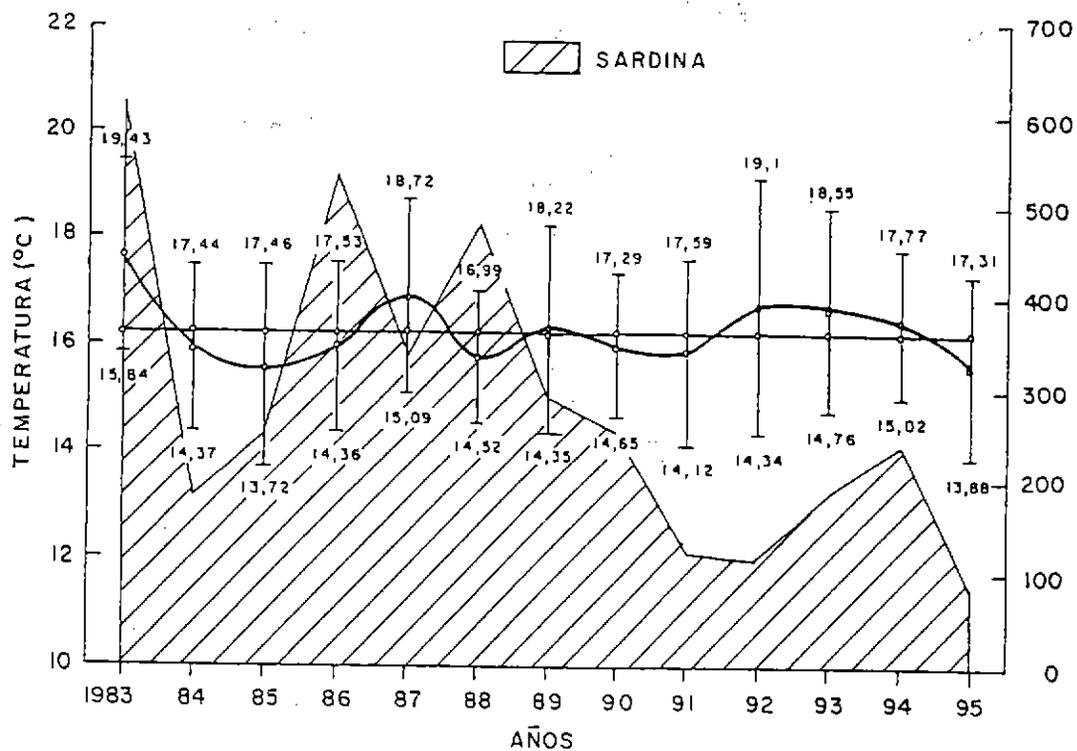


Figura 98. Relación entre la temperatura superficial y la intensidad y concentración de larvas de sardina y anchoveta, para la zona Arica-Antofagasta para el invierno de los años 1983-1995.

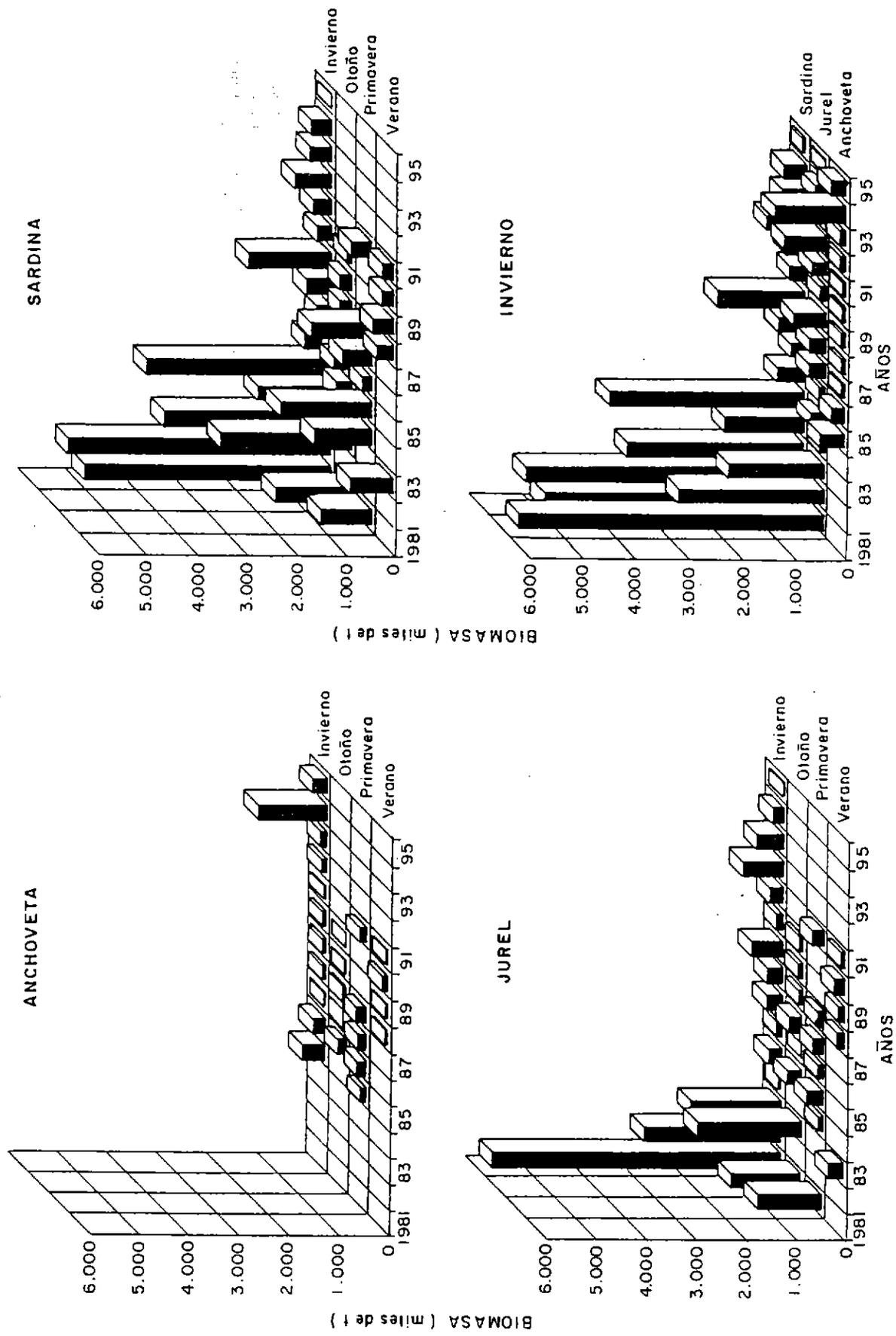


Figura 99. Biomosas estacionales e invernales de sardina española, anchoveta y jurel estimadas para la zona Arica - Antofagasta, durante el periodo 1981-1995.

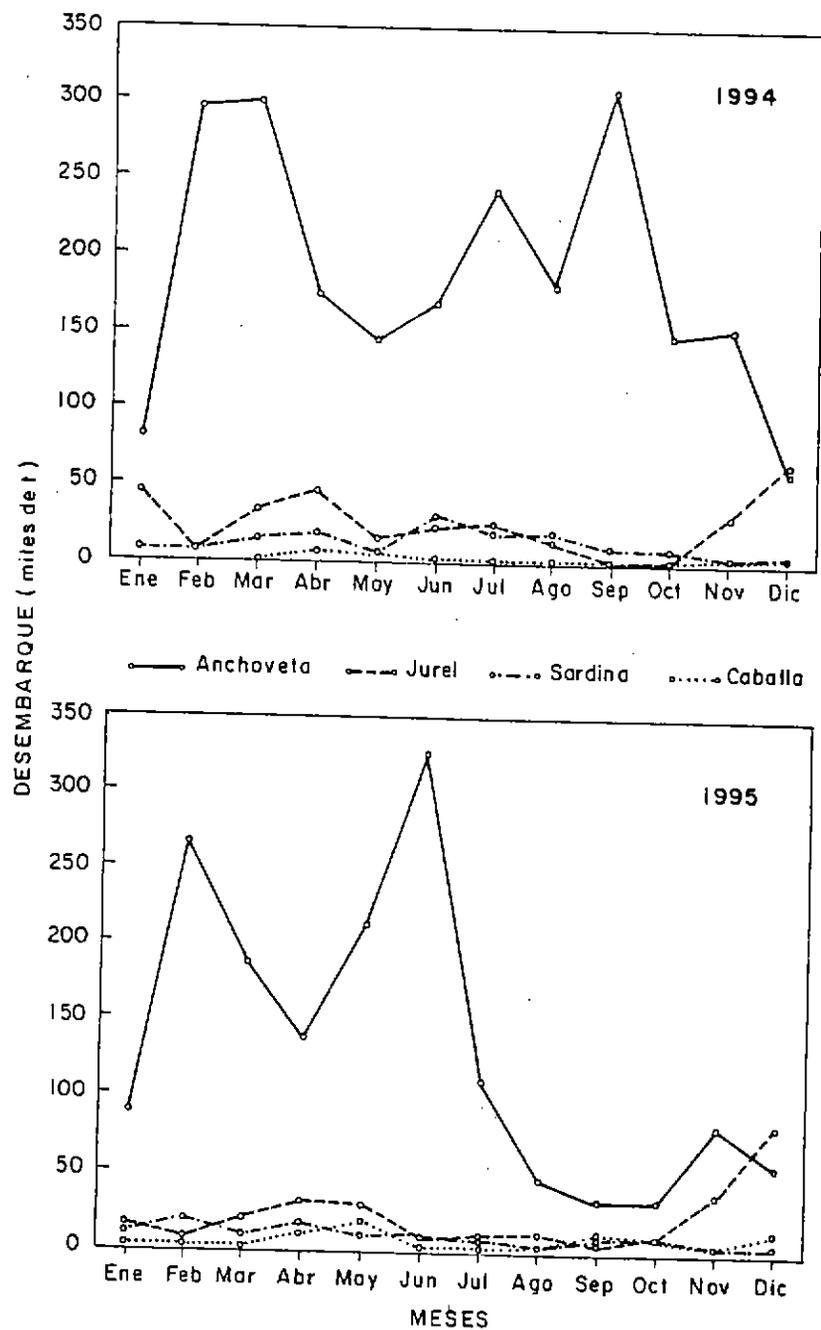


Figura 100. Desembarques de recursos pelágicos en la zona Arica-Coquimbo en 1994 y 1995. FUENTE IFOP.

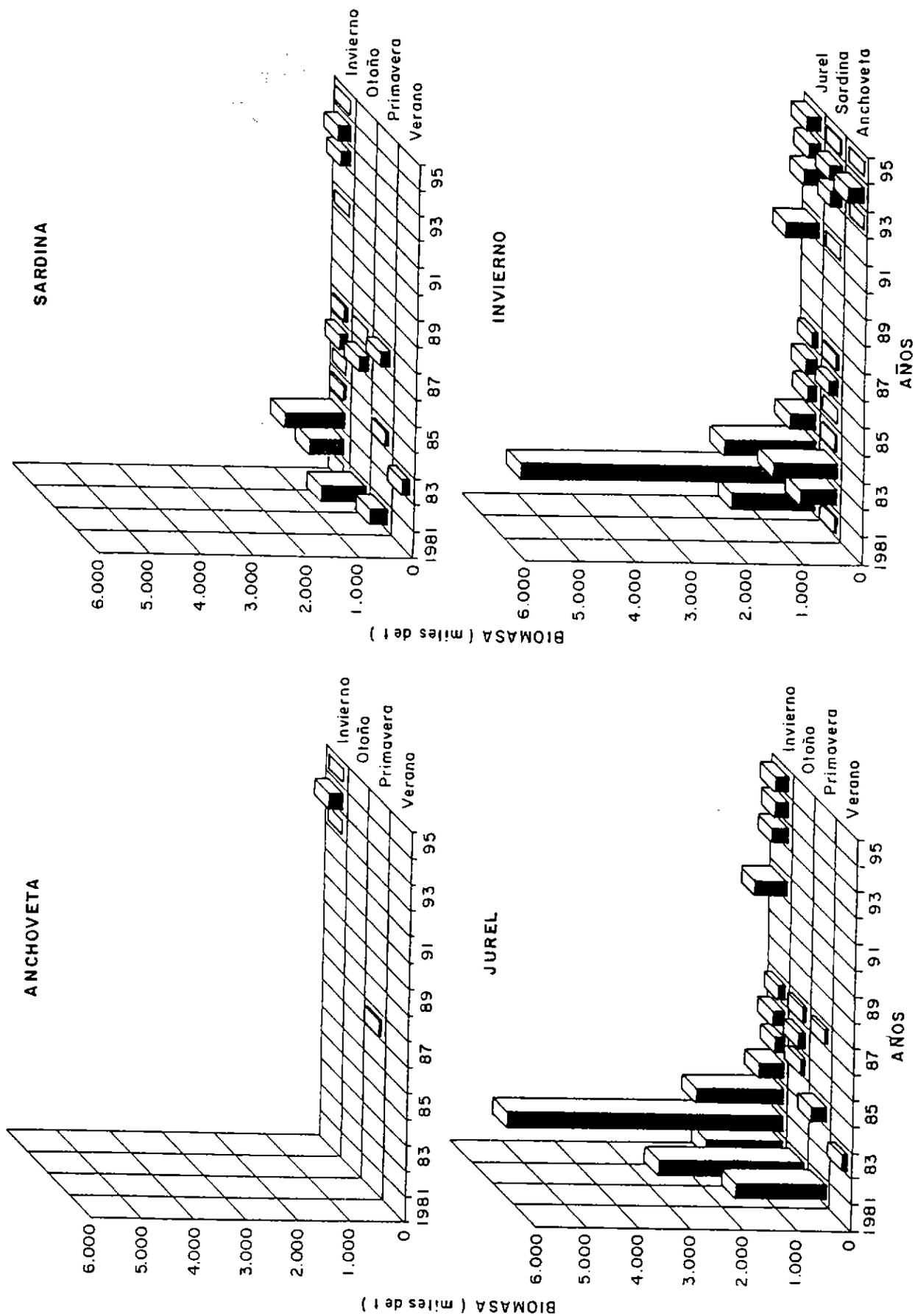


Figura 101. Biomasa estacionales e invernales de sardina española, anchoveta y jurel estimadas para la zona Antofagasta -Coquimbo, durante el periodo 1981-1995.

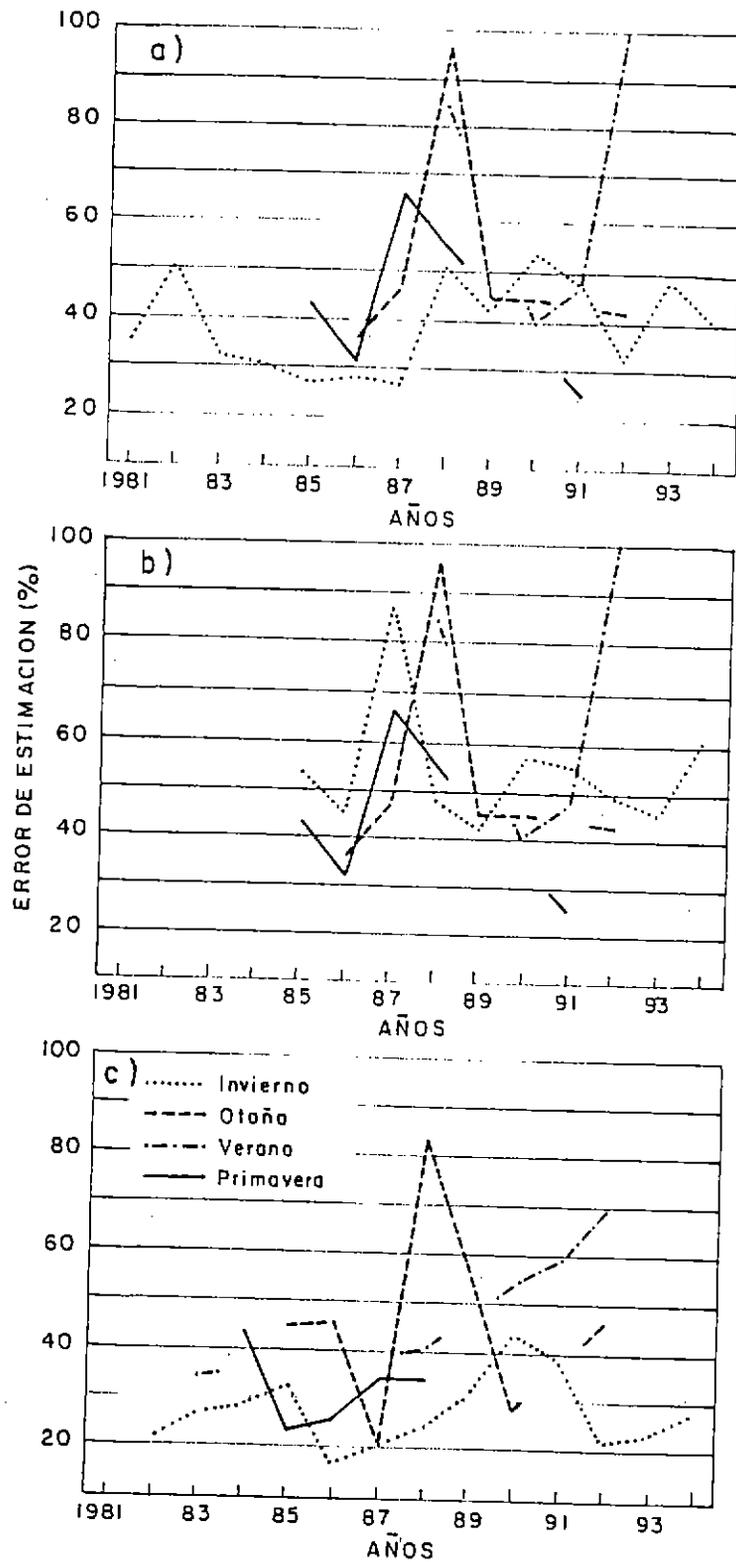


Figura 102. Precisión de los estimados estacionales de biomasa para la zona Arica - Antofagasta de a) sardina española; b) anchoveta y c) jurel.

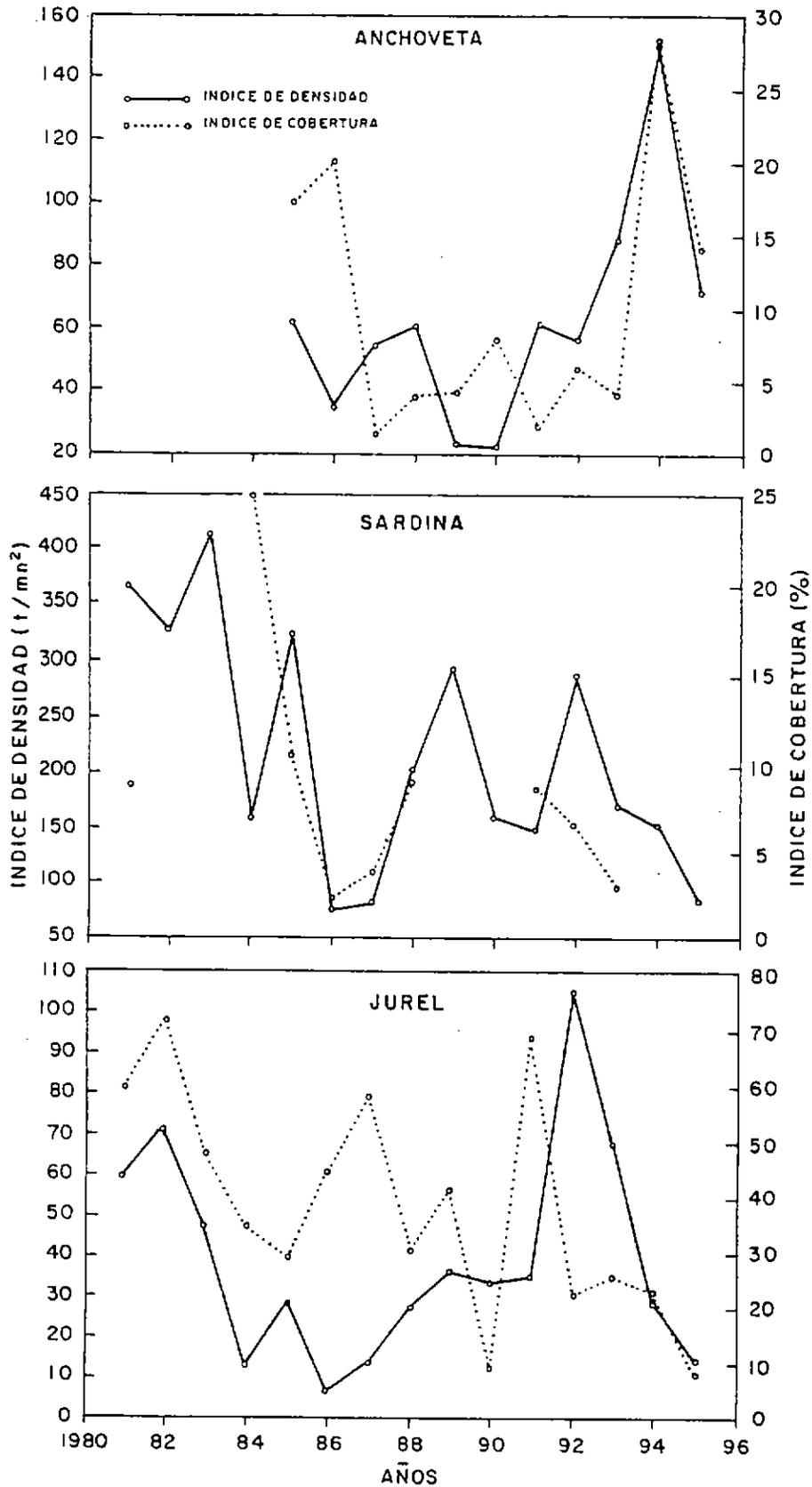


Figura 103. Índice de densidad y cobertura de invierno de anchoveta, Sardina española y jurel, para el período 1981-1995.

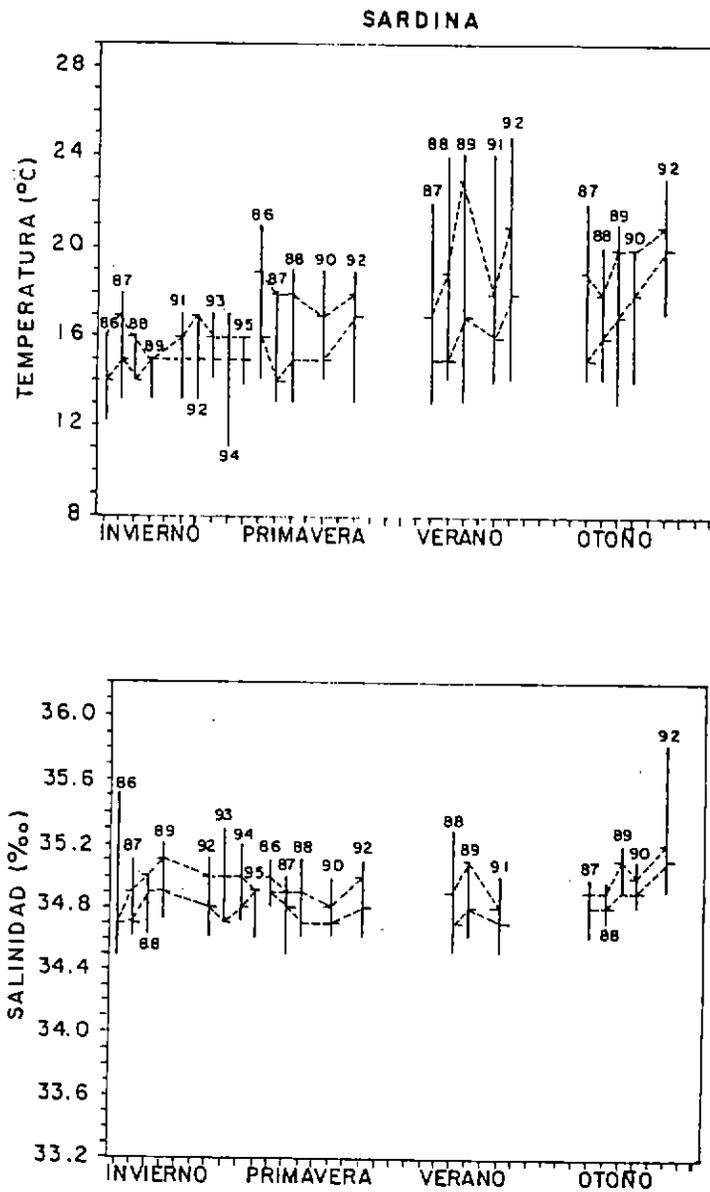


Figura 104. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de la distribución de la sardina española para el período 1981-1995.

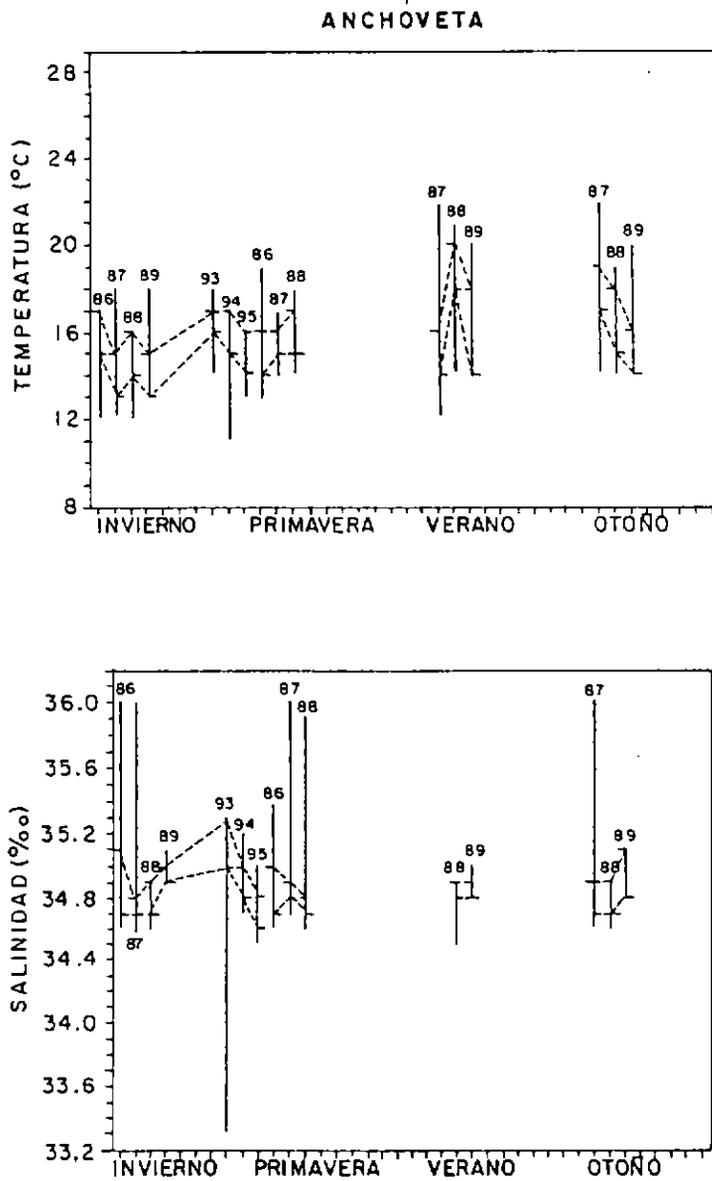


Figura 105. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de la distribución de la anchoveta para el período 1981-1995.

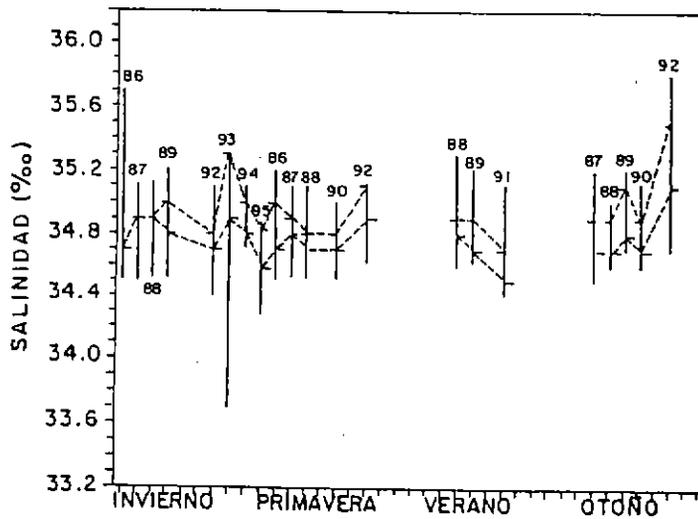
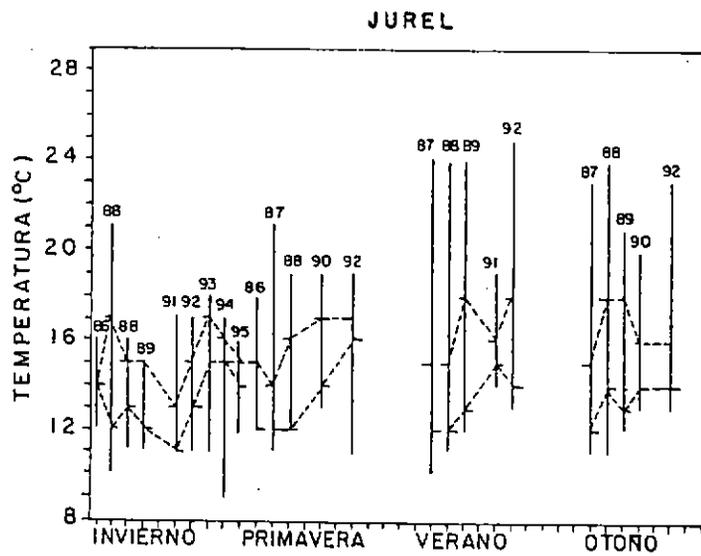


Figura 106. Rangos estacionales de temperatura y salinidad, de la distribución del jurel para el periodo 1981-1995.

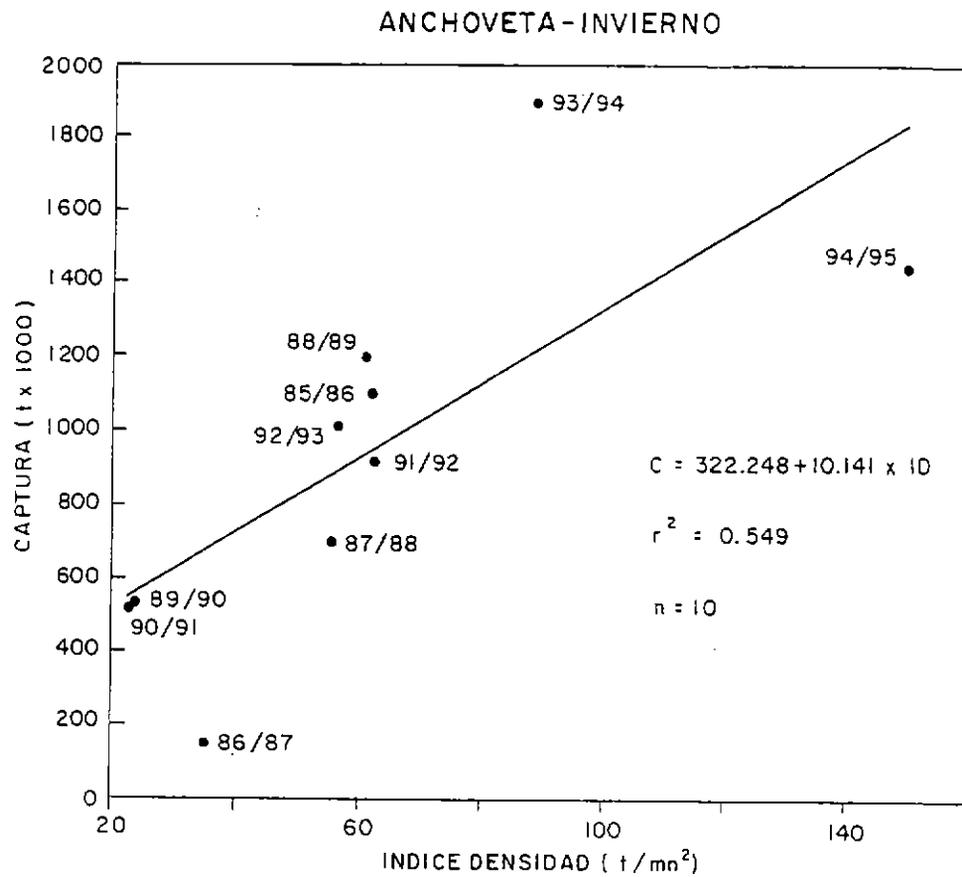


Figura 107. Relación funcional entre las capturas de anchoveta y los Indices de densidad obtenidos mediante hidroacústica para invierno.

**COPIA
INFORMATIVA**

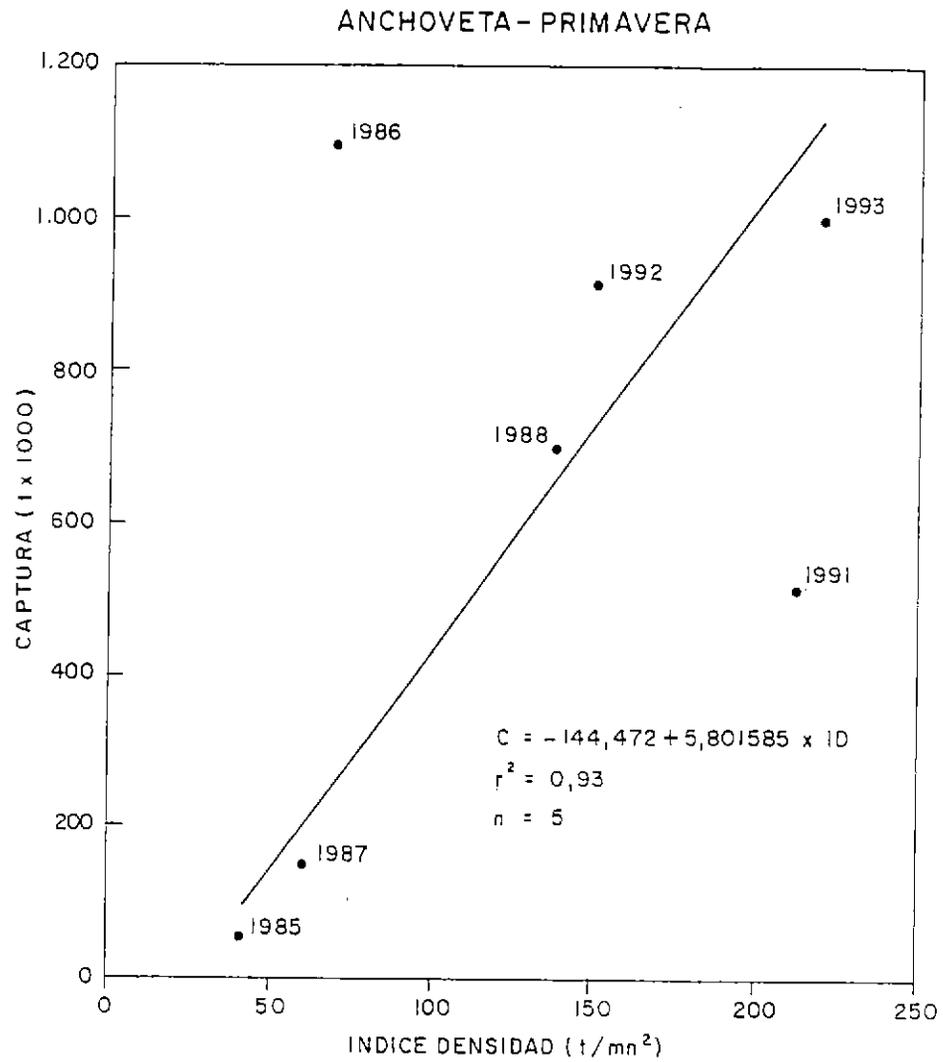


Figura 108. Relación funcional entre las capturas de anchoveta y los Indices de densidad obtenidos mediante hidroacústica para primavera.