



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS FIP

FIP - IT / 96 - 13

INFORME : EVALUACION HIDROACUSTICA DEL RECURSO
FINAL JUREL EN LAS REGIONES V A IX

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,
EJECUTORA DIRECCION ZONAL V, VI VII, VIII Y IX
REGIONES E ISLAS OCEANICAS

REQUIRENTE

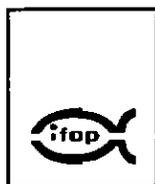
CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA, CIP
Presidente del Consejo : JUAN MANUEL CRUZ SANCHEZ

EJECUTOR :

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

INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA
OCTAVA REGION S.A. - IIP
Director: DAGOBERTO ARCOS ROJAS

• Mayo, 1998 •



JEFE DE PROYECTO :

JOSE CORDOVA M.

AUTORES :

EVALUACION HIDROACUSTICA

JOSE CORDOVA
M. ANGELA BARBIERI
HERNAN MIRANDA
MARCOS ESPEJO
MANUEL ROJAS

OCEANOGRAFIA FISICA Y QUIMICA

SERGIO NUÑEZ
JOSE ORTIZ
DAGOBERTO ARCOS

OCEANOGRAFIA PESQUERA

M. ANGELA BARBIERI
SERGIO NUÑEZ
JOSE CORDOVA
KAREN NIETO

PLANCTON

VIVIAN VALENZUELA
MAURICIO BRAUN
HERNAN MILES

TROFODINAMICA

LEONARDO MIRANDA
CHRISTIAN CUEVAS
HERNAN REBOLLEDO

BIOLOGIA PESQUERA

JOSE CORDOVA
MANUEL ROJAS

• Mayo, 1998 •



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene los resultados de la cuantificación de la biomasa del jurel, su distribución, las condiciones ambientales y las relaciones entre éstas y la distribución del recurso jurel, obtenidos durante un crucero de investigación, que abarcó el área entre Los Vilos (32°40'S) y Corral (41°00'S), desde las 5 millas de la costa hasta las 200 millas, con especial interés en la 100 primeras millas de la costa. El crucero de investigación se realizó entre el 5 de mayo y 17 de junio de 1997.

El crucero consideró la cuantificación hidroacústica del jurel; la pesca con red de mediagua para la obtención de muestras de jurel para el análisis biológico pesquero, de contenido estomacal y para la identificación de ecotrazos; de estaciones oceanográficas y de plancton.

En la zona de estudio se efectuaron un total de 23 transectas, de las cuales 11 transectas (impares) tuvieron como límite occidental las 200 millas, 10 transectas (pares) alcanzaron las 100 millas y una transecta que se localizó entre 100 y 200 millas en el límite norte de la zona de estudio. La separación entre transectas era de 20 millas. El muestreo oceanográfico se realizó en estaciones situadas a 10, 25, 50, 75, 100, 130, 160 y 200 millas de la costa, donde 8 estaciones están en las transectas impares y 5 estaciones en las pares. En ellas se tomaron registros de temperatura, salinidad, muestras de agua para la determinación de oxígeno, clorofila-a, y pesca de plancton con lances oblicuos con redes Bongo. Con los datos oceanográficos obtenidos se calculó la densidad del agua (σ_t), la anomalía geopotencial y estabilidad de las masas de agua.



La cuantificación hidroacústica se realizó con un ecointegrador SIMRAD EK-500 y en la frecuencia de 38Khz, se recolectó información de la superficie hasta los 500 m de profundidad.

La identificación de los registros acústicos del jurel se realizó por medio de dos métodos; el primero es la estimación del coeficiente volumétrico dispersión y el análisis de los ecoregistros, y el segundo por la interpretación de los ecogramas en conjunto con los resultados de la pesca de identificación. Además, cuando fue posible se consideró la captura de la flota.

Se realizaron 43 lances de mediagua de pesca de identificación, se obtuvieron muestras para realizar el análisis biológico pesquero del jurel efectuando mediciones de la composición de tamaño, peso, sexo, madurez sexual, y obteniendo muestras para el análisis del contenido estomacal.

La biomasa estimada del jurel fue de 3.530.000 toneladas con un coeficiente de variación de 7,17% y una densidad de 60,86 t/mn².

Para el estimado de la varianza se emplearon cuatro métodos (conglomerados, estrato agrupados, bootstrap y geoestadístico). Se determinó que el método geoestadístico permitiría estimaciones de biomasa con mayor precisión.

Al comparar el resultado de la evaluación de la biomasa con los obtenidos en 1991, 1992, 1993 y 1994, se aprecian importantes variaciones interanuales. La biomasa de 1997 representa un 69,3 % del estimado de 1991, un aumento de un 54,7%, 29,2% y 70,0% respecto al estimado de 1992, 1993 y 1994 respectivamente.



En la distribución del jurel se identificaron dos sectores de alta concentración. El primero ubicado al norte desde punta Barrancos ($34^{\circ}00'S$) a Constitución ($35^{\circ}20'S$) donde se presentó el 28% de la biomasa estimada. El segundo sector se extendió desde punta Nugurne ($36^{\circ}00'S$) a morro Cauten ($38^{\circ}40'S$) y aportó con el 57,6% de la biomasa. La distribución geográfica de la abundancia cambia entre años, pero mantiene en forma recurrente los sectores de mayor concentración del recurso, el sector de más al norte se manifestó durante 1992, mientras que el sector más al sur se presentó en 1991, 1993 y 1994.

El jurel se encontró preferentemente entre 70 y 140 millas de la costa ubicado en 6 focos de abundancia, cinco de los focos estaban distribuidos en una dorsal (dirección N-S) situada de 100 a 120 millas de la costa. El sexto foco que tuvo una situación oceánica se encontraba a unas 170 mn de la costa en la latitud $36^{\circ}40'LS$.

La distribución batimétrica del jurel es de 10 a 180 m de profundidad, distribuyéndose el 89,9% del jurel en los primeros 100 m de la columna de agua. El jurel se profundiza más cerca de la costa y es más superficial en la zona oceánica. La profundidad máxima del jurel cambia entre años, la de 1997 es semejante a la de 1992, donde el jurel alcanzó sólo los 170 m, mientras difiere a la de 1991, 1993 y 1994 donde alcanzó los 200, 230 y 210 m, respectivamente.

El rango de talla del jurel es de 12 a 58 cm de longitud horquilla. La estructura de tamaños de jurel presenta una distribución geográfica diferenciada por tamaño, los especímenes de mayor talla se encuentran en la zona sur en el área costera. En el presente crucero el 70,8% de los ejemplares está bajo la talla mínima legal de 26 cm; esta participación porcentual de ejemplares juveniles en la biomasa se ha incrementado respecto a un 36,6% en 1992, a 30,5% en 1993 y a 52,0% en 1994.



El espectro trófico de esta especie en la época de estudio fue bajo, encontrándose sólo tres taxas de presas en los estómagos de jurel. La presa de mayor importancia fueron los eufáusidos, dominando en número, peso y frecuencia de aparición. De acuerdo al índice de selectividad de Chesson, la presa más seleccionada fue eufáusidos al igual que lo observado en anteriores cruceros (1991-1994).

En la zona de estudio se observa una reducción de los grupos dominantes (4) respecto a lo informado por Serra *et al.* 1994, Quiñones *et al.* 1995 y Konchina 1982, quienes encuentran un total de 7 a 8 grupos de importancia en términos numéricos. Asimismo, se registra una disminución en el número de taxas reconocidas (19) respecto a los años 1992 y 1994, donde se identificaron entre 32 a 34 taxas. Este resultado sugiere un cambio relativo en la composición de zooplancton al encontrar una menor diversidad en este crucero. Cabe señalar que la baja diversidad en el zooplancton ha sido observada en la zona norte del país, cuando se desarrolla un evento ENSO (Braun, com.pers.).

Las condiciones oceanográficas observadas en la zona de estudio indican una incursión de aguas cálidas (>de 17°C) y más salinas (>34,2 ppm) por los sectores norte y sur oeste. En la zona se presentan dentro de los primeros 600 m de profundidad tres masas de agua; Aguas Subantártica (AASA), Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) y Aguas Intermedias Antárticas (AIAA), lo cual ha sido descrito por otros autores para la zona (eg, Wyrcki 1964, Silva y Ramírez 1982, Osses y Blanco 1991)

El 89, 9% del jurel se distribuye en la columna de agua en los primeros 100 m. A nivel superficial el recurso se encuentra en aguas cuyo rango de temperatura es entre 14,0 a 16,9°C, de salinidad 33,7 a 34,2 ppm, de oxígeno 4,4 a 4,8 ml/l. En el



plano vertical el jurel se distribuye entre los 16,9°C y 11,0°C de temperatura, 33,7 y 34,2 ppm de salinidad y 2,8 a 4,8 ml/l de oxígeno. Respecto a los factores bióticos, el jurel se encuentra preferentemente en aguas donde la clorofila integrada presenta un rango de 15 a 24 mg/m^2 y respecto a los eufáusidos entre 300 a 899 individuos/ 1.000m^3 . La cartografía de la clorofila integrada muestra pequeñas estructuras de valores variables y cuando éstas tienen altos valores se presentan altas concentraciones de jurel.

Las asociaciones entre la cartografía (a los 5 m, 50 m y 100 m de profundidad) de la distribución de la abundancia del jurel y las variables oceanográficas son bajas, se consideraron: variables físicas (temperatura, salinidad y oxígeno) sigma-t, variables biológicas (eufáusidos, capa de dispersión profunda) y clorofila integrada.

PERSONAL PARTICIPANTE

| NOMBRE | FUNCION | INSTITUCION |
|--------------------|--|-------------|
| José Córdova | Jefe Proyecto / Evaluación Acústica / Oceanografía Pesquera / Biología Pesquera | IFOP |
| M. Angela Barbieri | Evaluación Acústica / Oceanografía Pesquera | IFOP |
| Sergio Lillo | Evaluación Acústica | IFOP |
| Marcos Espejo | Evaluación Acústica | IFOP |
| Manuel Rojas | Biología Pesquera | IFOP |
| Víctor Correa | Evaluación Acústica | IFOP |
| Gonzalo Pérez | Biología Pesquera | IFOP |
| Karen Nieto | Oceanografía Pesquera | IFOP |
| Vivian Valenzuela | Plancton | IFOP |
| Mauricio Braun | Plancton | IFOP |
| Hernán Miles | Plancton | IFOP |
| Wladimir Garrido | Muestreo | IFOP |
| Sergio Núñez | Oceanografía Física / Oceanografía Pesquera | IIP |
| José Ortiz | Oceanografía Física | IIP |
| Dagoberto Arcos | Oceanografía Física | IIP |
| Alfredo Troncoso | Oceanografía Física | IIP |
| Leonardo Miranda | Trofodinámica | IIP |
| Christian Cuevas | Trofodinámica | IIP |
| Hernán Rebolledo | Trofodinámica | IIP |



INDICE GENERAL

| | Páginas |
|--|-----------|
| RESUMEN EJECUTIVO | i |
| INDICE GENERAL | vii |
| INDICE DE FIGURAS | xi |
| INDICE DE TABLAS | xix |
| | |
| 1. OBJETIVO GENERAL | 1 |
| 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 1 |
| 3. ANTECEDENTES | 3 |
| 4. METODOLOGÍAS DE TRABAJO | 5 |
| 4.1 Aspectos generales del crucero | 5 |
| 4.2 Hidroacústica | 6 |
| 4.2.1 Diseño de muestreo | 6 |
| 4.2.2 Calibración electroacústica | 7 |
| 4.2.3 Información acústica | 9 |
| 4.2.4 Análisis de la información acústica | 10 |
| 4.2.5 Constante de ecointegración | 12 |
| 4.2.6 Cálculo de la abundancia y su varianza | 14 |
| 4.2.7 Medida de precisión del estimado | 19 |
| 4.3 Biología pesquera | 20 |
| 4.3.1 Estructura de tallas | 22 |
| 4.3.2 Aspectos reproductivos | 22 |



| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.4 | Trofodinámica ----- | 23 |
| 4.4.1 | Obtención de las muestras ----- | 23 |
| 4.4.2 | Análisis de la información ----- | 23 |
| 4.5 | Oceanografía física y química ----- | 29 |
| 4.5.1 | Diseño general de muestreo ----- | 29 |
| 4.5.2 | Análisis de las muestras ----- | 32 |
| 4.5.3 | Registro de información meteorológica ----- | 33 |
| 4.6 | Plancton ----- | 34 |
| 4.6.1 | Colecta de información ----- | 34 |
| 4.6.2 | Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónica ----- | 35 |
| 4.6.3 | Biomasa zooplanctónica total ----- | 37 |
| 4.7 | Exploración de asociaciones ----- | 38 |
| 4.7.1 | Asociaciones entre el recurso, zooplancton y las variables ambientales ----- | 38 |
| 5 | RESULTADOS ----- | 41 |
| 5.1 | Evaluación hidroacústica ----- | 41 |
| 5.1.1 | Calibración electroacústica ----- | 41 |
| 5.1.2 | Constante de ecointegración ----- | 43 |
| 5.1.3 | Descripción de estructuras espaciales en la información acústica --- | 45 |
| 5.1.4 | Abundancia del recurso ----- | 48 |
| 5.1.5 | Características de las zonas de concentración ----- | 50 |
| 5.1.6 | Distribución geográfica del recurso ----- | 53 |
| 5.1.7 | Distribución batimétrica del recurso ----- | 54 |
| 5.1.8 | Análisis de los resultados de hidroacústica ----- | 55 |
| 5.2 | Biología pesquera ----- | 60 |
| 5.2.1 | Resultados de lances de pesca ----- | 60 |
| 5.2.2 | Composición por tamaños ----- | 62 |
| 5.2.3 | Relación longitud-peso ----- | 63 |
| 5.2.4 | Aspectos reproductivos ----- | 65 |



| | | |
|------------|---|------------|
| 5.3 | Trofodinámica ----- | 66 |
| 5.3.1 | Importancia de las presas ----- | 68 |
| 5.3.2 | Selectividad de presas por tamaño ----- | 72 |
| 5.3.3 | Similitud trófica ----- | 74 |
| 5.3.4 | Consumo poblacional de jurel ----- | 75 |
| 5.4 | Oceanografía física y química ----- | 77 |
| 5.4.1 | Batimetría de la zona de estudio ----- | 77 |
| 5.4.2 | Condiciones meteorológicas ----- | 77 |
| 5.4.3 | Muestreo regular ----- | 80 |
| 5.4.4 | Relación entre el viento y las profundidades de mezcla y de la termoclina ----- | 112 |
| 5.5 | Plancton ----- | 113 |
| 5.5.1 | Composición y abundancia del zooplancton ----- | 113 |
| 5.5.2 | Distribución de zooplancton ----- | 119 |
| 5.5.3 | Biomasa zooplanctónica ----- | 123 |
| 5.6 | Asociaciones entre las condiciones oceanográficas y la distribución-abundancia de jurel en el área de estudio ----- | 124 |
| 5.6.1 | Cartografía de la abundancia del jurel (Sa) y las variables oceanográficas ----- | 124 |
| 5.6.2 | Asociación espacial entre las condiciones oceanográficas y la distribución-abundancia del jurel en el área de estudio ----- | 127 |
| 6. | DISCUSIÓN ----- | 133 |
| 7. | CONCLUSIONES ----- | 141 |
| 7.1 | Acústica ----- | 141 |
| 7.2 | Biología pesquera ----- | 143 |
| 7.3 | Sección trofodinámica ----- | 144 |
| 7.4 | Sección oceanografía ----- | 145 |
| 7.5 | Plancton ----- | 146 |
| 7.6 | Asociaciones ----- | 148 |
| 8. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ----- | 150 |

FIGURAS



INDICE DE FIGURAS

- Fig 1. Distribución de transectas en la zona de estudio.
- Fig 2. Estaciones de muestreo oceanográfico dispuestas en el área de estudio.
- Fig. 3. Distribución espacial de la abundancia de jurel (mayo-junio 1997).
- Fig. 4. Correlogramas por sectores. a) norte, b) centro y c) sur.
- Fig. 5. Variograma de la distribución. a) anisotrópico, b) isotrópico.
- Fig 6. Distribución de biomasa entre 1991 a 1994.
- Fig 7. Distribución batimétrica del jurel por categoría. a) norte, b) centro c) sur.
- Fig 8. Distribución geográfica de lances de pesca (mayo-junio 1997).
- Fig 9. Distribución de tallas para el crucero (mayo-junio 1997).
- Fig 10. Distribución de tallas en la zona de estudio. a) previa al crucero, b) posterior al crucero.
- Fig 11. Distribución de tallas por sectores. a) norte, b) centro y c) sur.
- Fig 12. Relaciones de longitud-peso. a) machos, b) hembras y c) total.
- Fig 13. Índice de selectividad de Cheeson por latitud.
- Fig. 14. Similitud trófica de jurel por grupo de tamaño.
- Fig. 15. Batimetría global de la zona de estudio.
- Fig 16. Variación de las condiciones meteorológicas en el período de estudio.
- Fig 17. Distribución horizontal de la temperatura. Estrato de 5 m.
- Fig 18. Distribución horizontal de la salinidad. Estrato de 5 m.



- Fig 19. Distribución horizontal de la densidad. Estrato de 5 m.
- Fig 20. Distribución horizontal de la oxígeno. Estrato de 5 m.
- Fig 21. Distribución horizontal de la temperatura. Estrato de 50 m.
- Fig 22. Distribución horizontal de la salinidad. Estrato de 50 m.
- Fig 23. Distribución horizontal de la densidad. Estrato de 50m.
- Fig 24. Distribución horizontal de la oxígeno. Estrato de 50 m.
- Fig 25. Distribución horizontal de la temperatura. Estrato de 100 m.
- Fig 26. Distribución horizontal de la salinidad. Estrato de 100 m.
- Fig 27. Distribución horizontal de la densidad. Estrato de 100 m.
- Fig 28. Distribución horizontal de la oxígeno. Estrato de 100 m.
- Fig 29. Distribución horizontal de la temperatura. Estrato de 200 m.
- Fig 30. Distribución horizontal de la salinidad. Estrato de 200 m.
- Fig 31. Distribución horizontal de la densidad. Estrato de 200 m.
- Fig 32. Distribución horizontal de la oxígeno. Estrato de 200 m.-
- Fig 33. Distribución horizontal de la clorofila a. Estrato de 5 m.
- Fig 34. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 1.
- Fig 35. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 2.
- Fig 36. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 3.
- Fig 37. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 4.



- Fig 38. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 5.
- Fig 39. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 6.
- Fig. 40. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 7.
- Fig. 41. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 8.
- Fig. 42. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 9.
- Fig. 43. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 10.
- Fig. 44. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 12.
- Fig. 45. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 13.
- Fig. 46. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 14.
- Fig. 47. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 15.
- Fig. 48. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad. Secciones oceanográficas de la Transecta 16.
- Fig. 49. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 17.
- Fig. 50. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 18.
- Fig. 51. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 19.



- Fig. 52. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 20.
- Fig. 53. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 21.
- Fig. 54. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 22.
- Fig. 55. Distribución vertical de temperatura, salinidad. Secciones oceanográficas de la Transecta 23.
- Fig. 56. Perfiles verticales promedio de temperatura (línea continua) y su desviación estándar (línea discontinua), para los sectores noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio.
- Fig. 57. Perfiles verticales promedio de densidad (línea continua) y su desviación estándar (línea discontinua), para los sectores noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio.
- Fig. 58. Perfiles verticales promedio de oxígeno disuelto (línea continua) y su desviación estándar (línea discontinua), para los sectores noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio.
- Fig. 59. Perfiles verticales promedio de clorofila (línea continua) y su desviación estándar (línea discontinua), para los sectores noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio.
- Fig. 60. Perfiles verticales individuales de temperatura, salinidad y densidad. Transecta 1.
- Fig. 61. Perfiles verticales individuales de temperatura, salinidad y densidad. Transecta 11.
- Fig. 62. Perfiles verticales individuales de temperatura, salinidad y densidad. Transecta 21.
- Fig. 63. Perfiles verticales individuales de oxígeno disuelto. Transecta 1.



- Fig. 64. Perfiles verticales individuales de oxígeno disuelto. Transecta 11.
- Fig. 65. Perfiles verticales individuales de oxígeno disuelto. Transecta 21.
- Fig. 66. Distribución horizontal de la profundidad base de la termoclina.
- Fig. 67. Distribución horizontal de la profundidad de la capa de mezcla.
- Fig. 68. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Transecta 1.
- Fig. 69. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Transecta 11
- Fig. 70. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Transecta 21
- Fig. 71. Diagramas T-S para los sectores: a) Noroeste, b) Noreste, c) Centro-oeste, d) Centro-este, e) Suroeste y f) Sureste.
- Fig. 72. Topografía dinámica en el área de estudio. Distribución horizontal de la anomalía geopotencial a 10 dB, referida a 600 dB.
- Fig. 73. Distribución de inversiones térmicas en la zona de estudio. Los números 0 indican ausencia de inversiones térmicas, mientras que los números distintos de 0 representan la profundidad a que se encontraba la inversión térmica.
- Fig. 74. Relación entre la componente este-oeste de la velocidad del viento y las profundidades de mezcla y base de la termoclina.
- Fig. 75. Relación entre la componente norte-sur de la velocidad del viento y las profundidades de mezcla y base de la termoclina.
- Fig. 76. Porcentajes de la abundancia promedio de los grupos zooplanctónicos. A Grupos totales analizados. B Los mismos grupos, excluyendo a los copépodos.(300um).
- Fig. 77. Porcentajes de la abundancia promedio de los grupos zooplanctónicos. A Grupos totales analizados. B Los mismos grupos, excluyendo a los copépodos.(500um).



- Fig. 78. Distribución y abundancia de los copépodos en el área de estudio, proveniente de las muestras colectadas con red de 300 μ m.
- Fig. 79. Distribución y abundancia de los quetognatos en el área de estudio, proveniente de las muestras colectadas con red de 300 μ m.
- Fig. 80. Distribución y abundancia de los doliólidos en el área de estudio, proveniente de las muestras colectadas con red de 300 μ m.
- Fig. 81. Distribución y abundancia de los eufáusidos en el área de estudio, proveniente de las muestras colectadas con red de 300 μ m.
- Fig. 82. Comparación entre densidad promedio de los principales grupos zooplanctónicos con relación a la latitud.(300 μ m).
- Fig. 83. Comparación entre densidad promedio de los principales grupos zooplanctónicos con relación a la latitud.(500 μ m).
- Fig. 84. Abundancia promedio de la biomasa zooplanctonica con respecto a la latitud.
- Fig. 85. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctonica. (300 μ m).
- Fig. 86. Distribución de la abundancia de jurel (Sa). a) total b) 5 a 50 m. y c) 51 a 100 m. de profundidad.
- Fig. 87. Distribución de la temperatura. a) superficie b) 50 m y c) 100 m de profundidad.
- Fig. 88. Distribución de la salinidad. a) superficie b) 50 m y c) 100 m de profundidad.
- Fig. 89. Distribución de densidad (σ -t). a) superficie b) 50 m y c) 100 m de profundidad.
- Fig. 90. Distribución de oxígeno. a) superficie b) 50 m y c) 100 m de profundidad.
- Fig. 91. Distribución de; a) clorofila integrada b) capa de dispersión profunda y c) distribución de eufáusidos.



- Fig. 92. Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Área total a 5 m.
- Fig. 93. Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Área total a 50 m.
- Fig. 94. Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Área total a 100 m.
- Fig. 95. Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Foco norte a 5 m.
- Fig. 96. Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Foco norte a 50 m.
- Fig. 97. Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Foco sur a 5 m.
- Fig. 98. Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Foco sur a 50 m.
- Fig. 99. Distribución batimétrica del recurso en el ciclo diario



INDICES DE TABLAS

- Tabla 1. Categorías por densidad.
- Tabla 2. Información de los lances de pesca realizados en el crucero de evaluación de jurel (mayo-junio 1997).
- Tabla 3. Grupo de tamaños artificiales de jurel cada 5 cm de longitud horquilla.
- Tabla 4. Número de estaciones de muestreo realizadas por sectores (norte, centro y sur).
- Tabla 5. Estaciones de muestreo oceanográfico (programadas y realizadas) por sectores (norte, centro y sur).
- Tabla 6. Posición de las transectas y número de estaciones oceanográficas en la zona de estudio (mayo-junio 1997).
- Tabla 7. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y su coeficiente de dispersión volumétrico. 38 KhZ.
- Tabla 8. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y su coeficiente de dispersión volumétrico. 120 KhZ.
- Tabla 9. Valores de t de students observados y críticos para la frecuencia de 38 y 120 KhZ.
- Tabla 10. Análisis de la varianza de la relación $TS = a + b \log(L)$.
- Tabla 11. Análisis de la varianza de la relación $W = a * L^b$.
- Tabla 12. Índice de cobertura (IC) y densidad (ID) en la zona de estudio.
- Tabla 13. Número de cardúmenes por unidad básica de muestreo.
- Tabla 14. Estimados de biomasa y densidad de jurel.
- Tabla 15. Varianza y coeficiente de variación de los estimados de biomasa de jurel.



- Tabla 16. Abundancia de jurel por focos.
- Tabla 17. Número de cardúmenes por IBM en los focos de abundancia.
- Tabla 18. Cálculo de biomasa. Años 1991 - 1994.
- Tabla 19. Composición por especies de las capturas de los lances de pesca, (mayo-junio 1997).
- Tabla 20. Análisis de chi - cuadrado para las distribución de tallas de jurel, (mayo-junio 1997).
- Tabla 21. Parámetros y estadísticos básicos de la relación $W = a * L^b$
- Tabla 22. Aspectos biológicos básicos de jurel, obtenidos en cuatro cruceros de evaluación.
- Tabla 23. Fecha, horas de calado y virado, profundidad de los lances de pesca con red de media agua, número total de estómagos muestreados y con contenido estomacal.
- Tabla 24. Número (N), peso (P) y frecuencia de aparición (F) de los taxa de presas en los estómagos de jurel, considerando sólo los estómagos con contenido estomacal (todos los valores expresados en porcentaje), e Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado).
- Tabla 25. Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado) por grupos de tamaño definidos en la tabla 23.
- Tabla 26. Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado) por profundidad.
- Tabla 27. Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado) por latitud.
- Tabla 28. Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado) por longitud.



- Tabla 29. Promedio (Prom) y desviación estándar (d.s.) del índice de selectividad de Ursin, U (1973) en *T. s. murphyi*, número de observaciones (n), y tamaño promedio del taxón de presa (% en peso respecto del predador, t), para 1993 (Serra *et al.*, 1994b), 1994 (Serra *et al.*, 1995) y 1997 (presente estudio).
- Tabla 30. Abundancia en porcentajes del número de las principales presas de jurel en los estómagos y el ambiente.
- Tabla 31. Porcentaje en peso de las presas de jurel por grupos del predador.
- Tabla 32. Consumo poblacional de jurel, expresado como la razón entre el consumo (Q) y la biomasa (B), esto es Q/B; tiempo de digestión (TD), peso promedio de las presas (W), ración diaria de alimento (RD) y proporción de las presas (P). Para unidades de medida, ver el texto.
- Tabla 33. Condiciones atmosféricas en la zona de estudio.
- Tabla 34. Resumen de la abundancia zooplanctónica de los diferentes grupos analizados con red de 300 y 500 μ m.
- Tabla 35. Porcentajes de constancia, dominancia numérica y clasificación de los grupos zooplanctónicos. A Red de 300 μ m, B red de 500 μ m.
- Tabla 36. Distribución del jurel y variables ambientales (medio, mínimo, máximo) a 5, 50, y 100 m de profundidad.
- Tabla 37. Coeficientes de correlación parciales a distintos niveles de profundidad.
- Tabla 38. Índices de Cramer's V entre la abundancia de jurel (S_a) y las variables oceanográficas a los distintos niveles de profundidad y por focos de concentración de la abundancia.



1. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar por el método hidroacústico la biomasa del recurso jurel, *Trachurus murphyi*, existente en el litoral marítimo de las regiones V a IX circunscrita a las 200 millas náuticas medidas desde la costa, y determinar las condiciones oceanográficas asociadas a su distribución y abundancia, con el propósito de disponer de información actualizada y oportuna de los cambios en los patrones de distribución y abundancia del stock de jurel, para evaluar el estado de explotación de dicho recurso.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1 Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso jurel en el área de estudio.
- 2.2 Determinar la biomasa total (en peso) del recurso jurel en el área de estudio.
- 2.3 Determinar la distribución del zooplancton en el área de estudio, con especial énfasis en los eufáusidos.
- 2.4 Determinar la composición de los principales ítemes alimentarios del jurel en el área de estudio.
- 2.5 Registrar y analizar las condiciones oceanográficas y meteorológicas asociadas a la distribución del recurso jurel.
- 2.6 Explorar las asociaciones entre las condiciones oceanográficas, distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio.



3. ANTECEDENTES

El jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) es una especie de amplia distribución, que se encuentra desde las islas Galápagos hasta la región austral de Chile (52°S) (Chirichigno, 1974; Serra, 1991); y desde el litoral de Sudamérica hasta las costas de Nueva Zelandia (Evseenko, 1987; Jones, 1990; Grechina, 1992).

El jurel es un recurso típicamente pelágico, habitando regiones oceánicas y costeras. Actualmente sostiene la más importante unidad de pesquería de cerco del país, habiendo sido además, especie objetivo de la pesca internacional de altura entre los años 1978 y 1991, por embarcaciones de la ex-Unión Soviética que operaron frente a las costas de Chile y Perú. En 1996, los desembarques de jurel por la flota cerquera industrial en los puertos de la Octava Región, superaron los 2,8 millones de toneladas.

El conocimiento existente sobre este recurso ha permitido determinar que esta especie experimenta una emigración desde las costas de Chile central y centro-sur hacia aguas internacionales con fines reproductivos, situación que se verifica en la estación de primavera-verano. Por el contrario, el jurel realiza una inmigración hacia la zona costera de Chile central y centro-sur con el propósito de aumentar su biomasa individual en el período otoño-invierno (Serra *et al*, 1994a, 1994b). No obstante, este conocimiento es aún general, si se contrasta con el alto nivel de explotación que ha tenido este recurso, por lo que es evidente la necesidad de incrementar el grado de conocimiento biológico del recurso y del medio ambiente en el que se desarrolla, con el objeto de mejorar las evaluaciones de la biomasa a través del entendimiento de su comportamiento.



Considerando la importancia del recurso en la economía del país y el nivel de explotación a que ha sido sometido, el Consejo de Investigación Pesquera ha solicitado la ejecución del presente estudio para determinar la biomasa de jurel, su distribución espacial y factores ambientales asociados.

El presente informe entrega los resultados correspondientes a la cuantificación de la biomasa de jurel en el área de estudio y su varianza, además de información sobre las condiciones ambientales y la posible relación de ésta con la distribución del recurso.



4. METODOLOGIA DE TRABAJO

4.1 Aspectos generales del crucero

La prospección hidroacústica se efectuó en el período de invierno de 1997 a bordo del B/I "Abate Molina", operado por el Instituto de Fomento Pesquero, entre los días 4 de mayo al 17 de junio de 1997, y abarcó la zona comprendida entre los Vilos (32° 40'LS) y Corral (41° 00'LS).

En la zona de estudio se efectuaron un total de 23 transectas, de las cuales 11 transectas (impares) tuvieron como límite occidental las 200 millas, 10 transectas (pares) alcanzaron las 100 millas y una transecta se localizó entre 100 y 200 millas en el límite norte de la zona de estudio (Fig 1). La separación entre transecta fue de 20 millas desde la costa a las 100 millas, mientras que hacia las 200 millas éstas se situaron cada 40 millas.

Durante el desarrollo del crucero de cuantificación acústica, se realizaron un total de 43 lances de pesca, a fin de identificar ecotrazos y obtener muestras para estudios biológicos y de alimentación. Para tal efecto, se utilizó una red de arrastre a mediagua con un forro interior de 4 cm, con el objeto de asegurar la retención de ejemplares de tallas menores.

El diseño de muestreo consideró una red de estaciones bioceanográficas, situadas a 10, 25, 50, 75 y 100 mn en las transectas pares, mientras que en las transectas impares éstas se localizaron a 10, 25, 50, 75, 100, 130, 160 y 200 millas de la costa.



Las condiciones de mal tiempo imperante durante el transcurso del crucero de prospección, no permitieron la ejecución de algunas estaciones bioceanográficas, y es así que sólo se efectuó el 92,1 % de las estaciones programadas.

Asimismo, el diseño de muestreo de carácter adaptativo aplicado en la zona de estudio, permitió por una parte caracterizar seis zona de alta concentración de jurel (zonas de pesca), y cubrir una área amplia que incluyó la zona de distribución espacial del recurso durante la prospección, lo cual aseguró no perder información importante en la evaluación del recurso.

4.2 Hidroacústica

4.2.1 Diseño de muestreo

El diseño, de muestreo utilizado en la evaluación de jurel a través de método hidroacústico, correspondió a un diseño de muestreo sistemático, con transectas equidistantes y perpendiculares al sentido de la costa (Fig 1). Diseño que es propuesto para la evaluación del jurel por Barbieri *et al*, 1996.

Este diseño corresponde a un muestreo sistemático de conglomerado de tamaño variable, donde cada conglomerado es asimilado a un tramo de navegación denominado transecta. En ésta se registra la información acústica mediante el sistema compuesto por un ecosonda y eointegrador.

Este tipo de muestreo, que supone aleatoriedad en la distribución del recurso con respecto a la posición de las transectas, permite por una parte, disminuir la varianza del estimador cuando los datos presentan una gradiente de densidad en el sentido



de las transectas, y por otra obtener información adecuada sobre la distribución de los recursos (MacLennan y Simmonds, 1992).

La separación de las transectas se estimó tomando en consideración, cubrir el área de distribución del recurso, precisión estimada en función al índice de cobertura modificado, coeficiente de variación y presupuesto disponible.

La distancia entre transectas fue de 20 mn y 40 mn dentro y fuera de las 100 mn de la costa, esta densidad de muestreo consideró obtener un coeficiente de variación esperado del 25% en la evaluación acústica, para lo cual se requirió efectuar 21 transectas en la zona de estudio. En estas transectas, se recolectó información acústica desde la superficie y los 500 m de profundidad.

La estrategia de prospección fue de tipo adaptativa, en en el espacio y tiempo (Barbieri *et al*, 1996). Esto es, por una parte el área de estudio se ajustó latitudinalmente al sector donde operaba la flota previo al crucero, y en segundo lugar el período de prospección correspondió a los meses cuando se registran los máximos valores de captura por unidad de esfuerzo (cpue) en la flota cerquera de la zona centro-sur.

4.2.2 Calibración electroacústica

La calibración del sistema de eointegración SIMRAD EK-500, se realizó mediante el procedimiento establecido por su fabricante (Simrad, 1990), consistente en un proceso iterativo donde se mide las señales de intensidad de blanco (TS) y eointegración (Sa) provenientes de un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm de diámetro) de fuerza de blanco conocida, localizado en el centro del haz acústico.



El proceso de medición de TS y el ajuste de las ganancias del sistema de ecointegración se realiza mediante las siguientes expresiones:

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

donde, G1 es la nueva ganancia del transductor (dB), G0 es la ganancia antigua del transductor (dB), TS_m intensidad de blanco medida (dB), y TS intensidad de blanco teórico (dB).

El ajuste de ganancias de ecointegración (Sa), se efectúa mediante el siguiente procedimiento iterativo:

$$G_1 = G_0 + \frac{10 * \log \frac{Sa_m}{Sa_t}}{2}$$

siendo:

$$Sa_{(t)} = \frac{4\pi * \Phi_{bs} * 1852^2}{\psi * r^2}$$

donde;

Φ_{bs} = sección dispersante de la esfera (dB),

r = profundidad de la esfera (m),

r_0 = profundidad de la esfera (m),

ψ = ángulo equivalente del haz acústico,

Sa_t = Sa teórico del blanco estándar,

Sa_m = Sa medido del blanco estándar.



4.2.3 Información acústica

La identificación de especies en los ecoregistros acústicos de jurel se realizó mediante dos métodos. El primero consiste en el análisis de los ecoregistros, que consideró el comportamiento de los peces y el coeficiente volumétrico de dispersión (Sv), aplicado de acuerdo a la formulación dada por SIMRAD y la metodología desarrollada por la Unidad de Acústica del IFOP (Guzmán *et al*, 1982). El segundo corresponde a la interpretación de ecogramas en conjunto con los resultados de pesca con red de mediagua. Esta información es complementada además con las capturas de la flota de la VIII región, cuando coinciden en el espacio y tiempo con el desarrollo del crucero.

La información acústica corresponde al valor de densidad promedio, expresado en energía retrodispersada referida a una milla náutica cuadrada (Sa), y los valores de intensidad de blanco (TS) detectado dentro de los límites de integración del intervalo básico de muestreo (IBM), que es el criterio para discretizar la información acústica.

La distribución espacial del jurel en el área prospectada, se presenta como una carta de contorno, en donde éstos representan curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo de esta manera destacar las áreas de mayor concentración de los recursos (MacLennan y Simmonds, 1992).

La carta de distribución espacial de jurel, se confeccionó mediante el uso del módulo TOPO y SURF del programa SURFER, aplicando la escala de categorías descritas en la Tabla 1.



Tabla 1 Categorías por densidad

| Categorías | Intervalos (t/mn ²) | Calificación de densidad |
|------------|---------------------------------|--------------------------|
| I | 1-75 | Muy baja |
| II | 76-150 | Baja |
| III | 151-300 | Regular |
| IV | 301-mayor | Muy densa |

4.2.4 Análisis de la información acústica

A fin de determinar y describir las estructuras espaciales existentes en la información acústica, se calculó el índice de dispersión y se aplicaron técnicas de análisis espacial.

a) Índice de cobertura (IC) y de abundancia relativa (ID)

El índice de cobertura (IC) muestra el porcentaje del área ocupada en forma efectiva por la especie, brindando el grado de concentración presente en el recurso, calculándose como:

$$IC(\%) = \frac{IBM^{(+)}}{IBM^{(t)}}$$

donde,

$IBM^{(+)}$ = observaciones acústicas con presencia de jurel,

$IBM^{(t)}$ = observaciones totales.



La abundancia relativa (ID) es determinada por el índice de densidad, e indica la concentración de jurel en las IBM's con presencia de jurel. Su estimación es :

$$ID(t7mn^2) = \frac{\sum_{i=1}^i Sa * C}{IBM^{(*)}}$$

donde,

- Sa = es la densidad promedio por IBM,
C = constante de transformación (t/mn²/Sa)

b) Descripción de estructuras espaciales

Las características de las agregaciones de jurel, se determinaron mediante la construcción de correlogramas, lo cual permite visualizar y cuantificar la existencia de macroestructuras en datos acústicos (Barbieri, 1981; Barbieri y Córdova, 1986, Córdova *et al*, 1995). El correlograma es determinado mediante la expresión:

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

donde,

- k = orden de autocorrelación
Y_{ij} = 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



c) Estructura espacial de la distribución

La estructura espacial de la distribución del jurel se analizó a través del estudio de los semivariograma, procedimiento utilizado por Foote y Rivoirar (1992) y Petitgas (1993). Procedimiento actualmente aplicado en las evaluaciones hidroacústicas de recursos pelágicos zona norte (Castillo, *et al*, 1995), y merluzas por Lillo *et al*, 1996.

El variograma esta dado por:

$$\gamma(h) = \frac{E(z(x+h) - z(x))^2}{2}$$

donde,

- z = densidad de peces en unidad de Sa,
- x = vector de posición de la medición de la IBM,
- y (h) = vector de magnitud h o distancia entre la posición de z (h) a z (h+1).

4.2.5 Constante de ecointegración (C_b)

La constante de ecointegración \hat{C}_b se estimó mediante la ecuación propuesta por Bodholt (1991):

$$\hat{C}_b = \frac{Sa * \bar{w} * 10^3}{\frac{\overline{TS}}{4\pi * 10^{10}}}$$

donde:



- \hat{C}_b = constante de ecointegración ($t \cdot mn^{-2} \cdot Sa^{-1}$)
 \bar{w} = peso promedio del jurel (kg)
TS = fuerza de blanco promedio del (db)
Sa = Unidades de ecointegración

Con el objeto de determinar la intensidad de blanco (TS) del jurel, durante los lances de pesca se efectuaron mediciones "in situ" de fuerza de blanco con el ecosonda en la frecuencia 38 Khz.

Los datos fueron procesados de acuerdo al siguiente criterio: se consideró como blanco individual aquellos ecos registrados en al menos 3 pulsos, pudiendo estar ausente en uno y que la variación en profundidad entre los pulsos no excediera a los 15 cm.

Con los datos obtenidos, se confeccionaron histogramas de distribución de frecuencia de la fuerza de blanco (TS), determinándose su valor promedio, para ser asociado a la talla promedio de los peces capturados en los lances de pesca de identificación realizados a bordo del B/I "Abate Molina".

Aún cuando la mayoría de las capturas provenientes de los lances de pesca estuvieron compuestas principalmente por jurel, se seleccionaron aquellos lances donde la especie jurel alcanzó por sobre el 90 % de la captura, situación que se registró en 29 lances.

Se ajustó un modelo de regresión entre la fuerza de blanco (TS) y la longitud promedio del jurel, considerando el modelo propuesto por Foote (1987), proporcionalidad entre el cuadrado de la longitud y la fuerza de blanco mediante la expresión:



$$\overline{TS} = 20 * \log(\overline{L}) - a$$

donde \overline{TS} representa la intensidad de blanco promedio (dB), \overline{L} la longitud promedio del jurel del lance y "a" una constante.

4.2.6 Cálculo de la abundancia y su varianza

a) Abundancia en peso

La biomasa (\hat{B}), se estimó según:

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

donde:

\hat{A} = área de estudio en millas náuticas cuadradas

\hat{R} = estimador de razón de la densidad media

\hat{C}_b = coeficiente de ecointegración ($t * mn^{-2} * Sa^{-1}$)

La razón (\hat{R}), equivale a las lecturas acústicas promedios del ecointegrador por intervalo básico de muestreo, estimado como:

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

donde:



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

Otro 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, estimando su densidad (\hat{Z}_v) sólo en dicha área (V) mediante la expresión:

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

donde Z_v es un estimador de la densidad media ponderada de las muestras, sin embargo, en aquellos casos donde las muestras provienen de una grilla regular y poseen igual área de influencia, el estimador de \hat{Z}_v se estima como la media aritmética de los datos de Sa por intervalo básico de muestreo.

b) Estimadores de la Varianza

El estimador de varianza de la biomasa, se expresa según:

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

Los estimadores de la varianza de la razón $\hat{V}_i(\hat{R})$ utilizados fueron:



Conglomerado de tamaños 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 y n representan el número total de transectas en el área y en la muestra respectivamente y:

$$S_{xy} = \sum_1^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$

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

$$\bar{x} = \sum_1^n \frac{x_i}{n} \quad ; \quad \bar{y} = \sum_1^n \frac{y_i}{n}$$

Estratos agrupados (Volter, 1985)

$$\hat{V}_2(\hat{R}) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\hat{R}^2}{n(n-1)} (S_x^2 + S_y^2 - 2S_{xy})$$

donde:

$$S_{xy} = \sum_1^{n-1} \frac{(x_i - x_{i+1})(y_i - y_{i+1})}{\bar{x} \bar{y}}$$

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

El intervalo de confianza (1-α) para la biomasa, se estima por la expresión:



$$\hat{B} \pm t_{1-\alpha/2} * \hat{A} * \sqrt{\hat{V}_i(\hat{R})}$$

Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)

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

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

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

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para el estimador de la biomasa, está dado por el percentil corregido (BC):

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

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

$$\hat{F}(\hat{R}) = \text{Pr ob}(\hat{R}_x \leq \hat{R}) \quad \text{y} \quad Z_\alpha = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$



Geoestadístico (Petitgas 1991)

Otro estimador de varianza de la biomasa utilizado, correspondió al método intrínseco propuesto por Petitgas (1991), quien aplica principios de geoestadística a la estimación de varianza de datos pesqueros geográficamente correlacionados, mediante la expresión:

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

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

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

$$\bar{\gamma}(S, V) = \frac{1}{nV} * \sum_{\alpha} \int_v \gamma(x_{\alpha} - y) dy$$

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

siendo V el área de distribución del recurso en el área de estudio, α y β los índices de los intervalos básicos de muestreo y n el número de muestras en V.

La varianza σ_e^2 depende de la estructura espacial a través de tres factores geométricos: 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 $\bar{\gamma}(S, V)$ (Petitgas y Prampart, 1993).



4.2.7 Medida de precisión del estimado

El nivel de precisión del estimado se entrega a través del coeficiente de variación y porcentaje de error.

a) Coeficiente de variación (Cv)

$$Cv = \frac{\sqrt{Vx}}{\bar{X}}$$

donde:

Vx = varianza de la media

X = media muestral

b) Porcentaje de error (E%)

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

donde,

V(B) = varianza de la abundancia

B = biomasa

t = t de student

α = nivel de confianza a un 95 %



4.3 Biología pesquera

La información biológica para el análisis de los aspectos biológicos-pesqueros del jurel se obtuvo de la pesca con red de arrastre a media agua. Se realizaron 43 lances de pesca, siendo el jurel el principal recurso capturado. La tabla 2 indica fecha, posición, duración del lances, captura de jurel y total del lance.

Cuando el lance fue exitoso, la captura fue separada por especies y posteriormente pesada por separado.

Respecto a jurel, en cada lance se separó al azar una muestra de 50 ejemplares, registrando por ejemplar información de; longitud horquilla (cm), peso total, peso eviscerado, sexo y estado de madurez de las gónadas, de acuerdo al procedimiento de muestreo biológico establecido por IFOP (Aranis y Mendieta, 1986). Asimismo, se extrajeron estómagos que fueron debidamente etiquetados y fijados en formalina al 10 % para el análisis posterior de las características tróficas del recurso.



Tabla 2. Información de los lances de pesca realizados en el crucero de evaluación de jurel (mayo-junio 1997).

| Lance | Fecha | Hora | | Posición calado | | Posición de virado | | Tipo Agregación | Hora Registro | Veloc. nudos | Profund. Rel.Sup. | Altura Boca |
|-------|----------|--------|--------|-----------------|----------|--------------------|----------|--------------------|------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| | | Calado | Virado | Latitud | Longitud | Latitud | Longitud | | | | | |
| 1 | 05-04-97 | 18:38 | 19:38 | 394477 | 740277 | 394125 | 740334 | Cardumen | 18:47 | 4.0 | 70 | 40 |
| 2 | 05-04-97 | 22:08 | 23:05 | 395111 | 740127 | 395458 | 735996 | Estrato | 22:10 | 4.0 | 70 | 40 |
| 3 | 05-08-97 | 22:42 | 23:42 | 391952 | 734696 | 392411 | 724710 | Disperso | 22:43 | 4.3 | 10 | 40 |
| 4 | 05-09-97 | 02:00 | 02:33 | 392566 | 740447 | 392851 | 740501 | Disperso | 02:03 | 4.3 | 15 | 38 |
| 5 | 05-09-97 | 20:23 | 21:23 | 393094 | 735993 | 393549 | 735912 | Disperso | 20:28 | 4.0 | 10 | 38 |
| 6 | 05-12-97 | 18:59 | 19:43 | 383757 | 745884 | 374032 | 745837 | Cardumen | 19:01 | 4.0 | 16 | 38 |
| 7 | 13/05/97 | 12:25 | 13:35 | 383949 | 762478 | 384273 | 762253 | Cardumen | 12:35 | 3.9 | 22 | 38 |
| 8 | 14/05/97 | 11:22 | 12:15 | 375987 | 765512 | 375855 | 765155 | Cardumen | 11:25 | 4.0 | 110 | 40 |
| 9 | 14/05/97 | 18:53 | 19:26 | 375998 | 761817 | 375999 | 761530 | Cardumen | 19:01 | 4.0 | 18 | 40 |
| 10 | 15/05/97 | 02:03 | 02:58 | 380471 | 755289 | 380434 | 754870 | Cardumen | 02:05 | 3.3 | 16 | 30 |
| 11 | 15/05/97 | 12:22 | 13:28 | 382078 | 764966 | 381688 | 764832 | Cardumen | 12:25 | 4.0 | 15 | 38 |
| 12 | 16/05/97 | 00:37 | 01:40 | 381986 | 764763 | 382041 | 764271 | Disperso | 00:42 | 4.0 | 14 | 38 |
| 13 | 16/05/97 | 08:55 | 10:05 | 382010 | 754060 | 382390 | 754219 | cardumen | 09:00 | 4.0 | 75 | 40 |
| 14 | 16/05/97 | 20:25 | 21:05 | 382506 | 754490 | 382392 | 754188 | Disperso | 20:30 | 4.0 | 15 | 40 |
| 15 | 19/05/97 | 16:35 | 17:30 | 380028 | 745769 | 380174 | 745349 | Cardumen | 16:40 | 4.1 | 80 | 42 |
| 16 | 21/05/97 | 21:20 | 21:50 | 372160 | 750774 | 372028 | 750992 | Cardumen | 21:23 | 4.2 | 15 | 40 |
| 17 | 22/05/97 | 05:35 | 06:20 | 365990 | 753890 | 365734 | 754182 | Cardumen | 05:40 | 4.2 | 10 | 38 |
| 18 | 22/05/97 | 07:05 | 08:35 | 365736 | 754296 | 365238 | 754845 | Cardumen | 07:09 | 4.1 | 14 | 35 |
| 19 | 24/05/97 | 21:40 | 22:44 | 364200 | 750960 | 364631 | 750678 | Disperso | 21:42 | 4.1 | 15 | 38 |
| 20 | 26/05/97 | 10:55 | 11:55 | 364075 | 763917 | 364075 | 763421 | Disperso | 10:59 | 4.0 | 85 | 40 |
| 21 | 29/05/97 | 08:05 | 09:20 | 355104 | 745100 | 355652 | 745035 | Disperso | 08:12 | 4.2 | 100 | 40 |
| 22 | 30/05/97 | 14:32 | 15:20 | 351984 | 753668 | 352062 | 753360 | Disperso | 14:38 | 4.0 | 100 | 40 |
| 23 | 30/05/97 | 21:00 | 21:38 | 351998 | 750157 | 352118 | 745868 | Disperso | 21:04 | 4.2 | 14 | 40 |
| 24 | 31/05/97 | 06:32 | 07:18 | 353909 | 744002 | 354047 | 743700 | Cardumen | 06:36 | 4.3 | 10 | 40 |
| 25 | 06-01-97 | 20:45 | 21:45 | 351910 | 741889 | 352078 | 741754 | Cardumen | 20:50 | 4.5 | 8 | 40 |
| 26 | 06-02-97 | 00:25 | 01:30 | 351780 | 740571 | 352188 | 740321 | Cardumen | 00:30 | 4.0 | 17 | 40 |
| 27 | 06-02-97 | 04:50 | 05:30 | 352720 | 740990 | 353062 | 740877 | Cardumen | 05:00 | 4.0 | 13 | 40 |
| 28 | 06-02-97 | 06:48 | 07:39 | 352754 | 740650 | 353119 | 740556 | Cardumen | 06:48 | 4.0 | 13 | 40 |
| 29 | 06-05-97 | 17:47 | 18:44 | 343994 | 732227 | 343663 | 732302 | Cardumen | 17:49 | 3.8 | 90 | 40 |
| 30 | 06-05-97 | 20:50 | 21:55 | 344085 | 731845 | 343653 | 732041 | Disperso | 20:54 | 4.2 | 16 | 30 |
| 31 | 06-05-97 | 00:05 | 00:35 | 344270 | 732549 | 344100 | 732599 | Cardumen | 00:03 | 4.1 | 12 | 40 |
| 32 | 06-06-97 | 02:48 | 03:20 | 344677 | 732560 | 344476 | 732541 | Cardumen | 02:54 | 4.0 | 18 | 40 |
| 33 | 06-06-97 | 05:45 | 06:25 | 345100 | 732644 | 344872 | 732675 | Cardumen | 05:45 | 4.2 | 12 | 40 |
| 34 | 06-07-97 | 09:25 | 11:00 | 344875 | 732341 | 344436 | 732780 | Cardumen | 09:30 | 4.0 | 90 | 45 |
| 35 | 06-07-97 | 12:55 | 14:15 | 344153 | 732564 | 344713 | 732673 | Cardumen | 13:00 | 4.0 | 115 | 50 |
| 36 | 06-07-97 | 22:51 | 23:30 | 343935 | 740471 | 343950 | 740114 | Cardumen | 22:55 | 4.3 | 12 | 50 |
| 37 | 06-09-97 | 07:45 | 08:40 | 335926 | 721148 | 340261 | 721091 | Disperso | 07:49 | 4.0 | 70 | 50 |
| 38 | 06-09-97 | 23:09 | 00:09 | 340000 | 735388 | 340181 | 734923 | Disperso | 23:15 | 4.0 | 13 | 50 |
| 39 | 06-11-97 | 12:10 | 12:40 | 340023 | 752497 | 340208 | 752495 | Disperso | 12:13 | 4.1 | 130 | 55 |
| 40 | 06-12-97 | 07:14 | 07:46 | 331978 | 715584 | 332187 | 715627 | Disperso | 07:16 | 4.0 | 35 | 55 |
| 41 | 14/06/97 | 05:34 | 06:05 | 332360 | 733460 | 332616 | 733431 | Disperso | 05:34 | 4.1 | 14 | 50 |
| 42 | 15/06/97 | 15:30 | 16:19 | 323980 | 740691 | 323980 | 740261 | Disperso | 15:33 | 4.2 | 35 | 50 |
| 43 | 15/06/97 | 21:53 | 22:23 | 324106 | 733498 | 323942 | 733345 | Cardumen | 21:55 | 4.0 | 15 | 50 |



4.3.1 Estructura de tallas

Los registros de talla se agruparon en clases de 1,0 cm, para determinar la distribución de tamaño total de jurel.

Para describir la relación longitud y el peso de jurel, se ajustó el modelo potencial.

$$W = k * L^b$$

donde,

- W = peso corporal (gr)
- L = longitud horquilla (cm)
- k = peso teórico para L= 0
- b = constante de crecimiento

La determinación de los parámetros de la relación potencial, se obtuvo mediante la linealización de la ecuación:

$$\log W = \log k + b * \log L$$

Los parámetros de la regresión se estimaron mediante el ajuste por el método de los mínimos cuadrados (Zar, 1984).

4.3.2 Aspectos reproductivos

Se determinó el Índice Gonasodomático (I.G.S.), que es un indicador general del estado reproductivo de una especie. El I.G.S. se calculó mediante la ecuación de Holden y Raitt (1975).



$$I.G.S. = \frac{P.G.}{P.E.} * 100$$

donde,

P.G. = peso gónadas (gr)

P.E. = peso eviscerado (gr)

Para la determinación macroscópica de la madurez sexual se utilizaron escalas específicas elaboradas por Serra (1976) para jurel, que define 5 estados gonádicos para hembras y 4 para machos.

En el análisis de la información se utilizaron parte de los procedimientos estándar de Zar (1984), además de los programas para PC STATISTICAL Y STATGRAPH.

4.4 Trofodinámica

4.4.1 Obtención de las muestras

Los estómagos de jurel se obtuvieron a partir de los muestreos biológicos realizados con individuos recolectados en lances de pesca a diferentes horas del día. Los lances se realizaron con red de media agua con una abertura de boca que osciló entre los 30 y 50 m y un tiempo de arrastre promedio de 51 minutos.

4.4.2 Análisis de la información

Para la determinación del peso inicial de los eufáusidos contenidos en los estómagos de jurel, se llevaron a cabo mediciones de diámetro ocular, longitud cefalotorácica, longitud del telson y longitud total y peso de eufáusidos completos



recolectados en los muestreos de plancton. Determinándose así pesos iniciales de estos individuos por una regresión simple.

Las muestras de estómagos de jurel se realizaron considerando la identificación de los ítemes presa a nivel taxonómico más bajo posible, según su estado de digestión. El análisis de éstas se realizó utilizando los métodos gravimétrico, numérico y de frecuencia de aparición (Hynes, 1950). Para los análisis se construyeron grupos artificiales cada 5 cm de longitud horquilla (Tabla 3).

Tabla 3. Grupos de tamaño artificiales de jurel, cada 5 cm de longitud horquilla

| Grupo de tamaño | Longitud horquilla | |
|-----------------|--------------------|-------|
| | Desde | Hasta |
| 0 | 0 | 15 |
| 1 | 16 | 20 |
| 2 | 21 | 25 |
| 3 | 26 | 30 |
| 4 | 31 | 35 |
| 5 | 36 | 40 |
| 6 | 41 | 45 |
| 7 | 46 | 50 |
| 8 | >51 | |



4.4.2.1 Importancia relativa de las presas

La importancia de cada taxón presa en la dieta de jurel se determinó mediante el Índice de Importancia Relativa de Pinkas *et al.*, (1971, modificado *fide* Hyslop, 1980), este índice relaciona el número (N), peso (P) y frecuencia de ocurrencia del taxón presa *i*, según la siguiente expresión.

$$IIR = \text{Log}[(N\% + P\%) * F\% + 1]$$

donde: N es el número de presas de cada taxón de presa en los estómagos de *T. s. murphyi*;

P es el peso, F es la frecuencia de aparición; tanto N como P y F son expresados porcentualmente.

4.4.2.2 Selectividad de presas por tamaño

El tamaño de las presas fue determinado por medio del Índice de Selectividad de presas por tamaño, ISU, utilizado, por Ursin (1973), y evaluado por la siguiente expresión:

$$U = \ln\left(\frac{W_i}{W_j}\right)$$

donde w_i es el peso del predador *i*; w_j es el peso del taxón de presa *j* en el contenido estomacal de *i*.



La selectividad de las presas se determina utilizando el Índice de Selectividad de Chesson (1978) el cual se basa en las abundancias relativas de presas en el ambiente y de éstas en el contenido estomacal del predador. Este índice está determinado por la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{r_i n_i^{-1}}{\sum_{j=1}^m r_j n_j^{-1}}$$

donde r_i es la proporción en número en la dieta de la especie i y n_i la proporción en el ambiente de la misma especie i , el sufijo j representa a todas las especies y m es el número de ítemes utilizados para este estudio.

4.4.2.3 Similitud trófica

La similitud trófica, se determinó en base al índice de Bray-Curtis (Bloom, 1981), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$IST = \frac{2 \sum_{i=1}^n \min(x_{i,j}, x_{k,j})}{\sum_{i=1}^n (x_{i,j} + x_{k,j})}$$

donde: x_{ij} es la aparición del j -ésimo taxón de presa en el i -ésimo grupo de tamaño del jurel; x_{kj} es la aparición del mismo taxón de presa en el k -ésimo grupo de tamaño del jurel



4.4.2.4 Ración diaria de alimento, RD

La ración diaria de alimento fue determinada por la siguiente expresión propuesta por Diana (1979):

$$RD = \frac{W_p * N_c}{TD * N_t}$$

donde: W_p es el peso promedio inicial de cada taxón de presa (en porcentaje respecto del peso del cuerpo del predador); TD es el tiempo de digestión, en días; N_c es el número de estómagos con cada taxón de presa; N_t es el número total de estómagos analizados.

El tiempo de digestión (TD en días) se determinó de acuerdo a la expresión propuesta por Worobec (1984).

$$S_t = S_0 * e^{-R*TD}$$

quedando TD expresado como:

$$TD = \frac{\ln(S_t/S_0)}{-R}$$

donde: S_t es el peso del taxón de presa al final del período de digestión, considerado arbitrariamente igual al dos por ciento del peso inicial de la presa (Macpherson, 1985); S_0 es el peso inicial de la presa; R es la tasa instantánea de evacuación gástrica, en horas.



El coeficiente instantáneo de evacuación gástrica para crustáceos pequeños (Mehl y Westgard, 1983) y peces pequeños (Macpherson, 1985), se midió con las siguientes expresiones:

Para Crustáceos Pequeños, R_{Cr} , como los eufáusidos (Mehl y Westgard, 1983):

$$R_{Cr} = 0,005 * e^{0,2 * T}$$

Para Peces Pequeños, R_{Pc} , como los peces linterna (Macpherson, 1985):

$$R_{Cr} = 0,0149 * e^{0,12092 * T}$$

donde: T es la temperatura promedio del agua a la profundidad de captura.

4.4.2.5 Relación consumo/biomasa, Q/B

La relación consumo biomasa de jurel se determinó mediante la expresión de Mehl y Westgard (1983), modificada por Livingston *et al*, (1986).

$$Q_{i,j,k} / B_i = RD_{i,j} * D_k * P_{i,j,k}$$

donde: $Q_{i,j,k}$ es el consumo de la presa j por el predador i durante el tiempo de estudio k, expresado en ton/unidad de tiempo; $DR_{k,i}$ es la ración diaria (porcentaje respecto al peso del pez), expresada como la fracción en peso consumida por el predador i durante el tiempo de estudio k; D_k es el número de días que abarca el estudio; B_i es la biomasa del predador i, en ton/tiempo del estudio; P_{ijk} es la



proporción en peso de la presa consumida por el predador *i* durante el período de estudio *k*.

4.5 Oceanografía física y química

4.5.1 Diseño general de muestreo

Durante el crucero de investigación se realizaron 23 transectas de estaciones dispuestas en forma perpendicular a la costa, y compuestas de 8 estaciones de muestreo oceanográfico (transectas impares) y de 5 estaciones oceanográficas (estaciones pares), situadas a 10, 25, 50, 75, 100, 130, 160 y 200 mn desde la costa (Fig. 2).

En cada una de las estaciones oceanográficas se obtuvieron registros continuos de temperatura (°C), salinidad y fluorescencia (volts), hasta un máximo de 600 db de profundidad. Para ésto se utilizó un CTD (NEIL BROWN, modelo Mark III) - fluorómetro (Sea Tech), conectado a un sistema de muestreo automático tipo roseta, (General Oceanics), con 12 botellas Niskin de 5 litros y termómetros de inversión.

Además, se colectó muestras de agua de mar en las profundidades que corresponden a superficie, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500 y 600 db, para determinación de oxígeno disuelto. En estaciones seleccionadas se obtuvo muestras de agua de mar para la determinación de clorofila-a (método extractivo), información utilizada como contramuestra para transformar y validar las lecturas de fluorescencia *in vivo*.



En algunas estaciones de muestreo, donde el tiempo imperante y el estado del mar no permitió el uso del sistema de roseta por razones operativas y de seguridad, se realizaron lances oceanográficos con un CTD Marca ALEC, para la obtención de registros continuos de temperatura y salinidad.

La Tabla 4 resume el número de estaciones de muestreo realizadas durante el crucero.

Tabla 4. Número de estaciones de muestreo realizada por sector

| SECTOR | TRANSECTAS | LIMITE OESTE | ESTACIONES DE MUESTREO | LATITUD |
|------------|----------------|--------------|------------------------|-------------------|
| NORTE | 16 a la 23 (8) | 200 mn | 46 | 32°20' - 35°00' S |
| CENTRO | 8 a la 15 (8) | 200 mn | 47 | 35°20' - 37°40' S |
| SUR | 1 a la 7 (7) | 200 mn | 46 | 38°00' - 40°00' S |
| AREA TOTAL | 1 a la 3 (23) | 200 mn | 139 | 32°20' - 40°00' S |

Por otra parte, la Tabla 5 indica el porcentaje de estaciones oceanográficas efectivamente realizadas durante el crucero en función de las que se programaron en el proyecto. El resultado total por sobre el 90% de estaciones realizadas, indica que el crucero fue exitoso considerando el período invernal en el cual se desarrolló la investigación. El número de estaciones no realizadas corresponde a la existencia de fuertes temporales en la región de estudio, que impidió cualquier labor o actividad científica a bordo de la embarcación.

Tabla 5. Estaciones de muestreo oceanográfico (programadas y realizadas) por sector de estudio.

| SECTOR | ESTACIONES PROGRAMADAS | ESTACIONES REALIZADAS | PORCENTAJE (%) |
|------------|------------------------|-----------------------|----------------|
| NORTE | 52 | 46 | 88,46 |
| CENTRO | 52 | 47 | 90,38 |
| SUR | 47 | 46 | 97,87 |
| AREA TOTAL | 151 | 139 | 92,05 |



Por último, la Tabla 6 resume la posición de cada una de las 23 transectas realizadas durante el estudio y el número de estaciones de muestreo.

Tabla 6. Posición de transectas y número de estaciones oceanográficas en la zona de estudio (mayo-junio 1997).

| TRANSECTAS | LATITUD | LONGITUD | NÚMERO DE ESTACIONES | FECHA |
|---------------------|---------|-----------------|----------------------|-------------------|
| ZONA SUR: | | | | |
| 01 | 40° 00' | 73°55' - 78°03' | 8 | 05-06/05/97 |
| 02 | 39° 40' | 73°34' - 75°30' | 5 | 10/05/97 |
| 03 | 39° 20' | 73°23' - 77°31' | 8 | 07-08/05/97 |
| 04 | 39° 00' | 73°30' - 75°27' | 5 | 10-11/05/97 |
| 05 | 38° 40' | 73°41' - 76°54' | 7 | 12-13/05/97 |
| 06 | 38° 20' | 74°09' - 76°07' | 5 | 16-18/05/97 |
| 07 | 38° 00' | 73°41' - 75°02' | 8 | 14-19/05/97 |
| ZONA CENTRO: | | | | |
| 08 | 37° 40' | 73°51' - 75°45' | 5 | 20/05/97 |
| 09 | 37° 20' | 73°53' - 77°51' | 8 | 21-22-25/05/97 |
| 10 | 37° 00' | 75°06' - 75°38' | 2 | 22/05/97 |
| 11 | 36° 40' | 73°20' - 77°19' | 8 | 24-26/05/97 |
| 12 | 36° 20' | 73°03' - 74°55' | 5 | 27/05/97 |
| 13 | 36° 00' | 72°59' - 76°54' | 8 | 28-29-30/05/97 |
| 14 | 35° 40' | 72°47' - 74°39' | 5 | 31/05/97 |
| 15 | 35° 20' | 72°38' - 76°25' | 8 | 01/06/97 |
| ZONA NORTE: | | | | |
| 16 | 35° 00' | 72°23' - 74°13' | 5 | 04/06/1997 |
| 17 | 34° 40' | 72°16' - 75°19' | 5 | 05-06-07-10/06/97 |
| 18 | 34° 20' | 72°11' - 74°00' | 5 | 08/06/987 |
| 19 | 34° 00' | 72°07' - 75°55' | 8 | 09-11/06/1997 |
| 20 | 33° 40' | 71°52' - 73°41' | 5 | 12/06/97 |
| 21 | 33° 20' | 71°53' - 75°41' | 8 | 13-14/06/97 |
| 22 | 33° 00' | 71°44' - 73°32' | 5 | 16/06/97 |
| 23 | 32° 40' | 73°26' - 75°25' | 4 | 15/06/97 |



4.5.2 Análisis de las muestras

La salinidad se determinó por medio de un salinómetro de inducción marca BECKMAN RS7C. La concentración de oxígeno disuelto por el método de Winkler (Parsons *et al*, 1984).

La cuantificación de la clorofila-a, se realizó midiendo la absorbancia del extracto obtenido con la técnica espectrofotométrica descrita en Parsons *et al*, (1984), para el método con y sin acidificación.

El cálculo de la densidad fue realizado utilizando la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (Millero & Poisson, 1981, UNESCO, 1981a, 1981b).

La estabilidad hidrostática ($\times 10^{-8} \text{ m}^{-1}$) fue calculada utilizando la expresión:

$$E = -\frac{1}{\rho} (\Delta\sigma_t / \Delta z)$$

donde ρ (s, t, p) es la densidad *in situ*, σ_t la densidad a presión atmosférica y z es la profundidad (Pond & Pickard, 1983).

Por otra parte, la anomalía del volumen específico ($\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) fue determinada en función de la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 y la escala práctica de salinidad de 1978 (Millero *et al*, 1980, Millero & Poisson, 1981, UNESCO, 1981a, 1981b, 1983). La anomalía geopotencial ($\times 10^2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$) de superficie se determinó referida al nivel de 600 db mediante la ecuación clásica de LaFond (1951).



Con los datos oceanográficos validados se confeccionaron cartas de distribución de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y densidad, a nivel de superficie, y a las profundidades de 50, 100 y 200 m. Además, se confeccionaron cartas superficiales de clorofila-a y de la anomalía geopotencial de superficie referida a 600 db.

El análisis vertical de las variables oceanográficas medidas en este trabajo se realizó a través de secciones oceanográficas para cada una de las variables y en cada una de las 23 transectas realizadas. Asimismo, se confeccionaron perfiles verticales promediados entre todas las estaciones de muestreo correspondientes a los sectores: noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio, intentando incorporar la variabilidad latitudinal (norte-sur) como longitudinal (costa-océano) de las variables en el área de estudio.

Las masas de agua presentes en la zona de prospección fueron determinadas a través de la confección de diagramas TS, los cuales involucraron similares sectores descritos en el párrafo anterior.

4.5.3 Registro de información meteorológica

En cada una de las estaciones oceanográficas se registraron los siguientes datos meteorológicos: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, visibilidad, y altura y dirección de las olas. Se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).



4.6. Plancton

4.6.1 Colecta de información

Las estaciones planctónicas se realizaron sobre el track de navegación acústico a 10, 20, 40, 70 y 100 mn de la costa en la zona comprendida entre las primeras 100 millas y a 130, 160 y 200 mn para la zona de 100 a 200 millas náuticas.

Durante la realización del estudio, las pescas planctónicas nocturnas se efectuaron a través de arrastres oblicuos, desde profundidades máximas de 210 m o desde 5 metros sobre el fondo, cuando los registros batimétricos indicaban profundidades menores a la profundidad máxima de muestreo. Para las pescas diurnas se consideró información complementaria en relación a la disposición vertical de la capa de plancton, la que es proporcionada por el equipo SIMRAD EK-500.

El muestreo del zooplancton orientado a determinar la distribución y abundancia de los diferentes grupos, se realizó mediante la utilización de una red tipo Bongo de 65 cm de diámetro de boca y mallas de 300 y 500 μ m de abertura, provistas de medidores de flujo TSK calibrados de acuerdo a la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile, a objeto de poder determinar el volumen de agua filtrada en cada uno de los lances.

Las pescas planctónicas fueron realizadas calando la red a una velocidad aproximada de 0,8 m/s e izándola a 0,3 m/s, después de un período de estabilización de 40 segundos a máxima profundidad.



Durante cada lance, la velocidad del buque se trató de tener entre 1 y 3 nudos, dependiendo de las condiciones climáticas y del estado del mar, de manera tal de mantener un ángulo aproximado de cable entre 45° y 50°, manteniendo el viento a babor.

La profundidad real de muestreo fue corregida a través de la medición periódica del ángulo del cable a través de un clinómetro manual.

Durante la ejecución de cada lance se registró en planillas especialmente diseñadas los siguientes datos de carácter básico: número de estación, fecha y hora, duración del lance y posición geográfica, tipo de red y pesca, lectura de flujómetros, lecturas de clinómetro y cable arriado e información climática de carácter complementario.

4.6.2 Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas

Las muestras obtenidas de cada una de las estaciones bioceanográficas fueron fijadas inmediatamente después de extraídas de los copos colectores y almacenadas en frascos previamente etiquetados con una solución de formalina al 5 % en agua de mar tamponada con disodio tetraborato, para mantener así una óptima preservación de los ejemplares.

En el laboratorio y para los análisis cualitativos y cuantitativos del zooplancton se emplearon microscopios estereoscópicos, marca Nikon y Zeis con aumentos de 8 a 50 veces. Para cada grupo zooplanctónico se cuantificó su abundancia. El conteo de los organismos poco abundantes se realizó sobre la muestra total, lo cual fue considerado principalmente para aquellas muestras con bajas densidades de eufaúsidos, en tanto que, los individuos de abundancias mayores fueron subdivididos de la muestra total,



utilizándose para ello el submuestreador Folsom (Smith y Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981 y Griffiths *et al*, 1984).

La fracción de la muestra subdividida sobre la cual se realizó el recuento y clasificación de los organismos, fué extrapolada posteriormente al total de la muestra. La abundancia o densidad del zooplancton cuantificado se estandarizó a una unidad volumétrica común y se expresó en número de individuos presentes en 1.000 m³ de agua de mar.

Durante el análisis se determinaron los organismos zooplanctónicos más abundantes en términos numéricos, donde se dió especial énfasis al grupo de los eufáusidos.

Los grupos zooplanctónicos se clasificaron en base al ordenamiento sistemático formulado por Bougis (1974) y Barnes (1986), utilizándose como ayuda descriptiva para la determinación de los grupos algunos trabajos tales como los de Newell *et al*, (1966), Vidal (1968), Arcos (1975), Boltovskoy (1981) y Palma y Kaiser (1993).

Basado en los valores cuantitativos y cualitativos del análisis de los grupos y/o phylas presentes en cada una de las muestras y para conocer la composición faunística del zooplancton se determinaron ciertos parámetros comunitarios como la constancia o frecuencia y la dominancia numérica.

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



0.0% a 25.0% grupos accidentales
25.1% a 50.0% grupos accesorios
50.1% a 100% grupos constantes

La dominancia numérica se calculó como la relación porcentual existente entre el número de ejemplares de cada grupo, respecto del total de individuos colectados, según la escala de Bodenheimer *op cit*:

0.0% a 2.5% grupos accidentales
2.6% a 5.0% grupos accesorios
5.1% a 100%..... grupos dominantes

La representación gráfica de la densidad del zooplancton se realizó en base a la escala métrica \log^2 que permite determinar clases de abundancia con valores equidistantes (Frontier, 1980).

4.6.3 Biomasa zooplanctónica total

La medición de los biovolúmenes como medida estimativa de la biomasa zooplanctónica total, se realizó con posterioridad a la determinación cuantitativa y taxonómica del zooplancton, empleándose el método de desplazamiento de volúmenes húmedos descrito por Yashnov (1959) y modificado por Robertson (1979).

El volumen zooplanctónico fue determinado dos veces en cada muestra, promediando la medición de ambas para el resultado final. Se excluyeron de la medición los organismos cuyo volumen superó los 5 ml.



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

$$Y = 1000 * \frac{X}{W}$$

donde:

- Y = ml de zooplancton en 1000 m³
X = ml de zooplancton
W = volumen de agua filtrada por la red (m³)

4.7 Exploración de asociaciones

4.7.1 Asociaciones entre el recurso, zooplancton y variables ambientales

La información analizada fue la densidad de jurel (Sa) por unidad básica de muestreo (UBM) y la capa de dispersión profunda (CDP), conjuntamente con variables bioceanográficas de temperatura, salinidad, sigma-t, oxígeno, clorofila, y zooplancton (eufáusidos), recolectadas en estaciones de muestreo distribuidas sistemáticamente en el área de estudio. Estos datos fueron georeferenciados en un sistema latitud y longitud.

Considerando el enfoque espacial del análisis, se construyeron mapas geográficos para las distintas variables mediante técnicas de interpolación, con la finalidad de estimar la información en aquellos lugares donde no se recolectó muestras, y por lo tanto su valor es desconocido. El método a utilizar se selecciona a considerando la naturaleza del muestreo y la representatividad de los datos originales. La



interpolación para la distribución espacial de la abundancia de jurel consideró la distancia entre transectas y al interior entre unidades básicas de muestreo.

Se construyeron planos de información a: superficie, 50 m y 100 m, considerando como criterio los rangos de distribución vertical del jurel en la zona de estudio, representado por su profundidad media. En este proceso se utilizó el Sistema Cartográfico de Superficie (SCS) SURFER.

En primera instancia, se realizó un análisis descriptivo para conocer las características bioceanográficas que permitieran describir las masas de agua presentes y su incidencia en la distribución y abundancia del recurso, en la zona durante el período del estudio.

La información fue sometida a un segundo análisis de carácter cuantitativo, mediante el uso de tablas de contingencia (CROSSTAB). Este análisis permite complementar por una parte el análisis descriptivo y determinar los rangos más probables de cada variable, esto último, hace posible caracterizar las condiciones ambientales asociadas a la distribución del recurso e inferir a que masas de aguas corresponde, analizando conjuntamente los criterios de temperatura, salinidad, sigma-t, y oxígeno.

A partir de las tablas de contingencia, es posible obtener una medida de asociación entre las variables, lo cual corresponde a estadístico de Cramer's V (Hay, 1994). Este coeficiente de correlación que va desde 0 (independencia completa) a 1 (dependencia completa o correlación perfecta) (Eastman, 1995), permite describir la fuerza de la asociación estadística.



Este análisis se efectuó usando el programa CROSSTAB del módulo de análisis del estadístico de SIG IDRISI: CROSSTAB ejecuta la tabulación cruzada de la imagen, comparando las categorías de una imagen con las de una segunda imagen y una tabulación guarda el número de celdas para cada combinación. El resultado de esta operación es una tabla de tabulación que registra el total así como una y posiblemente dos medidas de asociación entre las imágenes (Cramer's y Kappa). Entrega además el estadístico Chi Cuadrado (χ^2) y sus grados de libertad.

Se efectuó un análisis de regresión múltiple, para examinar las relaciones entre las variables dependientes y dos o más variables independientes, según la siguiente ecuación:

$$Y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \dots$$

donde, "y" es la variable dependiente "Sa" y "xi" son las variables oceanográficas.



5. RESULTADOS

5.1 Evaluación hidroacústica

5.1.1 Calibración electroacústica

Los resultados de la calibración electroacústica se resumen en la tabla 7 y 8 , junto a valores de calibraciones correspondientes a cruceros efectuados en la zona de estudio.

Tabla 7. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y Sv (Coeficiente de dispersión volumétrica) 38 Khz.

| LUGAR | FECHA | GANANCIA TRANS TS | | | GANANCIA TRANS SV | | |
|-----------------------|----------|--------------------------|------|------|-------------------|------|------|
| | | LONGITUD DE PULSO (MSEG) | | | | | |
| | | 0,3 | 1,0 | 3,0 | 0,3 | 1,0 | 3,0 |
| I. STA MARÍA | 10.06.91 | 27,1 | 28,2 | 28,5 | 27,5 | 28,2 | 28,8 |
| I. STA MARÍA | 27.11.91 | 26,9 | 28,0 | 28,1 | 27,1 | 27,8 | 28,4 |
| QUINTERO | 21.10.92 | 26,9 | 27,9 | 28,1 | 27,0 | 27,5 | 27,9 |
| VALPARAÍSO | 20.06.93 | 26,8 | 27,9 | 27,9 | 26,9 | 27,5 | 27,6 |
| VALPARAÍSO | 09.11.93 | 26,5 | 27,2 | 27,4 | 26,9 | 27,2 | 27,6 |
| MEJILLONES | 27.02.94 | 26,0 | 27,0 | 27,0 | 26,1 | 26,7 | 27,0 |
| VALPARAÍSO | 13.07.94 | 25,7 | 26,5 | 26,5 | 25,8 | 26,3 | 26,7 |
| VALPARAÍSO | 22.04.97 | 26,8 | 27,5 | 27,6 | 27,3 | 27,7 | 27,8 |
| VALOR PROMEDIO | | 26,6 | 27,5 | 27,6 | 26,8 | 27,4 | 27,7 |
| DESVIACIÓN | | 0,49 | 0,58 | 0,65 | 0,58 | 0,60 | 0,68 |



Tabla 8. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y Sv (Coeficiente de dispersión volumétrica) 120 Khz.

| LUGAR | FECHA | GANANCIA TRANS TS | | | GANANCIA TRANS SV | | |
|-----------------------|----------|--------------------------|------|------|-------------------|------|------|
| | | LONGITUD DE PULSO (MSEG) | | | | | |
| | | 0,1 | 0,3 | 1,0 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| I. STA MARÍA | 10.06.91 | 22,1 | 23,2 | 23,4 | 22,5 | 22,9 | 23,3 |
| I. STA MARÍA | 27.11.91 | | | 22,8 | | | 22,4 |
| QUINTERO | 21.10.92 | | | 23,8 | | | 24,4 |
| VALPARAÍSO | 20.06.93 | 24,1 | 25,1 | 25,7 | 24,5 | 24,8 | 25,7 |
| VALPARAÍSO | 09.11.93 | 24,2 | 25,0 | 24,8 | 24,8 | 24,9 | 25,7 |
| MEJILLONES | 27.02.94 | 24,8 | 25,6 | 25,6 | 25,2 | 25,3 | 25,6 |
| VALPARAÍSO | 13.07.94 | 24,0 | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,0 | 25,5 |
| VALPARAÍSO | 22.04.97 | 24,4 | 25,5 | 24,6 | 24,9 | 25,3 | 24,8 |
| VALOR PROMEDIO | | 23,9 | 24,9 | 24,5 | 24,5 | 24,7 | 24,6 |
| DESVIACIÓN | | 0,94 | 0,88 | 1,00 | 1,03 | 0,90 | 1,24 |

La comparación de las ganancias del transductor en cada frecuencia, tanto para TS y Sv, indican mayor estabilidad en los valores registrados en 38 Khz. Esto se debe a que el blanco utilizado para calibrar la frecuencia de 120 Khz es muy pequeño (diámetro 23 mm), lo cual es muy inestable frente a movimientos del barco producido por condiciones de viento y mar, así como de corrientes.

El análisis estadístico realizado mediante la aplicación del test "t" students para datos pareados, a los valores de ganancias para ambas frecuencias y distintas longitudes de pulso, indica que las diferencias observadas en ambas frecuencias no son significativas, al determinar valores de t students observado inferiores a los valores críticos de aceptación a un nivel de confianza de 95 % (Tabla 9).



Tabla 9. Valores de t Students observados y críticos para frecuencia de 38 y 120 Khz.

| | GANANCIA TRANS TS | | | GANANCIA TRANS SV | | |
|---------------------------|--------------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
| | LONGITUD DE PULSO (MSEG) | | | | | |
| | CORTO | MEDIO | LARGO | CORTO | MEDIO | LARGO |
| FRECUENCIA 38 KHZ | | | | | | |
| T (OBSERVADO) | 1,61 | 1,74 | 1,53 | 1,33 | 1,40 | 1,26 |
| T (CRÍTICO; 95%) | 2,36 | 2,36 | 2,36 | 2,36 | 2,36 | 2,36 |
| FRECUENCIA 120 KHZ | | | | | | |
| T (OBSERVADO) | 1,00 | 1,02 | 1,81 | 1,20 | 1,21 | 1,37 |
| T (CRÍTICO; 95%) | 2,57 | 2,57 | 2,36 | 2,57 | 2,57 | 2,36 |

Los resultados indican que no existe una deriva significativa en el equipo de evaluación acústica SIMRAD EK - 500, permaneciendo éste en los rangos de variación señalados por su fabricante, lo cual minimiza un posible error por este concepto en el estimado de abundancia.

5.1.2 Constante de ecointegración ($t^*mn^{-2}Sa^{-1}$)

A partir de la información de tallas de los ejemplares de jurel y las fuerza de blanco (TS) registradas en cada lance de pesca, conjuntamente con datos obtenidos en anteriores cruceros de evaluación realizados en la zona de estudio (1991 a 1994), se determinó la dependencia del TS en relación a la longitud del pez.

La relación calculada fue $TS = 20,11 * \text{Log} (L) - 68,67$, donde "L" corresponde a la longitud horquilla del jurel, con un coeficiente de correlación de 0,92.



La existencia de regresión fue comprobada mediante la utilización del estadígrafo F; el F_{tabla} es de 4,0 y el de $F_{\text{calculado}}$ para la regresión es 773. Por lo tanto, es rechazada la H_0 con 95 % de confianza ($\alpha = 0,05$), luego existe regresión (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de varianza a la relación $TS = a + b \cdot \log(L)$

| FUENTE | GRADO LIBERTAD | SUMA CUADRADO | CUADRADOS MEDIOS | F CACULADO |
|-----------|----------------|---------------|------------------|------------|
| REGRESIÓN | 1 | 473,87 | 473,87 | 773,08 |
| RESIDUAL | 60 | 36,77 | 0,61 | |
| TOTAL | 61 | 510,64 | | |

La regresión encontrada tiene una bondad de ajuste del 92 % y un error estandar de 0,78. De este modo la relación es válida para el rango de tallas entre los 14 a 58 cm de longitud horquilla.

A partir de la información de talla y peso de los ejemplares de jurel capturados en el estudio, se determinó la relación $W = 0,0075 L^{3,09}$, con un ajuste de un 0,99 %. Al igual que la relación TS *versus* longitud, la existencia de regresión fue probada con el test F; obteniendo un F_{tabla} de 3,84 y un $F_{\text{calculado}}$ de 171049,8. Luego, existe regresión al rechazar la H_0 a un 95 % de confianza (Tabla 11).

Tabla 11. Análisis de varianza a la relación $W = a + L^b$

| FUENTE | GRADO LIBERTAD | SUMA CUADRADO | CUADRADOS MEDIOS | F CACULADO |
|-----------|----------------|---------------|------------------|------------|
| REGRESIÓN | 1 | 202,96 | 207,96 | 171049,85 |
| RESIDUAL | 1488 | 1,76 | 0,0011 | |
| TOTAL | 1489 | 204,73 | | |



Ambas regresiones se evaluaron a la talla 50 % (mediana) observada en el crucero, estimando su peso y fuerza de blanco (TS), y a partir de estos valores se determinó una constante de ecointegración igual a $0,134 \text{ (t*mn}^{-2}\text{*Sa}^{-1}\text{)}$, la cual es levemente inferior a la utilizada en cruceros anteriores ($0,142 \text{ t*mn}^{-2}\text{*Sa}^{-1}\text{}$).

5.1.3 Descripción de estructuras espaciales en la información acústica

La distribución geográfica de la abundancia del recurso muestra zonas de alta y baja densidad, registrando una disminución de la abundancia en el extremo norte y en forma considerable hacia el sur del área de estudio, con un 85,6 % de la biomasa situada en dos sectores; punta Barranco a Constitución y punta Nugurne a morro Cauten (Fig 3). Este tipo de distribución se ha observado en anteriores prospecciones acústicas efectuadas en los inviernos de 1991 a 1994, siendo esta distribución un patrón característico en las evaluaciones de jurel realizadas durante este período del año.

5.1.3.1 Índice de cobertura (IC) y densidad (ID)

El índice cobertura (IC) y densidad (ID) para la zona de estudio fue de 25,81 % y $162,35 \text{ t/mn}^2$, respectivamente. Ambos valores se encuentran en el rango de los obtenidos en evaluaciones de jurel efectuadas desde 1991 a 1993 ($135,87$ a $278,08 \text{ t/mn}^2$ y 28,24 a 37,66 %). Respecto a 1994, los resultados son superiores debido a que en esa oportunidad el recurso estuvo concentrado en un área reducida, con niveles de densidad bajos, producto de la prospección en época de baja abundancia (agosto).

En la tabla 12, se entregan los índices de cobertura y de densidad para las zonas de concentración del recurso.



Tabla 12. Índices de cobertura (IC) y densidad (ID) en zonas de concentración de jurel.

| ZONAS | INDICE COBERTURA (IC) | INDICES DE DENSIDAD (ID) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| SECTOR NORTE | 36.49 | 80.53 |
| PTA BARRANCO -CONSTITUCION | 46.32 | 111.96 |
| PTA NUGURNE - M° CAUTEN | 36.89 | 156.97 |
| SECTOR SUR | 3.97 | 28.04 |

Los resultados indican que al sur de morro Cauten, el recurso jurel estuvo virtualmente ausente con una fuerte reducción en los registros acústicos y niveles de densidad, corroborando la inexistencia de tendencia en la distribución hacia el sur fuera del área de estudio.

Entre punta Barranco a morro Cauten, se concentró mayoritariamente el recurso con índices de cobertura de 46,32 a 36,89 % y densidades de 111,96 a 156,97 t/mn². Al norte del área de estudio el índice de cobertura es levemente inferior a los observado en zona de concentración, sin embargo la abundancia relativa de jurel disminuye a 80,53 t/mn². Este resultado muestra que la distribución de abundancia en el sector norte tiende a disminuir, sugiriendo que en el área prospectada se concentró mayoritariamente el recurso jurel.

5.1.3.2 Número de cardúmenes por intervalo básico de muestreo

El número de cardúmenes por intervalo básico de muestreo (IBM) expresado en porcentaje, para el crucero y anteriores evaluaciones realizadas durante invierno en la zona de estudio, se presentan en la tabla 13.

**Tabla 13.** Número de cardúmenes por intervalo básico de muestreo por cruceros

| O AÑOS | NUMERO DE CARDUMENES POR INTERVALO BASICO DE MUESTREO | | | | | | | |
|-----------|---|------|------|-----|------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1991 | 74,0 | 20,0 | 5,0 | | | | | |
| 1992 | 58,0 | 30,0 | 7,0 | 2,0 | 1,0 | | | |
| 1993 | 74,0 | 17,0 | 5,0 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | | |
| 1994 | 78,0 | 14,0 | 4,0 | 1,6 | 1,66 | | | |
| 1997 | 54,0 | 24,0 | 11,0 | 5,0 | 2,02 | 2,0 | 0,3 | 0,1 |

Los resultados señalan que registros de 1 a 2 cardúmenes por IBM presentan la mayor frecuencia en las evaluaciones realizadas en la zona de estudio. A través del tiempo se observa un aumento del número de cardúmenes por IBM, registrando el último crucero un valor máximo de 8 y aumentando significativamente los registros de 3 cardúmenes por IBM, lo cual sugiere una tendencia a un incremento en la presencia de cardúmenes en la zona de estudio.

5.1.3.3 Correlogramas

El análisis de los correlogramas por transectas señalan diferencias en los tamaños de las macroestructuras existentes en las distintas zonas, siendo éstas muy fuertes en el sector sur, donde las macroestructuras en las primeras 100 millas alcanzan una extensión de 1,5 millas, no registrándose ésta por sobre las 100 mn (Fig 4a). En las zonas de mayor abundancia los tamaños fueron de 1 a 10,5 millas, indicando con ello, que en las zonas de concentración se registra por una parte un alto grado de contagio y sectores con una amplia distribución del recurso (Fig 4b). Al norte las macroestructuras son menores con valores de 3 y 6 mn. Resultados que son coherentes con lo observado en las prospecciones de 1993 y 1994.



5.1.3.4 Variogramas

El análisis efectuado a la información de las transectas, indica que la distribución espacial de jurel no presenta tendencia en la dirección noroeste, norte, noreste y este, dentro de la zona de estudio (Fig 5a) Luego la distribución espacial del recurso fue isotrópica, es decir el comportamiento del variograma es similar en los distintos sentidos (Fig 5b).

El variograma se ajustó a un modelo esférico, donde el 40 % de la varianza, está explicada por el efecto "pepita", estabilizándose a una distancia de 4 millas náuticas (Fig 5b). Este resultado indica una distribución contagiosa del recurso, donde el mayor aporte a la varianza está dentro de las primera 4 millas, al disminuir drásticamente el incremento de la varianza por sobre este valor. Asimismo, la presencia del efecto "pepita", se explicaría por la aparición de microestructuras o errores de medición menores al intervalo básico de muestreo.

5.1.4 Abundancia del recurso

5.1.4.1 Biomasa de jurel

La biomasa de jurel estimada mediante técnica hidroacústica en la zona de estudio, aplicando los métodos de Estrato Agrupado (Volter 1985) y de Geoestadístico (Petitgas, 1991) se entregan en la Tabla 14.



Tabla 14 Estimados de biomasa y densidad de jurel

| METODO | AREA (MN ²) | BIOMASA (T) | DENSIDAD (T/MN ²) |
|-----------------|-------------------------|-------------|-------------------------------|
| AGRUPADO (1985) | 86.000 | 3.600.000 | 41,86 |
| PETITGAS (1991) | 58.000 | 3.530.000 | 60,86 |

La biomasa estimada mediante los métodos Estrato Agrupado y Geoestadístico, presenta una diferencia entre ellos de 1,9 %. Luego, bajo esta situación y considerando que el método Geoestadístico representa de mejor forma la densidad del jurel en el área de estudio, se consideró el valor alcanzado a través del uso del último método mencionado.

No se observaron agregaciones importantes de otros recursos en la zona de estudio, solamente la presencia puntual de agregaciones de caballas.

5.1.4.2 Varianza del estimado

La comparación entre métodos, se efectuó considerando el coeficiente de variación alcanzado en cada uno de ellos, por cuanto estandariza la varianza registrada en los datos, permitiendo así analizar de manera comparativa los resultados alcanzados para los distintos estimadores de varianza aplicados. La varianza sólo se entrega de forma referencial, dado que ésta representa para cada grupo de datos una medida de dispersión de ellos, no pudiendo por sí sola compararse entre grupos de distintos datos.

Los estimados de varianza, coeficientes de variación y error del estimado obtenidos mediante la aplicación de los diferentes métodos propuestos se



entrega en la Tabla 15.

Tabla 15.- Varianza y coeficiente de variación de los estimados de biomasa de jurel.

| METODOS | VARIANZA | COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) | PORCENTAJE DE ERROR (%) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| CONGLOMERADO | 1,27*10 ¹² | 29,26 | 48,13 |
| ESTRATO AGRUPADO | 4,273*10 ¹¹ | 16,48 | 27,11 |
| BOOTSTRAP | 4,020,*10 ¹¹ | 16,49 | 27,92 |
| GEOESTADÍSTICO | 6,406*10 ¹⁰ | 7,17 | 11,79 |

El método geoestadístico presenta el coeficiente de variación más bajo (7,17%), indicando con ello una mayor precisión para el estimado de abundancia en la zona de estudio. Este resultado, conjuntamente con la mejor representatividad del área efectiva de distribución del recurso, reafirman su selección en la cuantificación del recurso en el estudio.

5.1.5 Características de las zonas de concentración

Durante el crucero y bajo una estrategia de muestreo de tipo adaptativo, fue posible recorrer seis zonas de concentración de jurel, registrando información del recurso y características generales de la zona.

a) Abundancia en focos de abundancia.

En la tabla 16 se presentan los resultados obtenidos en seis focos de abundancia de jurel.



Tabla 16. Abundancia de jurel por focos

| ZONAS | AREA (MN ²) | BIOMASA (T) | DENSIDAD (T/MN ²) |
|---------------------|-------------------------|---------------|-------------------------------|
| 38°36'LS - 75°55'W | 5 | 324 | 64,80 |
| 38°40'LS - 75°59'W | 25 | 4.905 | 196,20 |
| 38°23'LS - 75°41'W | 42 | 27.856 | 663,23 |
| 37°20'LS - 75°10'W | 30 | 19.724 | 657,47 |
| 36°40'LS - 76°36'W | 36 | 25.663 | 712,86 |
| 34°39 LS - 75° 18'W | 30 | 10.018 | 367,26 |
| TOTAL | 168 | 88.658 | 527,73 |

El tamaño de las zona de concentración o pesca variaron entre la 5 a 42 mn², lo que indica que estas áreas son de reducido tamaño y en ellas se registra un volumen importante de abundancia (Tabla 16), lo que explicaría la alta concentración de naves pesqueras en estos focos. Situación que es característica en las áreas de pesca registradas en la pesquería de jurel zona centro-sur. En esta zonas las densidades fueron superiores a la registradas en el crucero (60,4 t/mn²), alcanzando un valor máximo de 712,86 (t/mn²)

b) Número de cardúmenes por IBM

En la Tabla 17, se entrega el número de cardúmenes presentes en las zonas de abundancia durante el recorrido de una milla náutica, expresado en porcentajes.



Tabla 17. Número de cardúmenes por milla náutica recorrida en zona de abundancia.

| ZONAS | NÚMERO DE CARDÚMENES POR MILLA NÁUTICA | | | | | | | | | |
|------------------|--|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 14 |
| 38°36'LS-75°55'W | 80,0 | | 20,1 | | | | | | | |
| 38°40'LS-75°59'W | 36,0 | 19,0 | 27,0 | 9,0 | 9,0 | | | | | |
| 38°23'LS-75°41'W | 31,0 | 27,0 | 7,0 | 7,0 | 11,0 | 11,0 | 6,1 | | | |
| 37°20'LS-75°10'W | 29,0 | 29,0 | | | 14,0 | | 7,0 | 14,0 | 7,0 | |
| 36°40'LS-76°36'W | 40,0 | 28,0 | 6,0 | 6,0 | | 20,0 | | | | |
| 34°39'LS-75°18'W | 13,0 | 6,0 | 13,0 | 25,0 | 31,0 | | 6,0 | | | 6,0 |
| TOTAL | 32,0 | 20,0 | 11,0 | 9,0 | 13,0 | 7,0 | 3,0 | 3,0 | 1,0 | 1,0 |

El número de cardúmenes observado por milla recorrida en la zona de abundancia fluctuó entre 1 a 9, con un valor máximo y único de 14. Las mayores frecuencias se situaron en el rango de 1 a 2, con un incremento en la frecuencia para la densidad de 5 cardúmenes por milla.

c) Distancia entre cardúmenes

En la zona de mayor abundancia de jurel, se registró distancias entre cardúmenes de 37 a 2.682 con un valor centrado en 489,5 m. Separación que explicaría la generación de focos de mayor densidad del recurso y sobre los cuales actúa habitualmente la flota cerquera de la zona centro sur.

d) Densidad de cardúmenes

Las densidades por cardúmen observadas en las zonas de concentración fluctuaron entre 13,4 a 2.768,4 t/mn², con valor promedio para las seis zonas prospectadas de



243,6 t/mn². Estos resultados dan cuenta de un alto grado de contagio presente en la distribución espacial del recurso.

5.1.6 Distribución geográfica del recurso

La distribución del jurel se caracterizó por la presencia de agregaciones alargadas y paralelas a la costa. En la zona prospectada se pueden identificar dos sectores de alta concentración del recurso, de acuerdo al tipo de agregación y nivel de densidad registrado (Fig 3).

En el primer sector, que se extiende desde punta Barrancos (34° 00'LS) a Constitución (35° 20'LS) el recurso presentó una distribución relativamente contagiosa. Se observa en ella una baja frecuencia de niveles de alta densidad (> 300 t/mn²), representadas principalmente por agregaciones tipo cardumen. En este sector se concentró el 28 % de la biomasa estimada en el estudio.

En el segundo sector, que se encuentra entre punta Nugurne (36° 00'LS) a morro Cauten (38° 40'LS), el nivel de contagio de la distribución se incrementa, con núcleos de alta densidad de jurel, configurando zona de mayor tamaño, y donde predominan agregaciones del tipo cardumen y estratos. El aporte a la biomasa en este sector alcanza a un 57,6 %.

En ambos sectores, las mayores concentraciones se localizaron dentro de las 70 a 140 millas de la costa, exceptuando el sector frente a Concepción donde el límite longitudinal es de 170 mn (Fig 3).



En los extremos de ambos sectores, se observa una fuerte disminución de la concentración del recurso, con un predominio de bajos niveles de abundancia ($< 75 \text{ t/mn}^2$) al sur de los $38^\circ 40' \text{ S}$, así como esporádicos aumentos en la densidad de jurel al norte de punta Nugurne (Fig 3)

La distribución espacial del jurel en el presente estudio, muestra sectores de abundancia que ya han sido detectados en anteriores evaluaciones durante 1991 a 1994 (Fig 6), al coincidir el área donde se registró un 28 % de la biomasa con el sector de mayor abundancia durante 1992, y el 57,6 % de la abundancia con la zona donde sistemáticamente se han concentrado volúmenes de biomasa por sobre un 70 % en los años 1991, 1993 y 1994, respectivamente

5.1.7 Distribución batimétrica del recurso

La información de profundidad de jurel se agrupó de acuerdo a las zonas utilizadas en el análisis oceanográfico, a fin de facilitar el análisis integrado posterior. En general, el jurel se ubicó entre los 10 y 180 m de profundidad con un 89,94% de las agregaciones en los primeros 100 m.

En el sector norte, comprendido entre Los Vilos ($32^\circ 40' \text{ LS}$) y norte de Constitución ($35^\circ 00' \text{ LS}$), el jurel se localizó entre los 10 a 160 metros de profundidad, registrando las categorías II-IV sus mayores frecuencias en los rangos de 10 a 40 y 60 a 110 m, respectivamente. El aporte de las categorías sobre 75 t/mn^2 en superficie fue 45% y en profundidad 43,5% (Fig 7). En el sector sobre 100 mn las categorías II-IV se concentraron en un 68% entre 10 a 40m, mientras que en la costa un 56% se ubicó entre 60 y 110 m, sugiriendo una profundización del recurso hacia el sector costero.



En relación al sector centro, ubicado entre Constitución (35° 20' LS) y puerto Lebu (37° 40' LS), el rango de distribución fue entre 10 a 140 m, concentrando el mayor número de agregaciones de categorías II-IV entre 20 a 100 m. Al igual que el sector norte, la distribución batimétrica máxima del recurso estuvo definida por niveles de densidad bajo las 75 t/mn² (Fig 7).

En el sector sur, que se extiende desde el norte de isla Mocha (38° 00' LS) a Corral (40° 00' LS), la distribución en profundidad fue mayor con límites que van desde 10 a 180 m de profundidad, explicada principalmente por niveles bajos de densidad (<75 t/mn²). Las mayores frecuencias en las categorías superiores a 75 t/mn² se registraron entre las 30 a 100 m, rango que es similar al registrado en el sector centro del área de estudio (Fig 7).

En general los límites de la distribución batimétrica del jurel, registrado en este crucero, son menores a los observados en las evaluaciones de inviernos de 1991 a 1994, donde el límite máximo de profundidad fue de 200, 170, 230 y 210 m, respectivamente. Situación que también es observada en la distribución de las altas abundancias de jurel de este crucero.

Durante el día el 67,4% de las agregaciones estuvieron accesibles al arte de pesca de cerco, al ubicarse entre la superficie y los 80 m de profundidad.

5.1.8 Análisis de los resultados de hidroacústica

La constante de ecoinTEGRACIÓN determinada para la evaluación 0,1334 t*mn⁻²*Sa⁻¹, es levemente inferior a la utilizada en anteriores cruceros de cuantificación en la zona de estudio, (0,142 t*mn⁻²*Sa⁻¹).



A fin de comparar los resultados con los de otros autores, la relación TS *versus* Longitud se ajustó a una relación de tipo cuadrática $TS = 20 \log(L) - a$, de acuerdo al procedimiento señalado por Foote *et al.* 1987. En este sentido, la relación fuerza de blanco (TS) *versus* longitud horquilla establecida para jurel en la zona centro sur, presenta una buena aproximación con la ecuación general $TS = 20 \log(L) - 67,4$ entregada por Foote (1987) para peces fisoclistos, o de vejiga cerrada como es el caso de jurel, al existir una diferencia de sólo 1,1 dB en el intercepto.

Al contrastar la relación, con las determinada por Barange y Hampton (1994) y Barange *et al.* (1995) para jurel del Cabo (*Trachurus trachurus capensis*), se observa diferencias de 1,53 y 1,87, respectivamente. Esto puede estar sustentado por el comportamiento del jurel del Cabo, que presenta una fuerte reacción de escape al paso de la embarcación y provoca fuertes alteraciones en las lecturas de TS. Además, de provenir los registros de TS de zonas de baja profundidad, que están asociados a fuertes reacciones de escape. Lo anterior, difiere de lo detectado para jurel chileno de la zona centro sur, donde se observa una menor reacción de escape al paso de la embarcación, disminuyendo en forma importante durante el periodo nocturno cuando se alimenta, siendo más acentuada frente al arte de pesca de arrastre durante el período invernal.

Por otra parte, Barange y Hampton (1994) y Barange *et al.* (1995) sustentan que la TS del jurel del Cabo es aproximadamente proporcional a la longitud, lo cual discrepa de lo propuesto por Foote (1987) y posteriormente observado por Love (1997), respecto a una relación cuadrática entre la TS y la longitud del pez. Razón por lo cual ambas relaciones para jurel del Cabo difieren de manera importante de la ecuación general para peces fisoclistos establecida por Foote (1987).



Al comparar los estimados de TS de Torres *et al.*, (1984) para mediciones realizadas en jaula a una longitud de 38 cm en jurel, los valores obtenidos en el estudio presentan en general una diferencia de 1,5 dB y de 2,0 dB para tallas menores. Estas diferencias pueden ser atribuidas a los distintos métodos usados en la estimación de TS. Como es conocido, los experimentos alteran el comportamiento natural de los peces, siendo recomendado sólo cuando no es posible medir la TS en forma directa (MacLennan *et al.* 1990; MacLennan y Simmonds, 1992; y Foote, 1987).

Respecto a la ecuación determinada por Vorobyov y Ivanov (1981) para horse mackerel y utilizada por Massé *et al.*, 1995, en estudios de identificación de especies desde poblaciones mixtas, se puede establecer que nuestros valores ($TS = 20 \text{ Log (l)} - 68,7$), son ampliamente consistentes con los establecidos por Vorobyov y Ivanov (1981, al existir una diferencia entre ambas ecuaciones en el intercepto de sólo 0,02%.

A partir la relación TS establecida en el estudio y pesos del jurel obtenidos en anteriores evaluaciones, se recalculó los valores de biomasa para los años 1991 a 1994. Los resultados se presentan en la tabla 18.

Tabla 18.- Recálculo de biomasa años 1991 a 1994

| AÑOS | AREA (MN ²) | BIOMASA (T) | DENSIDAD (T/MN ²) |
|------|-------------------------|-------------|-------------------------------|
| 1991 | 28.460 | 5.090.000. | 178,84 |
| 1992 | 23.738 | 1.600.000 | 67,40 |
| 1993 | 34.942 | 2.500.000 | 71,15 |
| 1994 | 40.873 | 1.060.000.. | 25,9 |



La biomasa de jurel estimada en el crucero de invierno de 1997 (3.530.000 t), se encuentra entre los valores más altos estimados en las evaluaciones acústicas anteriores realizadas en la zona de estudio.

Al comparar el estimado de biomasa para este crucero con los alcanzados en similar período desde 1992 a 1994, se observa un incremento de un 54,7%, 29,2% y 70,0%. respectivamente, mientras que para 1991, la biomasa representa el 69,4%. Esta variación en los volúmenes de biomasa también se registra en forma independiente del área, a través de los distintos índices de densidad. Estas variaciones se explican por cambios interanuales en la disponibilidad del recurso en la zona de estudio.

La distribución geográfica de jurel cambia entre años, pero se mantienen en forma recurrente las zonas de mayor concentración del recurso. Durante este crucero, las principales zonas de abundancia de jurel y que concentraron el 28,0 y 57,6 % de la biomasa estimada, estuvieron entre punta Barranco (34° 00'S) y Constitución (35° 20'S) y desde punta Nugurne (36° 00'S) a morro Cauten (38° 00'S). La primera, acorde al patrón de distribución general observado durante 1992, y la segunda a lo registrado durante 1991, 1993, y 1994.

En las zonas donde se concentró el 85,6 % de biomasa, la distribución espacial tuvo un alto grado de contagio, que se reflejó en índices de cobertura (38,5 y 46,3 %) y densidad altos (111,95 y 156,97 t/mn²), respecto a lo observado en el extremo norte y sur de la distribución del recurso, donde estos índices disminuyen de manera importante. Estos resultados son ratificados por los análisis de correlogramas y variogramas. Luego, considerando la detección del recurso principalmente entre 70 y 140 mn de la costa, es posible establecer que la estrategia de muestreo "adaptativo" en el espacio y tiempo fue adecuada, al



ubicarse la zona de estudio en el área donde estuvo presente la biomasa de jurel disponible en el sector de la pesquería.

Lo anterior, sustenta el alto valor de biomasa estimado para la zona de estudio, al no existir antecedentes que sugieran que una fracción importante del recurso se situó fuera del área prospectada, al momento de llevarse a cabo la cuantificación del recurso.

La evaluación de algunas zonas de abundancia de jurel, muestran que en ellas se registra una cantidad importante de biomasa con niveles de densidad entre 196,2 y 712,86 t/mn², que superan a lo registrado en el estudio (60,86 t/mn²) y evaluaciones anteriores efectuadas en la zona (25,9 a 178,8 t/mn²). El tamaño de estas áreas son reducidas, lo que es una característica de las zonas de pesca en el sector centro sur del país, con una distancia promedio entre cardúmenes de 665 m y una abundancia por cardumen centrada en 240,2 t/mn².

El máximo número de cardúmenes detectado por milla náutica en el crucero fue de 8, valor que no ha sido registrado en anteriores cruceros de evaluación, lo cual sugiere una tendencia a aumentar el número de cardúmenes por milla recorrida. Este resultado es importante, porque implica un cambio en el comportamiento interno de las agregaciones de jurel, que pudieran tener efecto a futuro en las características de las zonas de pesca.

En el sentido batimétrico, el recurso presentó un rango de distribución más estrecho que lo registrado en 1991, 1992, 1993 y 1994, con límites máximo de profundidad de 200, 170, 230 y 210 m, respectivamente. En el sector norte se registró una mayor profundidad del recurso hacia la costa, coincidiendo con el sector donde se detectó una penetración de aguas cálidas desde el norte. Asimismo, el 67,4% de las



agregaciones estuvieron accesibles durante el día al arte de pesca, lo cual indica una alto porcentaje accesible a ser capturado por la flota cerquera de la zona centro-sur.

5.2 Biología pesquera

5.2.1 Resultados de lances de pesca

La localización de los lances de pesca efectuados en la zona de estudio se entrega en la Fig 8. En la tabla 2 se presenta información complementaria de posición, fecha, hora, tiempo arrastre y captura.

En la zona de estudio se efectuaron 43 lances de pesca con una red de arrastre a mediagua, con copo exterior e interior de 60 y 40 mm, registrando alturas en el centro de la boca de 30 a 50 m. Los lances en profundidad cubrieron desde 5 a 160 m, con un tiempo de arrastre que osciló desde 30 a 96 minutos, a velocidades de arrastre entre 3,2 a 4,5 nudos.

La Tabla 19 muestra la composición de captura por especie y total para cada lance.

La captura total fue de 13.326,2 kg, en 35 lances de pesca, lo que entrega una captura promedio de 380,7 kg de pesca por lance. El 92,1 % de la captura correspondió a jurel que fue capturado en todos los lances con pesca. La especie más abundante fue reineta (6,5%) y otras especies (1,4%). La alta contribución de jurel a la captura en este crucero, es muy superior a lo registrado en el crucero de 1994, pero se enmarca en los valores obtenidos durante 1992 y 1993.



El esfuerzo aplicado fue de 37 horas y 36 minutos de arrastre, con un rendimiento promedio de 344,4 kg de pesca total y de 326,6 kg horas de pesca de jurel.

Tabla 19. Composición por especie en las capturas de los lances de pesca (mayo-junio 1997)

| Lance | Hora | Posición calado | | Veloc. nudos | Profund. Rel.Sup. (m) | Capturas (Kg) | | | |
|-------|-------|-----------------|---------|--------------|-----------------------|---------------|-------|---------|-------|
| | | Calado | Latitud | | | Longitud | Jurel | Reineta | Otros |
| 1 | 18:38 | 394477 | 740277 | 4,0 | 70 | 11 | 260 | 2 | 273 |
| 2 | 22:08 | 395111 | 740127 | 4,0 | 70 | 65 | 65 | 0 | 130 |
| 3 | 22:42 | 391952 | 734696 | 4,3 | 10 | 65 | 6 | 0 | 71 |
| 4 | 02:00 | 392566 | 740447 | 4,3 | 15 | 6 | 460 | 0 | 466 |
| 5 | 20:23 | 393094 | 735993 | 4,0 | 10 | 260 | 35 | 0 | 295 |
| 6 | 18:59 | 383757 | 745884 | 4,0 | 16 | 165 | 3 | 0 | 168 |
| 7 | 12:25 | 383949 | 762478 | 3,9 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 11:22 | 375987 | 765512 | 4,0 | 110 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 18:53 | 375998 | 761817 | 4,0 | 18 | 165 | 0 | 150 | 315 |
| 10 | 02:03 | 380471 | 755289 | 3,3 | 16 | 130 | 1 | 0 | 131 |
| 11 | 12:22 | 382078 | 764966 | 4,0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 00:37 | 381986 | 764763 | 4,0 | 14 | 65 | 0 | 0 | 65 |
| 13 | 08:55 | 382010 | 754060 | 4,0 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 20:25 | 382506 | 754490 | 4,0 | 15 | 490 | 6 | 0 | 496 |
| 15 | 16:35 | 380028 | 745769 | 4,1 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 21:20 | 372160 | 750774 | 4,2 | 15 | 195 | 4 | 3 | 202 |
| 17 | 05:35 | 365990 | 753890 | 4,2 | 10 | 460 | 1 | 0 | 461 |
| 18 | 07:05 | 365736 | 754296 | 4,1 | 14 | 460 | 2 | 1 | 463 |
| 19 | 21:40 | 364200 | 750960 | 4,1 | 15 | 1495 | 0 | 0 | 1.495 |
| 20 | 10:55 | 364075 | 763917 | 4,0 | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 08:05 | 355104 | 745100 | 4,2 | 100 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 22 | 14:32 | 351984 | 753668 | 4,0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 21:00 | 351998 | 750157 | 4,2 | 14 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 24 | 06:32 | 353909 | 744002 | 4,3 | 10 | 460 | 0 | 0 | 460 |
| 25 | 20:45 | 351910 | 741889 | 4,5 | 8 | 910 | 12 | 7 | 929 |
| 26 | 00:25 | 351780 | 740571 | 4,0 | 17 | 780 | 0 | 0 | 780 |
| 27 | 04:50 | 352720 | 740990 | 4,0 | 13 | 720 | 0 | 0 | 720 |
| 28 | 06:48 | 352754 | 740650 | 4,0 | 13 | 560 | 0 | 3 | 563 |
| 29 | 17:47 | 343994 | 732227 | 3,8 | 90 | 105 | 3 | 0 | 108 |
| 30 | 20:50 | 344085 | 731845 | 4,2 | 16 | 355 | 3 | 1 | 359 |
| 31 | 00:05 | 344270 | 732549 | 4,1 | 12 | 260 | 1 | 2 | 263 |
| 32 | 02:48 | 344677 | 732560 | 4,0 | 18 | 355 | 1 | 0 | 356 |
| 33 | 05:45 | 345100 | 732644 | 4,2 | 12 | 305 | 0 | 0 | 305 |
| 34 | 09:25 | 344875 | 732341 | 4,0 | 90 | 0,1 | 0 | 0 | 0,1 |
| 35 | 12:55 | 344153 | 732564 | 4,0 | 115 | 15 | 0 | 0 | 15 |
| 36 | 22:51 | 343935 | 740471 | 4,3 | 12 | 2.850 | 0 | 10 | 2.860 |
| 37 | 07:45 | 335926 | 721148 | 4,0 | 70 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 38 | 23:09 | 340000 | 735388 | 4,0 | 13 | 330 | 0 | 0 | 330 |
| 39 | 12:10 | 340023 | 752497 | 4,1 | 130 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 07:14 | 331978 | 715584 | 4,0 | 35 | 38 | 0 | 3 | 41 |
| 41 | 05:34 | 332360 | 733460 | 4,1 | 14 | 98 | 0 | 0 | 98 |
| 42 | 15:30 | 323980 | 740691 | 4,2 | 35 | 0,1 | 0 | 0 | 0,1 |
| 43 | 21:53 | 324106 | 733498 | 4,0 | 15 | 105 | 0 | 0 | 105 |



5.2.2 Composición por tamaño

En la Figura 9 se presenta la distribución de tallas registrada en el crucero para el total de ejemplares de jurel muestreados. Se encontró jureles entre 12 a 58 cm de longitud horquilla, destacando tres grupos de estratos. El primero constituido por individuos entre 12 a 18 cm que representan el 8,5% y corresponde a jureles de 1 a 2 años. En el segundo estrato se observa una distribución bimodal con un moda principal en 23 y una secundaria en 27 cm, abarcando este grupo tamaños de 20 a 32 cm y concentrando el mayor número de individuos con un 84,5%, que corresponden a ejemplares de 3 a 5 años. La tercera agrupación reúne a jureles adultos de 41 a 51 cm con edades de 9 a 12 años, que representa el 5,3% del total muestreado.

La distribución de tallas del crucero, difiere notoriamente de la registrada durante la prospección efectuada en 1994, donde se detectó una moda principal en 41 cm y una secundaria en los 32 cm, siendo característico para la distribución del crucero respecto a anteriores evaluaciones realizadas en la zona de estudio, el alto número de ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm (70,8 %) y de individuos bajo los 32 cm como talla de primera madurez (92,8 %). Situación que no ha sido observada anteriormente, registrando sólo individuos pequeños bajo la talla mínima legal y de primera madurez en los cruceros de 1992 y 1993, donde sus porcentajes alcanzaron a 36,6% a 30,5 y 55,3% a 51,8%, respectivamente.

El alto número de individuos pequeños registrados en la zona de estudio, se ha mantenido durante el presente año. Estudios efectuados antes del crucero y durante el mes de noviembre en la zona centro sur, indican un alto porcentaje de ejemplares de menor talla (Fig 10) lo cual también se ha reflejado en las capturas de la flota cerquera que opera en la zona centro-sur del país.



La distribución de tamaño de jurel (Fig 11) para la zona norte, centro y sur, separada por sectores costeros y oceánicos (sobre 100 mn), muestran para el sector norte y sur, una diferencia espacial en la distribución por talla de jurel, al situarse preferentemente los individuos mayores en el sector costero, acentuándose en el sector sur. En ambas zonas se registra la presencia de aguas cálidas que pudieran afectar este tipo de segregación.

El análisis estadístico aplicado a las distribuciones, mediante el uso del test Chi Cuadrado para probar la hipótesis nula de igualdad entre las distintas distribuciones, muestra que no es posible aceptar la hipótesis nula a un 95 % de confianza en los sectores norte y sur, mientras que en sector centro la hipótesis es aceptada. Luego, se puede concluir que existiría una distribución espacial diferencial por tamaño en la zona de estudio. (Tabla 20).

Tabla 20. Análisis de Chi Cuadrado para las distribuciones de talla de jurel (mayo-junio 1997)

| | ZONA | | |
|--------------------|-------|--------|-------|
| | NORTE | CENTRO | SUR |
| $\chi_{calculado}$ | 416,1 | 61,9 | 272,1 |
| $\chi_{critico}$ | 49,6 | 67,5 | 52,2 |

Se rechaza la hipótesis nula si $\chi_{calculado} > \chi_{critico}$

5.2.3 Relación longitud-peso

En la Tabla 21 se presentan los parámetros y estadística de las regresiones lineales longitud-peso y los parámetros resultantes para las funciones de crecimiento



asimétrico. La Figura 12 gráfica los datos utilizados y los modelos correspondientes. En ella se observa que el modelo describe adecuadamente la relación longitud-peso.

Tabla 21. Parámetros y estadística básica de la relación $W=a*L^b$

| | HEMBRAS | MACHOS | TOTAL |
|---------------------------|-----------|----------|----------|
| N DE OBSERVACIONES | 588 | 784 | 1.490 |
| LOG (K) | -2,051124 | -2,08800 | -2,12364 |
| K | 0,00888 | 0,008160 | 0,00752 |
| B | 3,04323 | 3,07411 | 3,09947 |
| ERROR EST. (LOGK) | 0,01382 | 0,02363 | 0,01054 |
| ERROR EST. B | 0,00963 | 0,01668 | 0,00748 |
| R² | 0,99 | 0,98 | 0,99 |

El estadístico de prueba t students aplicado a las relaciones longitud-peso para machos y hembras, establece que no existe evidencia suficiente para suponer que las pendientes de las ecuaciones difieren entre sí, al obtener un $t_{\text{calculado}}$ de -1,6 inferior al t_{tabla} de 1,96, a un 95% de confianza.

Este resultado se enmarca dentro de lo establecido para relaciones de peso-longitud determinada en anteriores cuceros efectuados en la zona de estudio. Asimismo, este resultado es importante porque permite el uso de una constante de eointegración general para la evaluación del jurel, al determinar que no existen diferencias en las tasas de crecimiento por sexo.



5.2.4 Aspectos reproductivos

En la Tabla 22 se resumen los aspectos reproductivos biológicos básicos que permiten establecer el estado reproductivo del jurel. A fin de comparar se incluyen resultados de los cruceros efectuados en noviembre- diciembre de 1992, junio julio de 1993, y julio agosto 1994.

Tabla 22. Aspectos biológicos básicos de jurel obtenidos en cuatro crucero de evaluación.

| | CRUCERO NOV-DIC 92 | | CRUCERO JUN-JUL 93 | | CRUCERO JUL-AGO 94 | | CRUCERO MAY-JUN 97 | |
|------------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| | HEMBRAS | MACHOS | HEMBRAS | MACHOS | HEMBRAS | MACHOS | HEMBRAS | MACHOS |
| NUMERO DE EJEMPLARES | 431 | 456 | 346 | 397 | 406 | 532 | 588 | 784 |
| PROPORCION SEXUAL | 48,6 | 51,4 | 46,6 | 53,4 | 43,2 | 56,8 | 42,9 | 57,1 |
| INDICE GONASODOMATICO | 3,5 | 3,10 | | | | | 1,14 | 0,66 |
| DESVIACION ESTANDAR | 1,45 | 1,20 | | | | | 0,62 | 0,28 |
| ESTADOS DE MADUREZ (%) | | | | | | | | |
| ESTADO 1 | 0,0 | 1,8 | 40,2 | 100,0 | 0,0 | 93,6 | 73,3 | 99,5 |
| ESTADO 2 | 10,2 | 13,9 | 59,8 | 0,0 | 94,8 | 6,4 | 26,5 | 0,4 |
| ESTADO 3 | 84,4 | 77,8 | 0,0 | 0,0 | 5,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| ESTADO 4 | 5,1 | 6,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| ESTADO 5 | 0,3 | --- | 0,0 | --- | 0,0 | --- | 0,2 | --- |
| FACTOR DE CONDICION | 1,03 | 1,00 | 1,03 | 1,00 | | | 1,04 | 1,2 |
| DESVIACION ESTANDAR | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | | | 0,08 | 0,07 |



Las gónadas de jurel presentaron características propias de una etapa de reposo reproductivo. En general los tamaños de las gónadas fueron reducidos impidiendo a veces obtener su peso a bordo, llegando incluso a ser indetectables en algunas oportunidades. En hembras pequeñas se observaron traslúcidas y de pequeño tamaño, en tanto para ejemplares mayores éstas eran opacas con vascularización nítida. No se observó presencia de ovocitos. Los machos presentaron testículos de forma alargadas y comprimida, que cambiaron entre transparentes y semiopacos.

Las anterior descrito para el periodo de otoño-invierno, es similar a lo registrado en trabajos anteriores efectuados por IFOP en la zona de estudio. En este periodo el jurel se recuperaría del desgaste energético del proceso de desove, principalmente los ejemplares adultos, mientras que los pequeños destinarían la energía para crecer y acumular reservas para el siguiente periodo de desove. Luego, se puede concluir que durante el desarrollo del crucero el jurel no se encontraba en un proceso reproductivo.

5.3 Trofodinámica

En el crucero de investigación se efectuaron 43 lances de pesca con red de media agua a diferentes horas del día. Se obtuvieron 35 lances efectivos que correspondieron al 81% del total.(Tabla 23).

**Tabla 23** Número total de estómagos muestreados y con contenido estomacal por lance de pesca..

| LANCE | HORA | PROFUNDIDAD (m) | NUMERO DE ESTÓMAGOS | |
|-------|-------|--------------------|---------------------|---------------|
| | | | TOTAL | CON CONTENIDO |
| 1 | 19,13 | 70-25 | 7 | 0 |
| 2 | 22,61 | 70 | 39 | 37 |
| 3 | 23,20 | 10 | 50 | 0 |
| 4 | 2,28 | 15 | 5 | 0 |
| 5 | 20,88 | 10 | 50 | 39 |
| 6 | 19,35 | 16-10 | 51 | 12 |
| 7 | 13,00 | 75 | S/P | - |
| 8 | 11,81 | | S/P | - |
| 9 | 19,16 | 18-10 | 50 | 2 |
| 10 | 2,51 | 16 | 50 | 0 |
| 11 | 12,92 | 15 | S/P | - |
| 12 | 13,14 | 14 | 50 | 0 |
| 13 | 9,50 | 75 | S/P | - |
| 14 | 20,75 | 15 | 50 | 0 |
| 15 | 17,04 | 80 | S/P | - |
| 16 | 11,09 | 15 | 50 | 0 |
| 17 | 5,96 | 10-14 | 50 | 0 |
| 18 | 8,58 | 14 | 50 | 0 |
| 19 | 22,20 | 14-16 | 50 | 0 |
| 20 | 11,42 | 85-150 | S/P | - |
| 21 | 8,71 | 22-100 | 3 | 0 |
| 22 | 14,93 | 100 | S/P | - |
| 23 | 21,32 | 14 | 3 | 0 |
| 24 | 6,92 | 10 | 50 | 8 |
| 25 | 21,25 | 8 | 50 | 3 |
| 26 | 12,96 | 16-18 | 50 | 13 |
| 27 | 5,17 | 12-14 | 50 | 12 |
| 28 | 7,23 | 13-35 | 50 | 1 |
| 29 | 18,26 | 25-100 | 50 | 2 |
| 30 | 21,38 | 16 | 50 | 4 |
| 31 | 24,25 | 10-14 | 50 | 0 |
| 32 | 3,07 | 18 | 50 | 9 |
| 33 | 6,08 | 12-14 | 50 | 5 |
| 34 | 10,21 | 75-110 | 1 | 0 |
| 35 | 13,58 | 115 | 50 | 0 |
| 36 | 23,18 | 1 | 51 | 3 |
| 37 | 8,21 | 60-80 | 2 | 0 |
| 38 | 23,65 | 12-14 | 50 | 10 |
| 39 | 12,42 | 120-140 | S/P | - |
| 40 | 7,50 | 30-70 | 50 | 0 |
| 41 | 5,83 | 14-15 | 50 | 5 |
| 42 | 15,91 | 35 | 5 | 0 |
| 43 | 22,13 | 15 | 51 | 0 |
| Total | | | 1.418 | 165 |

(1) :corresponde a la profundidad de relinga superior.

S/P:lances sin pesca.



El número de estómagos muestreados durante el estudio fue de 1.418, de los cuales sólo el 11,6 % presentó algún tipo de contenido estomacal (Tabla 23).

Considerando lo anterior, los resultados correspondientes a los diversos análisis tróficos aplicados a este recurso, en el área y período de estudio, probablemente estén influenciados por la baja representatividad de estómagos con contenido en la muestra total, por lo que las conclusiones derivadas de estos resultados, deben ser tratadas con precaución

5.3.1 Importancia de las presas

En términos porcentuales, durante el período de estudio, los eufáusidos dominaron en la alimentación de jurel, tanto en número como peso y frecuencia de ocurrencia (Tabla 24); constituyendo junto a los peces linterna y las salpas, las únicas especies en la dieta de jurel durante el presente estudio.

Otras presas (eg., zoeas, copépodos, anfípodos, megalopas, isópodos) que han sido detectadas en el contenido estomacal de jurel por otros investigadores (Konchina, 1980 y 1983; Serra, 1991; Cornejo, 1991; Ermolovich y Gardina, 1994; Arancibia *et al.*, 1995; Serra *et al.*, 1994a, 1994b y 1995), han estado ausentes en el análisis estomacal de este estudio.

En cuanto a las presas de importancia secundaria como es el caso de salpas y peces linterna, estos últimos dominan sólo en frecuencia de ocurrencia, siendo las salpas las que se encuentran en mayor número y peso (Tabla 24).



Tabla 24.- Número (N), peso (P) y frecuencia de aparición (F) de los taxa de presas en los estómagos de jurel, considerando sólo los estómagos con contenido estomacal (todos los valores expresados en porcentaje), e Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado).

| PRESA | N% | P% | F% | IIR | Log(IIR) |
|------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| EUFÁUSIDOS | 99,38 | 80,21 | 86,67 | 15564,77 | 4,192 |
| SALPAS | 0,35 | 10,16 | 9,09 | 96,58 | 1,985 |
| P.LINTERNA | 0,27 | 9,63 | 12,73 | 127,06 | 2,104 |

Al analizar la "Importancia Relativa" por grupos de tamaño (Tabla 25), nuevamente se detecta que los eufáusidos dominan la dieta de jurel a lo largo de todo el espectro de tallas. Se destaca la presencia de individuos del grupo "0" (menores a 15 cm), que no presentaron contenido en sus estómagos, por lo que no fueron considerados en análisis ulteriores. Por otra parte, los peces linterna estuvieron representados regularmente desde el grupo 2. En cambio las salpas se presentaron en forma más irregular, desapareciendo completamente en el grupo de tamaño 5 (individuos entre 36 y 40 cm de longitud horquilla). Lo anterior, se debería posiblemente a la escasa representación (<30 %) que tendría este grupo en la muestra total.

Tabla 25 Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado) por grupos de tamaño definidos en la tabla 3.

| PRESA | GRUPO DE TAMAÑO | | | | | | |
|------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| EUFÁUSIDOS | 4,30 | 4,13 | 4,09 | 4,06 | 4,28 | 4,22 | 3,94 |
| SALPAS | - | 1,25 | 0,90 | 0,00 | 1,54 | 2,16 | 3,65 |
| P.LINTERNA | - | 2,64 | 2,92 | 3,04 | 1,15 | 1,74 | 1,80 |



En relación a la importancia de presas por estrato de profundidad (Tabla 26), los resultados indicaron el amplio predominio de eufáusidos, el cual se ve menos acentuado en estratos de profundidad mayores. Al igual que lo reseñado para el análisis por grupo de tamaño, los peces linternas presentaron una mayor constancia que las salpas durante el crucero, encontrándose estas últimas en estómagos de individuos capturados en estratos más superficiales.

Tabla 26. Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado) por profundidad.

| PRESA | PROFUNDIDAD (m) | | |
|------------|-----------------|------|------|
| | 25 | 100 | 125 |
| EUFÁUSIDOS | 4.17 | 4.26 | 3.51 |
| SALPAS | 2.26 | - | - |
| P.LINTERNA | 2.12 | 2.03 | 3.83 |

En relación al análisis realizado considerando la posición geográfica de los lances de pesca (Tablas 27 y 28), los resultados indicaron que los peces linternas mantienen una regularidad tanto en el campo de la longitud como en el de la latitud.

La presencia de salpas en cambio es irregular, encontrándose en las latitudes mayores y zonas más costeras.



Tabla 27. Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado) por latitud

| PRESA | LATITUD SUR * | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|------|
| | 33° | 34° | 35° | 37° | 38° | 39° |
| EUFÁUSIDOS | 3,69 | 3,91 | 4,16 | 3,75 | 4,06 | 4,25 |
| SALPAS | - | - | - | - | 3,25 | 2,10 |
| P. LINTERNA | 3,67 | 3,31 | 2,53 | 3,64 | 1,63 | 1,44 |

* sólo latitudes en donde las muestras presentaron contenido estomacal

Tabla 28. Índice de Importancia Relativa de las presas (IIR, modificado) por longitud.

| PRESA | LONGITUD * | | |
|-------------|------------|------|------|
| | 73° | 74° | 76° |
| EUFÁUSIDOS | 4,17 | 4,23 | 3,75 |
| SALPAS | 2,29 | 1,06 | - |
| P. LINTERNA | 2,16 | 1,98 | 3,64 |

* sólo longitudes en donde las muestras presentaron contenido estomacal.

Es importante mencionar que, si bien diversos estudios han detectado al grupo de los eufáusidos como la principal presa del recurso jurel en el Océano Pacífico Sur (Konchina, 1980; Cornejo, 1991; Serra *et al.*, 1994a, 1994b; Quiñones *et al.*, 1995; Arancibia *et al.*, 1995), al igual que lo indicado en este informe, es menester consignar que nuestros resultados parecen estar influenciados por el bajo número de individuos que presentaron contenido estomacal. De hecho, es clara la ausencia de otras presas en los estómagos de jurel, especie que generalmente presenta un amplio espectro trófico (más de 8 taxa de presa, Konchina, 1980; Quiñones *et al.*,



1995). Esta variación respecto a lo detectado en cruceros de investigación similares, realizados en igual zona y período de estudio, podría estar relacionada con cambios oceanográficos producto de la activación de fases negativas de un evento ENSO, lo que podría ser reflejado en cambios de disponibilidad ambiental de presas, tanto cualitativa como cuantitativamente.

5.3.2 Selectividad de presas por tamaño

Los valores del índice de selectividad de presas (U) se entregan en la Tabla 29. La selectividad es inversamente proporcional a la desviación estándar (d.s.) de U (Ursin, 1973). Los resultados indicaron que las únicas presas seleccionadas fueron los eufáusidos, peces linterna y salpas, en contraposición con los resultados obtenidos en los cruceros de anteriores (Serra *et al.*, 1994b y 1995 y Quiñones *et al.*, 1995), donde los eufáusidos fueron la presa menos seleccionada.

Respecto del tamaño del predador, el taxón presa que presenta mayor volumen (t%) en el contenido estomacal de jurel corresponde a las salpas y peces linterna 0,09% en peso. Esto concuerda con los resultados de años anteriores, donde también los eufáusidos fueron la presa de menor tamaño (Tabla 11).

Tabla 29. Promedio (Prom) y desviación estándar (d.s.) del índice de selectividad de Ursin, U (1973) en jurel, número de observaciones (n), y tamaño promedio del taxón de presa (% en peso respecto del predador, t), para 1993. (Serra *et al.*, 1994b), 1994 (Quiñones *et al.* 1995) y 1997 (presente estudio).

| | 1997 | | | | 1994 | | | | 1993 | | | |
|------------|---------------------|-------|-----|------|---------------------|-------|-----|------|---------------------|-------|-----|------|
| | U _(prom) | d.s. | N | t% | U _(prom) | d.s. | N | t% | U _(prom) | d.s. | N | t% |
| eufáusidos | 7,33 | 0,925 | 144 | 0,07 | 6,95 | 1,696 | 188 | 0,10 | 7,44 | 1,630 | 256 | 0,06 |
| salpas | 6,99 | 1,435 | 21 | 0,09 | 6,56 | 1,389 | 114 | 0,14 | | | | |
| p.linterna | 7,05 | 1,242 | 15 | 0,09 | 6,80 | 0,852 | 31 | 0,11 | 6,93 | 0,890 | 59 | 0,10 |



Respecto del año 1997, tanto el tamaño de las presas como la selectividad que sobre ellas realizaría el jurel (d,s) se presentan muy similares (Tabla 30). En efecto, algunas diferencias podrían atribuirse más bien al tamaño de las muestras, como incluso a la diferencia en las distribuciones de talla de cada año.

La selectividad de Chesson (1978) fue determinada utilizando dos de las tres especies que aparecieron en los estómagos de jurel (eg, eufáusidos y salpas). Los peces linterna no fueron utilizados en este análisis, debido a que no se determinó cuantitativamente su abundancia en el ambiente.

La determinación del α de Chesson se realizó latitudinalmente desde los 32°00'LS a 39°00'LS (Tabla 30, Fig 13), considerando a las estaciones y lances de pesca realizados en las longitudes comprendidas entre los 73°00' W y los 75°00'W, ya que fue en esta región donde se verificaron lances efectivos de pesca de jurel y, que presentaron ejemplares con contenido en sus estómagos.

Tabla 30. Abundancias en porcentaje del número de las principales presas de jurel en los estómagos y en el ambiente

| Latitud | ESTÓMAGOS | | | AMBIENTE | |
|---------|------------|--------|-------------|------------|--------|
| | Eufáusidos | Salpas | P. Linterna | Eufáusidos | Salpas |
| 32 | - | - | - | 47,89 | 52,11 |
| 33 | 71,43 | - | 28,57 | 20,15 | 79,85 |
| 34 | 92,47 | - | 7,53 | 61,07 | 38,93 |
| 35 | 96,26 | - | 3,74 | 45,72 | 54,28 |
| 36 | - | - | - | 51,84 | 48,16 |
| 37 | 85,71 | - | 14,27 | 58,99 | 41,01 |
| 38 | 91,34 | 7,87 | 0,79 | 67,28 | 32,72 |
| 39 | 99,88 | 0,04 | 0,08 | 61,47 | 38,53 |

Nota: No se muestra la abundancia de peces linterna en el ambiente, debido a que no puede ser determinada a través los muestreos realizados en este crucero.



Los resultados de la selectividad de Chesson (α) determinados a partir de las abundancias en número porcentualizadas (Tabla 30), entregaron una dominancia total de los eufáusidos sobre las salpas. Esto representa una selectividad importante del recurso jurel sobre los eufáusidos durante la época y periodo de estudio.

Es importante destacar que, debido a que en este análisis no se incorporaron los tres ítemes presa de jurel, los resultados están sobredimensionando la selectividad que el jurel ejerce sobre el ítem eufáusido. Además de lo anteriormente mencionado, se debe considerar que el bajo número de estómagos con contenido (11,6%) puede producir un efecto similar al anterior.

5.3.3 Similitud trófica

Proporción en peso de las presas, por tamaño de jurel

Entre mayo y julio de 1997 las principales presas de jurel fueron los eufáusidos (Tabla 31), seguido de peces linterna y salpas. En general, los peces aparecen representados en casi todos los grupos de tamaños, excepto en los grupos 0 y 1, lo que es razonable, debido a que peces de menor talla se alimentan de presas pequeñas, como por ejemplo *T. Trachurus capensis* en que los ejemplares menores a 20 cm se alimentan de copépodos (Dahl y Kirkegaard, 1987).

Tabla 31. Porcentaje en peso de las presas de jurel por grupos del predador

| GRUPO DE TAMAÑO | EUFÁUSIDOS | P. LINTERNA | SALPAS |
|-----------------|------------|-------------|--------|
| 0 | - | - | - |
| 1 | 100,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 75,7 | 21,0 | 3,3 |



Cont.

| GRUPO DE TAMAÑO | EUFÁUSIDOS | P. LINTERNA | SALPAS |
|-----------------|------------|-------------|--------|
| 3 | 50,1 | 48,1 | 1,7 |
| 5 | 45,1 | 54,9 | 0,0 |
| 6 | 93,6 | 1,8 | 4,6 |
| 7 | 80,6 | 7,0 | 12,4 |
| 8 | 35,4 | 3,3 | 61,3 |

En cada grupo de tamaño artificial, el número de presas (importantes en peso) es reducido, confirmando el carácter estenófago de *T. s. murphyi* de las costas de Chile.

Los resultados no evidencian un patrón claro de similitud trófica para el recurso jurel, considerando el área y período de estudio, lo que hace presumir que éstos conformarían un sólo grupo trófico a lo largo de las costas de Chile centro-sur. Cabe destacar que los grupos de tamaño 0 y 4 se encuentran totalmente alejados de los otros grupos, debido a que no presentaron contenido en sus estómagos (Fig 14). Estos resultados deben ser interpretados con precaución, ya que pueden no representar el caso real de similitud trófica para este recurso, debido al bajo número de estómagos con contenido presentes durante el crucero.

5.3.4 Consumo poblacional de jurel

5.3.4.1 Alimentación diaria

En relación a la estimación de la alimentación diaria para el recurso jurel en el área de estudio, se planteó originalmente la necesidad de generar un "día virtual", donde



estuvieran representados los contenidos estomacales durante diferentes horas del día (día y noche), para lo cual el diseño de muestreo involucró lances en el atardecer, noche, amanecer y el día (ver Tabla 2).

No obstante se realizó el muestreo a dichas horas, el gran porcentaje de estómagos vacíos (cerca al +88,4%) presentes en el crucero impidió que el espectro horario pudiese estar representado de buena forma (ésto es, sólo se detectaron estómagos suficientes en la noche y de madrugada). Lo anterior trajo como consecuencia la imposibilidad de realizar el cálculo de ritmo de alimentación diaria para el jurel en este estudio.

5.3.4.2 Consumo poblacional, expresado como consumo/biomasa (Q/B)

En otoño (1997) el consumo que jurel habría realizado fue fundamentalmente sobre los eufáusidos (0,126), salpas (0,015) y peces linterna (0,016), correspondiendo al 80%, 10% y 10%, respectivamente (Tabla 32). Por un lado, se confirma la importancia de los eufáusidos en la alimentación de jurel, aumentando su aporte al consumo del stock del predador con respecto al invierno de 1994 (Serra *et al.*, 1995), donde alcanzó un 65%.

En cuanto a los peces, sólo aparecieron los peces linterna, haciendo un aporte considerable al consumo de jurel (10%). Semejante al aporte que éstos hicieron en la primavera de 1992 (15%) y en el invierno de 1993 (5%) (Serra *et al.*, 1994a y 1994b).

El consumo poblacional de jurel si se compara con años anteriores (Serra *et al.*, 1994a, 1994b y Quiñones *et al.* 1995). Esto es aceptable, debido a que sólo el 11,6% de los individuos presentó algún tipo de contenido, siendo generalmente cercanos al 40%.



Tabla 32. Consumo poblacional de jurel, expresado como la razón entre el consumo (Q) y la biomasa (B), ésto es Q/B; tiempo de digestión (TD), peso promedio de las presas (W), ración diaria de alimento (RD) y proporción de las presas (P). Para unidades de medida, ver el texto.

| PRESAS | TD | %W | RD | P | Q/B |
|-------------|------|--------|--------|--------|-------|
| EUFÁUSIDOS | 3,23 | 0,1535 | 0,0041 | 0,8020 | 0,126 |
| P. LINTERNA | 2,70 | 0,1978 | 0,0008 | 0,0960 | 0,015 |
| SALPAS | 2,23 | 0,1283 | 0,0003 | 0,1020 | 0,016 |
| TOTAL | | | 0,0052 | | 0,157 |

5.4 Oceanografía física y química

5.4.1 Batimetría de la zona de estudio

A partir de los datos de profundidad de ecosonda registrada en el B/I "Abate Molina", se graficó la batimetría de la zona de estudio (Fig 15). Esta figura presenta una batimetría global regular en el área de estudio, con la presencia de un talud levemente más suave en la región norte, donde se verifica la penetración de la isóbata de 500 m hacia la costa aproximadamente en los 34°40'LS. En los 38°00'LS se observa un talud más agudo, especialmente al oeste de la isla Mocha, no obstante, en el extremo sur del área de prospección (a partir de los 39°S), el talud pierde estas características y se hace nuevamente más suave, similar a la zona norte del área de estudio.

5.4.2 Condiciones meteorológicas

Las mediciones de las variables meteorológicas medidas en este estudio, *i.e.*, dirección e intensidad del viento, temperatura del aire, presión atmosférica,



nubosidad y estado del mar, fueron registradas a bordo del B/I "Abate Molina", y son resumidas en la Tabla 33.

En la región sur del área de estudio, la temperatura superficial del aire se mantuvo relativamente homogénea, fluctuando entre los 10° y los 18°C (promedio=14,28 °C, D.E.=1,88, n=60). Por el contrario, en la región norte (segunda etapa del crucero), la temperatura del aire fluctuó entre los 10,7° y los 20,2°C, con un promedio superior al de la primera etapa (promedio= 15,01 °C, D.E.= 1,63, n=84). La Figura 16 muestra las variaciones temporales de la temperatura superficial del aire en ambas etapas del estudio.

En contraste con las pequeñas fluctuaciones de la temperatura del aire, la altura de olas tuvo un rango importante de variación tanto en la primera como en la segunda fase del crucero (Figura 16), fluctuando entre los 1 y los 8 m, mostrando un promedio similar para ambas etapas, ésto es, primera etapa (promedio=4,4 m, D.E.= 2,45, n= 60) y segunda etapa (promedio= 4,71 m, D.E.= 2,19, n= 84).

En relación a los vientos predominantes durante el crucero (Figura 16), ambas etapas del estudio se caracterizaron por vientos de intensidad promedio alta, ésto es: sector sur (promedio= 12,75 nudos, D.E.= 6,14, n= 51) y, sector norte (promedio= 13,09 nudos, D.E.= 6,65, n= 82), en tanto que la dirección del viento en ambos sectores tuvo una predominancia del noroeste (promedios de 23,7 y 25,88 °, para los sectores sur y norte, respectivamente).

**Tabla 33.** Condiciones atmosféricas en la zona de estudio

| Días | Dirección viento | Velocidad viento (nudos) | Temperatura media (°c) | Presión atmosférica (m b s) | Altura olas (m) |
|--|------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Zona sur : 05 al 19 de mayo de 1997 | | | | | |
| 05 | NE | 18 | 14,4 | 1012,7 | 2,8 |
| 06 | - | | 15,9 | 1014,8 | 3,0 |
| 07 | NE | 13 | 15,7 | 1015,5 | 3,3 |
| 08 | NE | 15 | 15,1 | 1014,0 | 2,3 |
| 10 | NE | 9 | 15,1 | 1016,6 | 2,3 |
| 11 | NE | 6 | 14,8 | 1017,6 | 1,0 |
| 12 | NE | 16 | 14,7 | 1017,0 | 1,8 |
| 13 | NE | 17 | 15,8 | 1014,4 | 4,0 |
| 14 | NE | 4 | 16,6 | 1010,6 | 3,3 |
| 16 | NE | 7 | 12,2 | 1005,0 | 7,0 |
| 18 | NE | 16 | 12,8 | 1013,4 | 7,0 |
| 19 | NE | 18 | 13,8 | 1011,4 | 7,0 |
| Zona centro : 20 de mayo al 01 de junio de 1997 | | | | | |
| 20 | NE | 12 | 11,4 | 1014,1 | 5,4 |
| 21 | NE | 6 | 12,5 | 1025,1 | 3,8 |
| 22 | NE | 15 | 13,0 | 1026,2 | 6,3 |
| 24 | NE | 11 | 13,8 | 1016,7 | 6,6 |
| 25 | NE | 12 | 16,3 | 1011,0 | 6,7 |
| 26 | NE | 6 | 15,8 | 1011,0 | 4,0 |
| 27 | NE | 15 | 15,0 | 1011,5 | 7,7 |
| 28 | NE | 25 | 15,3 | 1004,6 | 8,0 |
| 29 | NE | 15 | 15,1 | 1004,8 | 7,3 |
| 30 | NE | 13 | 14,4 | 1015,5 | 7,8 |
| 31 | NE | 6 | 15,2 | 1019,1 | 4,0 |
| 01 | NE | 8 | 15,6 | 1017,6 | 2,0 |
| Zona norte : 04 al 16 de junio de 1997 | | | | | |
| 04 | NE | 12 | 15,1 | 1014,5 | 7,2 |
| 05 | NE | 8 | 12,6 | 1018,0 | 6,0 |
| 06 | NE | 12 | 15,4 | 1022,5 | 7,0 |
| 07 | NE | 15 | 14,8 | 1016,3 | 3,5 |
| 08 | NE | 5 | 15,0 | 1014,2 | 6,6 |
| 09 | NE | 17 | 15,3 | 1012,5 | 3,2 |
| 10 | NE | 30 | 16,2 | 1006,0 | 6,0 |
| 11 | NE | 15 | 13,7 | 1001,0 | 8,0 |
| 12 | NE | 11 | 13,6 | 1011,5 | 6,4 |
| 13 | NE | 14 | 14,6 | 1020,4 | 5,8 |
| 14 | NE | 12 | 16,6 | 1017,8 | 5,0 |
| 15 | NE | 19 | 15,9 | 1019,5 | 3,5 |
| 16 | NE | 11 | 16,9 | 1016,1 | 3,6 |



5.4.3 Muestreo regular

5.4.3.1 Análisis horizontal de las variables oceanográficas

Se entrega la distribución horizontal de las variables oceanográficas medidas, *i.e.*, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (expresada como sigma-t), oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a (mg/m^3). Los estratos de profundidad considerados en este análisis fueron: 5, 50, 100 y 200 m de profundidad.

a) Estrato de 5 m de profundidad

Temperatura: La Figura 17 muestra la presencia de aguas más frías en el sector más costero del área de estudio, especialmente al sur de los 36°S . En consecuencia, en la región centro-sur del área de estudio, se reconoce un gradiente térmico latitudinal que separa la región en un sector costero más frío (entre 13 y 15°C) y uno oceánico, a partir de las 50 mn desde la costa, con temperaturas mayores a 15°C .

En la región situada al norte del área de estudio (al norte de los $35^{\circ}20'\text{S}$), se evidencia la penetración de una lengua de aguas más cálidas ($>16,5^{\circ}\text{C}$) que involucra tanto el sector oceánico como el costero. Asimismo, al sur de los 39°S , la isoterma de los 15°C se extiende más allá de las 100 mn, evidenciando un sector de aguas más cálidas en esta región del área de estudio.

Salinidad: La Figura 18 muestra la presencia de dos regiones costeras caracterizadas por fuertes gradientes horizontales de salinidad, producto de aportes de aguas continentales provenientes de los ríos Itata-Bíobío (36° - 37°S) y los ríos Toltén-Valdivia (39° - 40°S).



No obstante, en la región norte y centro norte del área de estudio, aproximadamente entre los 32°40'S y los 36°00'S, se verificó una penetración de aguas más salinas (34,2 psu) tanto en la región oceánica como costera, generando una región homogénea con salinidades más altas que en el resto del área de estudio, donde predominaron aguas con salinidades que fluctúan entre los 33,4 y los 34,0 psu.

Densidad: El campo horizontal superficial de la densidad en el área de estudio (Figura 19), presentó aguas levemente más densas en la región situada al norte de los 37°S, dominada por la isopícnica de 25,2, wn tanto que en la región sur (al sur de los 37°S), dominan aguas con densidades menores a los 25,0, con un núcleo bien diferenciado de baja densidad superficial asociado al aporte de agua dulce por los ríos Toltén-Valdivia, alcanzando densidades menores a 24,0.

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto en agua de mar (Figura 20), presentó escasa variabilidad en el estrato superficial, pudiendo establecer que el sector de estudio se encontraba dominado por aguas con isoconcentraciones entre 5,0 y 6,0 ml/l. Debido a esta homogeneidad horizontal, las concentraciones de oxígeno disuelto se representó en unidades no enteras.

b) Estrato de 50 m de profundidad

Temperatura: En la figura 21 se observa una penetración de aguas más cálidas desde el norte, representada por las isotermas de 16 y 15 °C, lengua que abarca toda la extensión longitudinal a la cuadra de Valparaíso, pero que se restringe hacia el sector costero (< 75 mn desde la costa) inmediatamente más hacia el sur. La influencia de estas aguas de mayor temperatura alcanzan hasta los 36°S y, aparentemente, la interacción con aguas más frías presentes en el sector



sur, generan núcleos de aguas más cálidas (14-15°C) que se desplazan hacia el sur.

El sector comprendido entre los 36°40' y los 40°00'S presenta aguas más frías, dominadas por las isothermas de los 12 y 13°C. Cabe destacar que en la región oceánica se aprecia la penetración de aguas más cálidas (>16°C) hacia la costa, generando fuertes gradientes térmicos casi 4 °C en 25 mn.

Salinidad: La distribución horizontal de la salinidad en el estrato de 50 m. (Fig 22), reveló a casi todo el sector costero (<50 mn) con aguas más salinas (>34,0), situación que se verifica hasta las cercanías de Corral, con núcleos de aguas más salinas (>34,3) asociados a punta Nugurne y punta Lavapié. Entre el extremo norte y los 35°S, tanto el sector costero como el oceánico presentaron salinidades mayores que 34,1.

Por el contrario, en el sector sur, y al oeste de las 50 mn desde la costa, se presentaron aguas menos salinas (<34,0), cuya interacción con las aguas cálidas desde el norte genera un importante frente salino con un sentido SE-NW.

Densidad: La distribución horizontal de la densidad a la profundidad de 50 m, mostró dos sectores de aguas menos densas (<25,2), asociados al extremo norte del área de estudio y al sector oceánico correspondiente al sector centro-sur, coincidiendo con la penetración de aguas cálidas al área de estudio (Figura 23).

Por otra parte, las aguas más densas (> 25,5) se detectaron en el sector costero (<50 mn) de la región centro-sur del área de estudio, donde se detectó un foco de aguas más densas (>26,0), inmediatamente al norte de punta Lavapié



Oxígeno disuelto: La distribución de isoconcentraciones de oxígeno disuelto en el estrato de 50 m de profundidad, estuvo caracterizada por la masiva presencia de concentraciones altas (5,0-6,0 ml/l), en gran parte del sector de estudio, principalmente en el sector oceánico (fuera de las 50 mn), hacia el sector costero, y en especial, en la región centro-sur, fueron detectadas concentraciones menores que alcanzan los 4 ml/l frente a la localidad de Talcahuano (Figura 24).

c) Estrato de 100 m de profundidad

Temperatura: A esta profundidad, la distribución de la temperatura se hace relativamente homogénea (Figura 25), con valores que fluctúan entre los 11 y 12 °C. De cualquier modo, es posible detectar aguas relativamente más cálidas hacia el noreste, las que disminuyen su temperatura al ir avanzando hacia el sur.

Salinidad: La Figura 26 presenta la distribución horizontal de la salinidad a los 100 m de profundidad. Esta distribución estuvo caracterizada por variaciones longitudinales más que latitudinales, detectándose en la región costera de toda el área de estudio, salinidades mayores a 34,3 psu, con un núcleo de salinidades máximas (34,6 psu) en la plataforma continental situada al norte de la bahía de Concepción. En la región intermedia (entre las 50 y 125 mn desde la costa), se detectaron varios núcleos de diferente extensión, de aguas más salinas (>34,4 psu), en tanto que, hacia el sector oceánico y hacia el extremo sur, se detectaron las menores salinidades (<34,0 psu).

Densidad: En términos de densidad, el estrato de 100 m de profundidad estuvo caracterizado por la presencia de aguas más livianas (< 25,9) asociadas, por un lado hacia el sector norte de área de estudio (entre los 32°40'S y los 34°S), y por otra parte, hacia el sector suroeste (Figura 27).



En general, el sector oceánico presentó densidades menores que en la región costera, la que presentó valores mayores a 26,3. La presencia de aguas menos densas en el sector norte y suroeste, puede ser explicado en términos de la asociación con la penetración de aguas cálidas al sector de estudio.

Oxígeno disuelto: (Figura 28). Al igual que lo reseñado para la variable densidad, el oxígeno disuelto en agua de mar presentó un evidente gradiente longitudinal, con altos valores hacia el sector oceánico (>75 mn desde la costa) que fluctúan entre los 4,0 y 6,0 ml/l y concentraciones menores (< 2,0 ml/l) entre la costa y las 50 mn, detectándose incluso concentraciones menores a 1 ml/l frente a Talcahuano. Lo anterior genera un fuerte frente costa océano a través de toda el área de estudio con gradientes que pueden alcanzar los 3 ml/l en 25 mn.

d) Estrato de 200 m de profundidad

Temperatura: La distribución de la temperatura en el estrato de 200 m (Figura 29) es relativamente homogénea, con valores levemente mayores (centrada en la isoterma de 11 °C) hacia el sector costero de toda la zona de estudio. En cambio, la región oceánica, tanto del sector norte como del sur, está dominada por la isoterma de 10°C.

Salinidad: Una diferenciación costa-océano similar a la variable temperatura fue detectada para la salinidad en el estrato de 200 m de profundidad, ésto es, aguas menos salinas (centradas en 34,5-34,6 psu) y aguas levemente más saladas hacia el sector costero (< 50 mn desde la costa), con valores centrados en los 34,6-34,7 psu. Cabe destacar que los menores valores de salinidad fueron detectados en el extremo suroeste del área de estudio, con valores menores a 34,2 psu (Figura 30).



Densidad: La distribución de esta variable a 200 m de profundidad fue relativamente homogénea (centrada en la isopícnica de 26,5), no detectándose gradientes latitudinales ni longitudinales de importancia (Figura 31).

Oxígeno disuelto: La distribución horizontal de oxígeno disuelto presentó un importante gradiente de concentraciones en sentido SW-NE, delimitando el área de estudio en dos ambientes claramente diferenciables, por un lado un sector norteeeste que presentó concentraciones muy bajas de oxígeno, típicas de AESS (< 1 ml/l), en tanto que, en el sector sur y suroeste (a partir de los 37° S, fueron detectadas aguas con concentraciones mayores de oxígeno disuelto (2,0-4,0 ml/l), presumiblemente debido a mezcla con aguas de características subantárticas (Figura 32).

e) Distribución horizontal de la clorofila-a superficial

La Figura 33 presenta la distribución superficial de la biomasa fitoplanctónica, estimada como clorofila-a en el área de estudio.

En términos generales, es necesario destacar que los valores de clorofila-a detectados en este estudio son normalmente bajos para el área y período de estudio (período invernal). No obstante, se destaca la presencia de un fuerte gradiente costa-océano en las isoconcentraciones, positivo hacia la costa, esto es, mayores concentraciones de clorofila-a ($>0,6$ $\mu\text{g/l}$) asociadas a una franja costera que no excede las 50 mn desde la costa hacia el sector sureste, se detecta un núcleo de concentraciones superficiales más altas ($>1,2$ $\mu\text{g/l}$) asociado a la desembocadura del río Valdivia.



Por el contrario, el sector norte del área de estudio, caracterizado por la presencia de aguas cálidas y salinas, presentó muy bajas concentraciones de clorofila-a, situación que coincide con la penetración de aguas cálidas (menos productivas) desde el sector suroeste hacia la costa, sector donde es posible destacar valores superficiales no mayores a 0,2 $\mu\text{g/l}$.

5.4.3.2 Análisis distribución vertical de las variables oceanográficas: secciones oceanográficas

Transecta 1 (Figura 34): La transecta 1 estuvo caracterizada por temperaturas superficiales menores a 14° hasta aproximadamente las 25 mn desde la costa. Desde las 50 hasta las 200 mn la temperatura superficial fluctuó entre 15 y 16°C. La termoclina es marcada a través de todo el transecto ubicándose entre los 50 y los 100 m de profundidad. Entre los 100 y los 200 m la columna de agua fue dominada por la isoterma de los 10°C, entre los 200 y 600, la temperatura descende monótonicamente hasta alcanzar temperaturas menores a 6°C.

La salinidad superficial presentó valores inferiores a 33,6 psu desde la costa y hasta las 100 mn. Entre las 100 y las 200 mn se verificó un aumento progresivo en la salinidad alcanzando hasta 34,0 psu. Existe una haloclina claramente diferenciable en las estaciones costeras. Bajo los 250 m la estructura vertical de salinidad es homogénea, con valores centrados en los 34,4 psu

La distribución vertical de densidad presentó una picnoclina entre los 50 y los 100 m de profundidad. A nivel superficial se observó valores de 25,0 u. de sigma-t. A partir de los 200 m la estructura es más bien homogénea, registrándose valores de 27,0 u. de sigma-t a los 500 m.



La distribución de oxígeno presentó un descenso gradual en su concentración en las estaciones costeras, observándose que desde las 75 mn hacia afuera existe una tendencia a que las concentraciones de oxígeno alcancen una mayor profundidad.

A partir de los 400 m existió un aumento de la concentraciones, observándose valores de 5 y 6 ml/l a 500 m de profundidad, valores que son similares a los observados en superficie.

Por último, la distribución vertical de clorofila-a, mostró concentraciones mayores en los niveles más superficiales de las estaciones más costeras, donde alcanzaron 2,1 $\mu\text{g/l}$. Tanto para los sectores más oceánicos como en los estratos más profundos, la concentración de clorofila fue menor de 0,2 $\mu\text{g/l}$.

Transecta 2: (Figura 35) En esta transecta los valores de temperatura superficial fueron mayores a 14 °C, excepto en la estación más costera donde fueron detectadas aguas más frías. La termoclina estuvo asociada a las estaciones más costeras, entre los 20 y los 60 m de profundidad.

La salinidad en superficie disminuyó respecto a la transecta anterior presentando valores de 33,4 psu. No existió una haloclina bien definida, notándose un gradiente extenso de salinidad a partir de los 50 y hasta los 200 m de profundidad, a partir de la cual la estructura de la columna de agua se hace homogénea.

La estructura vertical de densidad fue bastante similar a la transecta anterior, con gradientes verticales importantes hasta los 100 m, profundidad a partir de la cual las variaciones de esta variable son de mucho menor magnitud.



En superficie se observaron valores de 6 ml/l de oxígeno, mientras que la mínima de encontró a los 200 m en las estaciones cercanas a la costa, mientras que a partir de los 400 metros apareció un aumento de las concentraciones hasta 5ml/l a los 500 m.

El máximo de la concentración de clorofila (2 ml/l) se encontró entre los 20 y 30 m de profundidad de las estaciones de 75 y 50 mn de la costa. La concentración mínima fue de 0,8 ml/l y se ubicó bajo los 40 m.

Transecta 3: (Figura 36) Se presentó un ascenso de la isoterma de 14°C desde las 100 mn hacia la costa, presentándose temperaturas superiores a los 15 °C desde los 125 a las 200 mn. La termoclina fue marcada entre los 50 y 100 m de profundidad. La isoterma de los 10°C se presentó a 150m desde las 200 a las 75 mn, para luego profundizarse hasta los 300 al acercarse a la costa.

Existió un decremento superficial de salinidad hacia la costa. La haloclina fue más marcada hacia las estaciones costeras, desapareciendo a partir de las 125 mn de la costa. La estructura vertical de la columna de agua fue homogénea a partir de los 300 m de profundidad. Por otra parte, la distribución de densidad evidenció la misma tendencia de las anteriores, observándose un ascenso de las isopicnas a medida que se acerca a la costa. Bajo los 150 m la columna de agua presentó una estructura de densidad más homogénea.

La distribución vertical de oxígeno presentó valores superficiales centrados en los de 6 ml/l, detectándose valores menores a 1 ml/l a los 200 m entre las 75 y las 160 mn desde la costa. El aumento de las concentraciones de oxígeno disuelto a partir de los 300 m de profundidad indica la presencia de Aguas Intermedias Antárticas (AIA).



La concentración máxima de clorofila fue detectada a nivel superficial en la de 50 mn de la costa, observándose un descenso gradual hasta 0,6 $\mu\text{g/l}$ a 60 m. En las estaciones más oceánicas (125 a 200 mn) existió una baja concentración de clorofila en superficie ($<1 \mu\text{g/l}$), la cual se presentó hasta los 40 m, alcanzando concentraciones de 0,6 $\mu\text{g/l}$ a los 80 m de profundidad.

Transecta 4: (Figura 37) En esta transecta, la isoterma de 15°C se presenta desde las 50 mn, a diferencia de las anteriores en que era marcadamente más oceánica. Asimismo, la termoclina fue más marcada en las estaciones más oceánicas. Por otra parte, la estructura vertical de la salinidad para esta transecta fue similar a las tres transectas anteriores, presentando una haloclina claramente diferenciable y salinidades superficiales de 33,6 psu

La distribución vertical de la concentración de oxígeno presentó valores similares a los descritos anteriormente, con una mínima de 1 m/l de oxígeno asociado al sector costero y un aumento a partir de los 350 m.

En términos de la concentración de clorofila-a, se presentaron valores bajos a excepción de las estaciones más cercanas a la costa, donde se encontró un máximo de 1,4 $\mu\text{g/l}$ en superficie.

Transecta 5: (Figura 38) En esta transecta se destaca el acercamiento hacia la costa de la isoterma de 15°C , presentándose a partir de las 25 mn. En las estación más costera, se presentaron aguas levemente más frías. Los gradientes verticales de temperatura fueron más acentuados a partir de las 50 mn y en un estrato que comprendió los 50 y 100 m de profundidad. La temperatura muestra un descenso relativamente homogéneo a partir de los 150 m entre los 10 y 6°C .



A diferencia de las transectas anteriores no se observó un gradiente vertical de salinidad, fluctuando entre los 33,8 psu en superficie y los 34,4 psu en los 380 m de profundidad. Por otra parte, la densidad presentó un incremento en las estaciones más cercanas a la costa, manteniendo un patrón de distribución similar al de las transectas anteriores.

La estructura vertical de oxígeno presentó un gradiente de distribución homogéneo hasta los 300 m, profundidad a la cual se alcanza valores menores que 1 ml/l, iniciando un aumento en su concentración hasta los 600 m donde se observaron valores cercanos a 5 ml/l.

Respecto de la biomasa fitoplanctónica, la concentración de clorofila-a en esta transecta tuvo un patrón de distribución similar a las transectas precitadas, con una concentración mayor hacia el sector superficial costero.

Transecta 6: (Figura 39) La distribución de la temperatura presentó valores superficiales homogéneos a través de la transecta. La termoclina se observó en todas las estaciones a una profundidad entre 50 y 75 m. Al igual que en transectas anteriores existe una profundización de las isotermas menores a 12°C hacia el sector costero. En forma similar a la transecta 5, no se presentó haloclina, sin embargo se apreció un gradiente superficial con un incremento de la salinidad hacia la costa.

La densidad en el estrato superficial mantuvo valores centrados en 25,0 u. de sigma-t, entre las 100 y las 50 mn desde la costa, mientras que a medida que se acerca a la costa se destaca la presencia de aguas más densas. La picnoclina se presentó entre los 50 y los 120 m y a partir de los 200 m y hasta el fondo la columna de agua fue homogénea.



Se observó la tendencia registrada anteriormente, coincidiendo con una concentración máxima de 6 ml/l de oxígeno en superficie, y una menor a 2 ml/l aproximadamente a los 250 m. La distribución de clorofila-a fue baja y de distribución homogéneamente baja, no superando los 0,9 $\mu\text{g/l}$ en el estrato superficial de la columna de agua.

Transecta 7: (Figura 40) En esta transecta, la isoterma de 16°C se asocia al sector más costero, presentándose a partir de las 75 mn. En la franja costera la temperatura fluctuó entre los 15 y los 14 °C. Se observó una termoclina marcada en toda la transecta a una profundidad entre 50 y 100 m. En profundidad, se advierte un descenso monótonico de la temperatura entre los 10 y 6 °C, a partir de los 150 m y hacia la máxima profundidad de muestreo.

Esta transecta presentó una estructura vertical de salinidad y densidad similar a las descritas anteriormente, en tanto que la distribución vertical de oxígeno presentó un patrón similar al reseñado en transectas anteriores con valores mínimos centrados en los 200 m y un aumento progresivo con la profundidad.

En esta transecta nuevamente se registran los valores más altos de clorofila-a asociados a los estratos superficiales de las estaciones más costeras (1,6 $\mu\text{g/l}$).

Transecta 8: (Figura 41). La termoclina se observó en todas las estaciones de la transecta, a una profundidad entre 50 y 75 m. Las aguas superficiales presentaron temperaturas mayores a los 15 °C, observándose un descenso de las isotermas entre las 25 y las 50 mn de la costa, lo que evidencia un núcleo de aguas más cálidas.



También se detectó un núcleo más salino entre las 25 y 50 mn y entre los 150 y 350 m de profundidad. No se observó haloclina marcada, pero existió un leve y extenso gradiente vertical (entre los 50 y 200 m) en las estaciones más oceánicas.

La variable densidad presentó similar patrón de distribución vertical que las transectas anteriores. Por otra parte, la distribución vertical de oxígeno disuelto, presentó un núcleo de bajas concentraciones centrado a los 200 m y que abarca prácticamente toda la transecta. Se repite el patrón de distribución en profundidad con concentraciones de 5 ml/l a 500 m de profundidad.

La distribución de clorofila-a es similar a las reseñadas en las transectas anteriores, ésto es, la presencia de concentraciones máximas ($>2,0 \mu\text{g/l}$) en el estrato más superficial y mínimas ($0,8 \mu\text{g/l}$) bajo los 40 m, destacando los valores más altos en las estaciones más costeras.

Transecta 9: (Figura 42). Se observan temperaturas superficiales superiores a 15°C . La termoclina se presenta bien definida en las estaciones más oceánicas. Tanto en las 100 mn como en las estaciones más costeras se presenta una profundización de las isotermas entre 10 y 6°C .

El núcleo salino registrado en la transecta anterior se hizo menos evidente, observándose hasta las 25 mn. Desde este punto y hasta las 200 mn la estructura vertical de salinidad es homogénea, con valores que varían entre 34,0 y 34,4 psu. La densidad superficial presentó un ascenso de la isopicna de 25 u. de sigma-t a partir de las 150 mn hacia la costa.

La distribución de oxígeno en esta transecta evidencia la presencia de un núcleo de baja concentración centrado a 100 mn de la costa entre los 150 y los 350 m, donde



se registró valores menores a 1 ml/l. Por otra parte, se presentaron concentraciones mayores de clorofila-a en el estrato superior a 40 m, desde las 100 mn hacia la costa, y valores inferiores a 0,5 $\mu\text{g/l}$ para los estratos más profundos y los sectores más oceánicos.

Transecta 11: (Figura 43). Se presenta una termoclina marcada a través de toda la transecta, entre los 50 y 100 m de profundidad. Por sobre la termoclina se observan temperaturas superiores a 15°C, mientras que bajo los 200 m la estructura térmica vertical de la columna de agua presenta un descenso homogéneo.

La distribución vertical de densidad registró un ascenso de la isopicna de 25,0 u. de sigma-t a las 150 mn de la costa, con un aumento de los valores de densidad desde ahí hacia la costa. No se observa una pycnoclina evidente.

La concentración de oxígeno presenta un descenso monotónico hasta los 200 m, donde presenta las mínimas concentraciones (<1ml/l). Se verificó la tendencia general de aumento de la concentración de oxígeno a partir de los 400 m.

En cuanto a la distribución de clorofila-a, se detectaron dos núcleos de concentraciones altas, ambos en superficie. El más importante se encuentra entre los 150 y 75 mn (1,9 $\mu\text{g/l}$) y el otro se centra en las 25 mn (1,5 $\mu\text{g/l}$), correspondiendo en ambos casos al estrato superior a los 40 m. Bajo este nivel la concentración es inferior a 0,5 $\mu\text{g/l}$.

Transecta 12: (Figura 44). Se observa un ascenso de la isoterma de 14°C hacia la estación más costera, mientras que en las estaciones más oceánicas se presentan temperaturas superiores a 15°C. Sólo se observa una termoclina marcada entre las



75 y 100 mn. Al igual que en transectas anteriores se apreció un descenso de las isotermas inferiores a 11°C a medida que se acercan a la costa.

Se verificó la existencia de un gradiente costa océano, con valores de salinidad aumentando hacia la costa. A las 50 mn y a una profundidad de 200 m se registró un núcleo de altas salinidades ($> 34,6$ psu) observado en transectas anteriores y correspondiente a Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS).

La columna de agua es altamente homogénea en términos de densidad, proyectándose la isopicna de 26 u. de sigma-t en el estrato de los 100 m y la de 27 u. sigma-t bajo los 500 m.

La concentración de oxígeno presentó una mínima de 1 ml/l asociado a los 200 m de las estaciones ubicadas a 75 y 50 mn de la costa. En general, la distribución respeta la tendencia marcada por transectas anteriores.

La concentración de clorofila se presenta nuevamente referida a las estaciones más costeras y en sus estratos superficiales. Se observa una máxima de 1,8 $\mu\text{g/l}$ y una mínima de 0,8 $\mu\text{g/l}$.

Transecta 13: (Figura 45). Como se enunció para las transectas anteriores, la temperatura superficial se caracterizó por valores alrededor de los 15°C, con un descenso de la temperatura hacia las estaciones más costeras. Existió un brusco descenso de la isoterma de 11°C, la cual se presenta a 100 m de profundidad a las 200 mn, y aproximadamente a 250 en las 25 mn. Bajo los 150 m de profundidad existió una profundización gradual de las isotermas bajo los 10°C.



La figura reveló un ascenso de la isohalina de los 34,1 psu a nivel de las 100 mn. Entre los 160 mn y los 100 mn se presentó un núcleo de mayor salinidad (34,5 psu). Por otra parte, se presentó un gradiente de concentración de oxígeno en las estaciones costeras, donde la mínima se presentó a 150 m, en tanto que en las estaciones más oceánicas se verificó un núcleo situado entre los 200 y 400 m caracterizado por concentraciones entre 1 y 2 ml/l .

Esta transecta presenta una distribución vertical de concentración de clorofila con valores inferiores a 0,9 $\mu\text{g/l}$ en prácticamente toda la columna de agua.

Transecta 14: (Figura 46). Se verificó la presencia de la isoterma de 15°C en todas las estaciones muestreadas a 40 m de profundidad. La termoclina no presentó una estructura definida. Además se repitió la profundización de las isotermas bajo los 11°C a medida que se acercan a la costa.

Tanto la salinidad como la densidad y la variable oxígeno disuelto, presentaron distribuciones verticales similares a las registradas en transectas anteriores.

La distribución vertical de la concentración de clorofila presentó valores mayores en los primeros 30 m (1,2 $\mu\text{g/l}$), bajo la cual, la concentración no superó los 0,5 $\mu\text{g/l}$.

Transecta 15: (Figura 47). Se observó una temperatura superficial de 16°C en las 50 mn. La isoterma de 15°C se presentó a 40 m de profundidad a lo largo del transecto. A diferencia de la transecta anterior existió un descenso homogéneo de la temperatura a través de la columna de agua.

La distribución vertical de oxígeno disuelto y clorofila-a, presentaron condiciones similares a las observadas para la transecta anteriormente descrita.



Transecta 16: (Figura 48). La Figura correspondiente reveló la presencia de aguas superficiales con temperaturas superiores a 16°C entre las 50 y 75 mn. La termoclina fue evidente entre los 50 y 100 m de profundidad. La distribución de isotermas en el resto de la columna de agua es relativamente homogénea, aunque se presenta una tendencia a profundizarse a medida que se acercan a la costa.

La estructura vertical de salinidad careció de gradientes importantes, presentándose valores entre 34,1 y 34,5 psu.

La estructura vertical de densidad mantiene en esta transecta la tendencia a la homogeneización que se advirtió para la transecta anterior, en términos de ausencia de clinas y predominio de la isopícnica de 26 u. sigma-t a los 100 m y de la de 27 u. de sigma-t bajo los 500 m.

Transecta 17: (Figura 49). Se advirtió una temperatura superficial homogénea a través de la transecta, con valores superiores a 15°C. La termoclina fue evidente entre las 130 y 75 mn a una profundidad entre 50 y 100 metros.

En la distribución vertical de salinidad se observó una columna de agua homogénea, especialmente desde los 200 m de profundidad. Se distinguió un sector costero asociado a valores mayores salinidad entre los 150 y los 400 m, el cual es coincidente con lo observado en transectas anteriores.

La estructura vertical de densidad fue relativamente homogénea, presentándose las características descritas para la transecta anterior.

En la distribución vertical de oxígeno, destaca un gran núcleo de baja concentración asociado a las estaciones más costeras, a una profundidad de 200 y 400 m.



Transecta 18: (Figura 50). En esta transecta se mantuvo el dominio de aguas superficiales sobre los 15°C. Se evidenció la presencia de una termoclina bien definida entre las 50 y las 100 mn. La estructura vertical de la temperatura presentó un gradiente más marcado en las estaciones más costeras, mostrando una profundización de las isotermas entre los 11 y los 6 °C.

Se presentó un gradiente de salinidad, en el que evidenció aumento en los valores de salinidad hacia las estaciones más costeras.

En esta transecta, se observa la aparición nuevamente de la isopicna de 25 u. sigma-t a nivel superficial, desde las 100 y hasta las 50 mn. Sin embargo, la isopicna de 26 u. sigma-t se presenta todavía a 100 m de profundidad.

Transecta 19: (Figura 51). Esta transecta presentó una estructura vertical de temperatura similar a la transecta anterior, tanto en la distribución superficial como en la profundización de las isotermas en las estaciones más costeras. La termoclina se presentó bien marcada desde las 25 y hasta las 200 mn.

La estructura vertical de salinidad es bastante homogénea en toda la columna de agua. Se observó también el aumento de salinidad en el sector costero bajo los 150 m.

La estructura de densidad mostró ausencia de termoclinas y una homogeneidad en aumento en profundidad. La isopicna de 25 u. de sigma-t observada en la transecta anterior desaparece, presentándose la distribución vertical observada anteriormente.

La distribución de oxígeno presenta valores superficiales de 6 ml/l hasta los 50 m, a partir de los cuales se presenta un drástico descenso hasta los 150 m donde está la



mínima de 1ml/l la cual se proyecta hasta cerca de los 400 m, desde los cuales existe un aumento en profundidad hasta los 5 ml/l a 500m.

La distribución de la concentración de la clorofila es similar a la observada en la transecta anterior, con valores mayores (1,4 µg/l) asociados a las estaciones más costeras.

Transecta 20 (Figura 52) Se advirtió una aproximación más costera de la isoterma de los 16°C, lo cual condiciona temperaturas más altas en toda la transecta. La termoclina fue bastante marcada a lo largo de la transecta. Se verificó la profundización costera de las isotermas bajo los 12°C, al igual que en transectas anteriores.

La distribución vertical de salinidad presenta condiciones similares a las transectas anteriores. La estructura vertical de densidad mostró una alta homogeneidad, ajustándose al patrón de distribución anteriormente descrito.

Tanto el oxígeno disuelto como la clorofila-a, presentaron una distribución vertical similar a las ya descritas en las transectas anteriores.

Transecta 21: (Figura 53). Se repitió la presencia de la isoterma de 16 °C en las estaciones más cercanas a la costa, presentándose a una profundidad de 50 m. La termoclina se advierte en toda la transecta, a una profundidad de 50 y 100 m. La estructura bajo la termoclina es similar a transectas anteriores.

La salinidad superficial se presentó sin gradientes importantes, con valores de 34,1 psu. El estrato entre los 150 y los 400 m fue dominado por la isohalina de 34,5 psu. A nivel de los 500 m la isohalina de 34,3 psu fue la más relevante.



Transecta 22: (Figura 54). La estructura de la columna de agua es similar a las transectas anteriores con temperatura superficiales mayores a 16 °C y una termoclina marcada.

La estructura vertical de salinidad se presentó altamente homogénea, con valores más altos de salinidad en el estrato comprendido entre los 150 y los 400 m.

La estructura vertical de densidad no presenta diferencias de las descritas anteriormente.

La transecta muestra una distribución de oxígeno que destaca una máximo sobre los 7 ml/l a los 50 mn , hasta los 50 m. La concentración de 6 ml/l se establece a los 100 m de profundidad. La distribución en profundidad es similar a la destacada en las transectas anteriores.

Transecta 23: (Figura 55). Esta transecta correspondió a un muestreo oceánico , en el cual se evidenció temperaturas superficiales superiores a 16°C hasta una profundidad de 50 m. La termoclina fue bien marcada y abarcó desde los 50 a los 100 m. Bajo la termoclina se observó un descenso homogéneo de la temperatura hasta los 500 metros.

En cuanto a la distribución de salinidad, se distingue una columna altamente homogénea , con un valor máximo de salinidad de 34,3 psu entre los 200 y los 500 m y un valor en el estrato superior de 34,1 psu.

No hubo variación del patrón de distribución vertical descrito para las transectas anteriores.



En esta transecta más oceánica, existe un descenso estratificado de la concentración de oxígeno en profundidad, hasta los 200 m donde se encuentra la mínima de 2 ml/l, que llega hasta los 300 m. Bajo éstos, se confirma el aumento de la concentración de oxígeno hasta los 500 m donde se registraron 5 ml/l.

La distribución de clorofila muestra que hasta los 40 m domina la isolínea de 1 µg/l, presentando un descenso estratificado hasta los 0,6 µg/l a los 70 m.

5.4.3.3 Analisis de perfiles verticales promedio

Las Figuras 56, 57, 58 Y 59 presentan los perfiles verticales promedio para todas las variables oceanográficas medidas en este estudio. Con el fin de establecer diferencias latitudinales (norte-sur) y longitudinales (este-oeste), estos promedios fueron calculados en los siguientes sectores del área de estudio: noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste.

Del análisis se destaca una mayor capa de mezcla asociada a la región norte del área de estudio, que alcanza aproximadamente los 60-70m de profundidad. En el sector centro-sur la capa de mezcla es menor (ca., 40 m). En general, los valores superficiales de la temperatura revelan la penetración de aguas cálidas por el sector norte (16 °C) y por el sector suroeste (verificándose gradientes verticales mayores); en tanto que en el resto de los subsectores, las temperaturas superficiales se centran en los 15°C.

Como se observa en la Figura 56, la profundidad base de la termoclina se sitúa en promedio alrededor de los 100 m de profundidad.



Respecto de los perfiles de densidad (Figura 57), se ratifica la presencia de una capa de mezcla más extensa en las estaciones del sector norte, haciéndose casi imperceptible en el sector sureste del área de estudio. Especialmente en el sector centro-este, se verifica el efecto del aporte de aguas continentales en la distribución vertical, mostrando valores promedio de 23,0 en los estratos más superficiales.

Por el contrario, la distribución vertical de clorofila-a (Figura 59) reflejó menores valores en las estaciones situadas en el sector norte del área de estudio, en tanto que concentraciones promedio mayores a 1 $\mu\text{g/l}$, fueron detectadas en la subsuperficie (aproximadamente a 20 m de profundidad).

Por otra parte, las Figuras 60 a la 65 muestran la distribución vertical de las variables medidas respecto de perfiles individuales (por estación). Debido a la gran cantidad de estaciones de muestreo, los perfiles individuales se grafican para las estaciones dispuestas en la transecta 1 (sector sur), en la transecta 11 (sector centro) y en la transecta 21 (sector norte).

El análisis de estas figuras reafirman lo presentado para los perfiles verticales promedio, ésto es, una capa de mezcla que varió entre los 40 y 70 m de profundidad, y una profundidad base de la termoclina que fue mayor en el sector noreste y noroeste. Asimismo, la Figura 65 indica la presencia de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) caracterizada por concentraciones de oxígeno disuelto menores a 1 ml/l centradas en los 200 m de profundidad, para ir incrementando hacia profundidades mayores hasta alcanzar valores de 3-4 ml/l (Aguas Intermedias Antárticas, AIA).



5.4.3.4 Profundidad base de la termoclina y profundidad de la capa de mezcla.

Las Figuras 66 y 67 presentan la distribución horizontal de la profundidad de base de la termoclina y de la profundidad de la capa de mezcla en el área de estudio.

En general, existe un gradiente longitudinal, positivo hacia el océano, en la distribución horizontal de la profundidad base de la termoclina, ésto es, profundidades menores en el sector más costero del área de estudio (<50 mn), caracterizadas por valores de 50-60 m, y mayores profundidades base de la termoclina en el sector más oceánico del área de estudio, fluctuando entre los 80 y 120 m de profundidad.

Cabe destacar que en el sector intermedio de la región norte y centro-norte, se sitúan las profundidades mayores de la termoclina, coincidiendo con la penetración hacia el sur de aguas cálidas y salinas. Una situación similar, aunque no tan evidente ocurre en el sector suroeste del área de estudio, con valores superiores a 100 m de profundidad asociados a la penetración de aguas cálidas desde el suroeste.

Una tendencia similar a la descrita para la profundidad base de la termoclina, puede reseñarse para la profundidad de la capa de mezcla, evidenciando un claro gradiente costa-océano, positivo hacia el océano, con menores profundidades en el sector costero (entre 20-30 m) y mayores en el oceánico (> 50 m). Cabe destacar que la penetración de aguas cálidas también conlleva las mayores profundidades de la capa de mezcla, alcanzando valores puntuales de 70-80 m.



5.4.3.5 Analisis comparativo de la hidrografía con cruceros anteriores

Con el objeto de establecer variaciones temporales existentes entre años, durante el periodo invernal en el área de estudio, la hidrografía se comparó con los resultados generales registrados en los cruceros de otoño-invierno de los años 1992, 1993 y 1994.

La distribución horizontal superficial de las variables oceanográficas medidas, reveló una temperatura y salinidad superficial sensiblemente mayor, al ser comparada con el resto de los cruceros. Las temperaturas superficiales del mar que más se asemejan a las reportadas en este trabajo, corresponden al otoño de 1992 (mayo), periodo en que también se detectó la penetración de una lengua de aguas más cálidas (16°C) por el sector norte del área de estudio. El resto de los cruceros (años 1993 y 1994), presentó temperaturas menores en 1,5 a 2,0 °C.

La influencia de este estrato de aguas cálidas y salinas, se verificó sólo hasta profundidades menores a los 100 m, ya que en este estrato la distribución horizontal de la temperatura es similar a los cruceros realizados anteriormente (Serra *et al.*, 1994a, 1994b; Figueroa *et al.*, 1994).

Cabe destacar que en ninguno de los cruceros realizados con anterioridad, fue detectada la penetración oceánica de aguas más cálidas (>16°C), situación que se verificó en este estudio, y cuya influencia sobrepasa los 50 m de profundidad.

Respecto de la variable salinidad, la distribución horizontal descrita en este trabajo coincide con lo reseñado para cruceros anteriores, en términos de la detección de gradientes costeros producto del aporte de aguas continentales principalmente de los ríos Maule, Itata-BíoBío y Valdivia. En este crucero, se nota una mayor



prolongación hacia el sur (hasta los 37°S) de aguas con salinidades mayores a 34,2, isohalina que en cruceros anteriores sólo estuvo restringida en el extremo norte del área de prospección.

A la profundidad de 100 m, la distribución horizontal de la salinidad presentó una distribución con valores mayores asociados a una estrecha franja costera, lo que indica el flujo de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales hacia el sur en un flujo muy angosto, situación reportada por Figueroa *et al.* (1994), pero no por Serra *et al.* (1994). Esto es consistente con la distribución profunda (a 100 m) de las isoconcentraciones de oxígeno, que también tipifican el flujo costero hacia el sur de las AESS, con isoconcentraciones menores a 1 ml/l.

A la profundidad de 200 m, las distribuciones de temperatura, salinidad y de oxígeno disuelto son consistentes con las detectadas en años anteriores, con excepción de la distribución de oxígeno disuelto, ya que a partir de los 37°S y hacia el sur se registran valores mayores de oxígeno (2-3 ml/l), frente longitudinal que es explicado por la interacción entre las ASAA que penetran en las AESS, al noroeste del golfo de Arauco. Esta situación no es nueva, y si bien no fue descrita para los cruceros de 1992 y 1993, Figueroa *et al.* (1994) sostienen similar distribución, en relación a las proporciones de las masas de agua a esta profundidad.

Asimismo, la distribución general de las variables oceanográficas medidas, sobre todo en los estratos de 100 y 200 m, hace inferir que la circulación general se compone de un flujo costero (hacia el sur), correspondiente a las AESS, desde el extremo norte del área de estudio hasta las cercanías de isla Mocha (38°S), caracterizado por valores de salinidad iguales o mayores a 34,6, bajas concentraciones de oxígeno disuelto (<1 ml/l), y densidades fluctuando entre los 24,4 y 24,7. Esta masa de agua fluyendo hacia el sur, genera un importante frente



salino (de sentido noroeste). Este patrón de circulación general fue ya descrito muy similarmente por Figueroa *et al.* (1994) para el invierno de 1994 en similar región de estudio, quienes explican la distribución de las AESS en el sentido de que, al alcanzar el cañón del río BíoBío, estas aguas se hunden, siguiendo la isóbata del cañón hacia el océano abierto, siendo consistente con el teorema de conservación de la vorticidad potencial, una situación sugerida con anterioridad por Arcos (1987).

En general, los valores de clorofila-a detectados en este estudio son consistentes con lo que indica la bibliografía, esto es valores bajos, generalmente centrados entre los 0,5 y los 6 ug/l (Bahamonde *et al.*, 1979; Osses & Blanco, 1991; Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994).

Los resultados reportados en este informe indican: a) valores menores a los reseñados para el crucero invernal de 1994 (0,5-4,5 ug/l, Figueroa *et al.*, 1994), pero similares a los bajos valores detectados para los inviernos de los años 1992 y 1993 (Osses & Blanco, 1991; Serra *et al.*, 1994) y b) mayores concentraciones asociadas a gradientes fuertes de densidad producto de aportes fluviales de importancia.

5.4.3.6 Estabilidad en la columna de agua

En relación a la profundidad máxima de muestreo (600 db), la estabilidad de la columna de agua se calculó según la expresión:

$$E = -1/\rho \partial\sigma/\partial z$$

Los perfiles de estabilidad, al igual que lo reseñado para la distribución de las variables medidas por estación de muestreo, comprenden el análisis de las



estaciones dispuestas en las transectas 1 (sector sur), transecta 11 (sector centro) y transecta 21 (sector norte).

El análisis general de estos perfiles reveló un gradiente latitudinal en los valores de estabilidad de la columna de agua, positivo hacia el sur. Así, en las estaciones oceanográficas del sector sur (ejemplificadas por la transecta 1, Figura 68), se presentaron los mayores valores de estabilidad, con máximos de $8 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. En este sector también fue detectado un gradiente longitudinal (costa-océano), mostrando valores mayores en la región costera ($6-8 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$), asociados al estrato comprendido entre los 40-50 m de profundidad y, valores de estabilidad menores $3-4$ en las estaciones más oceánicas ($3-4 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$), los que estuvieron asociados a profundidades mayores (60-80 m).

En la región central del área de estudio (ejemplificada en la transecta 11, Figura 69), los máximos valores de estabilidad fueron menores, fluctuando entre los 2 y $5 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$, aunque se detectó similar diferenciación costa-océano que lo reseñado para el sector sur, ésto es, menores valores de estabilidad en la columna de agua asociados al sector costero (entre los 40-50 m de profundidad) y, mayores valores hacia el sector oceánico, asociado a mayores profundidades (70-80 m).

Por último, el sector norte del área de estudio (e.g., Figura 70), mostró los menores valores de estabilidad, ésto es, menores a $1,0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$, entre los 60 y 80 m de profundidad.

A diferencia de lo reseñado para el sector norte del área de estudio, el rango de valores máximos de estabilidad y su posición en la columna de agua, coinciden con lo reportado para cruceros anteriores que han analizado la oceanografía invernal del



área de estudio en cruceros de evaluación hidroacústica de jurel (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994).

Al igual que para el crucero de 1994 (Figueroa *et al.*, 1994), los gradientes verticales relativamente importantes de densidad (estabilidades mayores $0,2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$), tienden a desaparecer bajo los 250 m de profundidad, profundidad a la cual la columna de agua tiende a ser más homogénea. Asimismo, en algunas estaciones de muestreo se apreció un doble máximo de estabilidad, fundamentalmente debido al aporte continental en estaciones más costeras.

5.4.3.7 Diagramas T-S

Los diagramas T-S fueron realizados agrupando las transectas en seis sectores, y se graficó todas las estaciones correspondientes a un determinado sector en un sólo gráfico (Figura 71).

En la descripción de las masas de agua que se presentan frente a la costa de Chile, históricamente se han caracterizado en los primeros 1.000 metros de profundidad:

Aguas Subantárticas (ASAA):

Masa de aguas cuyo origen corresponde a la zona de Convergencia Antártica, desde la cual se proyecta dirigiéndose al norte bordeando la costa chilena asociada a la Corriente de Perú. Su núcleo es superficial, caracterizado por salinidades entre 34,2 y 34,8 psu y temperaturas entre 11° y 19° C , de acuerdo a la estación del año y la variación de latitud.

Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS):



Es una corriente subsuperficial que fluye bajo la Corriente de Perú con dirección al sur. Se ubica entre los 100 y 380 metros de profundidad frente a la costa central de Chile. Su origen está en el norte, cerca de los 15°, y se asocia con un bajo contenido de oxígeno. Se caracteriza por presentar un máximo de 34,8 psu y una temperatura que varía entre 15° y 8°C.

Aguas Intermedias Antárticas (AIA):

Presentan una trayectoria hacia el norte y se les ubica entre los 600 y los 1.000 m de profundidad. Su origen corresponde también a la Convergencia Antártica. Se caracterizan por presentar salinidad entre 34,2 y 34,4 psu y temperaturas entre 8° y 5°C.

Aguas Profundas del Pacífico (APP)

Se encuentran a una profundidad superior a los 1.000 metros y se caracterizan por presentar salinidades mayores a 34,5 y temperatura menores a 4°C.

De acuerdo a las profundidades máximas de muestreo, aproximadamente 600 metros, es posible inferir la presencia de Aguas Subantárticas, Aguas Ecuatoriales Subsúperficiales y Agua Intermedia Antártica. Así, los índices termosalinos encontrados para estas masas de agua fueron:

- a) para las ASAA el rango de temperatura fue de 16,8° y 10,0°C, mientras que la salinidad varió entre 33,7 y 34,5 psu, los que se encuentran en la superficie isopícnas entre 25,75 y 26,20.



- b) para el AESS el rango de temperatura fue $8,5^{\circ}$ y 12°C , mientras que la salinidad varió entre 34,15 y 34,78 psu, los que se encuentran en las superficies de las isopicnas comprendidas entre los 26,25 y 26,65.
- c) para el AIA el rango de temperatura fue de 5° y $5,3^{\circ}\text{C}$, mientras que la salinidad varió entre 34,25 y 34,35 psu, los que se encuentran en las superficies isopicnas entre 26,85 y 27,20.

Para cada uno de los sectores considerados, se determinaron los siguientes índices termosalinos:

- a) Sector noreste: Las temperaturas superficiales alcanzan $11,5^{\circ}$ y $16,8^{\circ}\text{C}$. El AESS presenta un rango de salinidad de 34,45 y 34,78 psu y una variación de temperatura entre $10,5^{\circ}$ y 11°C , .
- b) Sector Noroeste: Este sector presenta los índices termosalinos más identificables. Las temperaturas superficiales observadas varían entre $12,2^{\circ}$ y $16,2^{\circ}\text{C}$, mientras que AESS presenta un rango de salinidad de 34,45 y 34,75 psu y una variación de temperatura entre 10° y 13°C ,
- c) Sector Centro-este: Las temperaturas superficiales alcanzan 10° y $15,8^{\circ}\text{C}$, los índices salinos, sin embargo, son menos claros para su identificación. El ASEE presenta un variación de salinidad de 34,35 y 34,7 psu , mientras que la temperatura presenta sus límites entre $9,5^{\circ}$ y $11,5^{\circ}\text{C}$,
- d) Sector Centro-oeste: Las temperaturas superficiales alcanzan $10,2^{\circ}$ y $16,5^{\circ}\text{C}$. El ASEE presenta un rango de salinidad de 34,3 y 34,65 psu y una variación de temperatura entre $9,0^{\circ}$ y 12°C ,



- e) Sector Sureste: Las temperaturas superficiales alcanzan 9,6° y 15,9°C. Los índices salinos presentan una mayor variabilidad debido al aporte de aguas continentales que llegan a este sector. El ASEE presenta un rango de salinidad de 34,30 y 34,65 psu y una variación de temperatura entre 9,6° y 11,0°C,
- f) Sector Suroeste: Las temperaturas superficiales alcanzan 9,5° y 16,2°C. El ASEE presenta un rango de salinidad de 34,45 y 34,78 psu y una variación de temperatura entre 10,5° y 11°C.

Aunque no se indican los índices termosalinos para los cruceros de mayo de 1992 y de junio de 1993, para el crucero de 1994 (julio-agosto), Figueroa *et al.*, (1994) reporta índices relativamente similares para el área de estudio, no obstante se detectan diferencias en los índices de temperatura y salinidad para el sector norte del área de estudio, probablemente debido a la intrusión de aguas cálidas y más saladas por la región norte y por el sector centro y suroeste.

5.4.3.8 Anomalía geopotencial

La anomalía geopotencial fue calculada a través de la fórmula clásica:

$$\Delta\phi = \sum_i \delta_i (\Delta p)_i$$

donde δ es la anomalía del volumen específico, p es la presión. Para el cálculo de la anomalía geopotencial, en este estudio se utilizó los 600 dB como profundidad de referencia, sumando sobre cada estrato superficial desde este nivel a la superficie (tomado como 10 dB).

En la Figura 72 se presenta la distribución horizontal de las anomalías geopotenciales calculadas para cada una de las estaciones oceanográficas que



poseen una profundidad máxima de muestreo igual o mayor a los 600 dB. La topografía dinámica referida al estrato de 10 dB muestra una distribución de las anomalías geopotenciales que fluctúa entre los 9,2 y 8,0 m²/s².

La misma figura revela un gradiente longitudinal importante en la anomalía geopotencial, que se verifica en casi toda la extensión del área de estudio, con valores mayores asociados a la franja costera (<75 mn), fluctuando entre los 9,0 y 9,0 m²/s² y, un sector oceánico asociado a anomalías geopotenciales de 8,4 a 8,8 m²/s².

Cabe destacar que en la región costera del extremo sur del área de estudio, fueron detectadas las anomalías geopotenciales más bajas (centradas en 8,0-8,2 m²/s²).

El rango de valores descritos en este trabajo son consistentes y coincidentes con lo detectado en cruceros anteriores para el período otoño-invierno (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994).

5.4.3.9 Inversiones térmicas

En general, el área de estudio no presentó inversiones térmicas importantes, como las detectadas en algunos cruceros anteriores, para similar área de estudio (0,5-0,7 °C, Serra *et al.*, 1994; 1,0 °C, Figueroa *et al.*, 1994), ya que las máximas inversiones verticales de la temperatura detectadas en este crucero no sobrepasaron los 0,1 °C. No obstante estas inversiones son extremadamente bajas, se ha graficado su distribución horizontal en el área de estudio, la cual se presenta en la Figura 73.



Esta figura revela que las pocas inversiones detectadas, se han distribuido tanto en la zona norte como en la región centro-sur, fluctuando entre los 104 y los 157 m de profundidad.

La magnitud y el número de inversiones térmicas detectadas en este crucero, se asemejan más al invierno de los años 1992 y 1993, donde fueron detectados 4 y 3 casos, respectivamente. Un porcentaje mucho mayor fue detectado en el año 1994 con un total de 16 estaciones oceanográficas que presentaron inversiones verticales de la temperatura.

5.4.4 Relación entre el viento y las profundidades de mezcla y de la termoclina

Con la información obtenida en el crucero, se indagó sobre las eventuales relaciones entre la intensidad del viento y la profundidad de la capa de mezcla y la base de la termoclina.

Para ello la información general de vientos (dirección, velocidad), registrada en el B/I "Abate Molina", para cada una de las estaciones oceanográficas, la velocidad del viento se descompuso en su componente paralela a la costa (V_y ; norte-sur) y su componente perpendicular (V_x ; este-oeste). Cabe recordar que, por convención, los ejes x e y son positivos hacia el este y hacia el norte, respectivamente.

Así, la Figura 74 muestra una predominancia de vientos del oeste, con velocidades moderadas entre los 0 y los 10 nudos. Por otra parte, respecto de la componente paralela a la costa, la Figura 75 muestra una predominancia de vientos desde el sur, con velocidades levemente mayores (0-18 nudos) que para el caso de la componente este-oeste.



La falta de una relación significativa entre la componente del viento y la profundidad de la capa de mezcla y la base de la termoclina, detectada en este estudio, coincide con lo reportado por Figueroa *et al.* (1994), situación que puede ser explicada en función del análisis punto a punto realizado con los datos de vientos. Tal como lo sostienen Figueroa *et al.* (1994), en la práctica el análisis de estas asociaciones se realiza con un valor instantáneo de la velocidad del viento y, considerando que las escalas espacio-temporales de variabilidad del viento es menor que la de la capa de mezcla, no debe esperarse correlaciones significativas entre ambas variables.

5.5 Plancton

5.5.1 Composición y abundancia del zooplancton

El análisis de la composición y abundancia del zooplancton colectado con redes de 300 y 500 micras, no reveló grandes diferencias cualitativas ni cuantitativas, al comparar los resultados encontrados en los mismos grupos para cada tipo de red, la diferencia más notoria se produjo en el grupo de los copépodos, detectándose una densidad de un 40 % menos de copépodos en el muestreo con red de 500 μm , con respecto al de 300 micras.

En total se reconocieron 19 grupos zooplanctónicos, tres de los cuales no fueron encontrados en las muestras colectadas con la red de 500 μm , éstos fueron los cladóceros, ctenóforos y pelecypodos, más bien su ausencia está relacionada con el pequeño tamaño exhibido por estos individuos, los que por el mismo motivo, fácilmente traspasan la red por ser de un diámetro mayor al de ellos, principalmente esto ocurre en el caso de los cladóceros y pelecypodos.



La segunda diferencia entre ambos muestreos y que es lógico que se produzca, fue la desigualdad en la abundancia numérica de los grupos, las mayores densidades de organismos se registraron en el muestreo realizado con la red de 300 μm , en donde 12 de los 19 grupos encontrados exhibieron densidades mayores, esta diferencia numérica registrada con la red de 300 μm en muchos de los grupos fue estrecha con respecto a lo registrado con la red de 500 micras (Tabla 34).



Tabla 34. Abundancia zooplantónica de los diferentes grupos analizados con red de 300 y 500 μm .

| Grupos Taxonómicos | RED 300 μm | | | | | RED 500 μm | | | | | Abundancia Total |
|-----------------------------------|-----------------------|-------|-------|---------|---------|-----------------------|-----|-----|---------|--------|---------------------------|
| | Total | Nº | Min | Max | Prom | Total | Nº | Min | Max | Prom | NºIND./1000m ³ |
| ARTROPODOS (Crustáceos) | | | | | | | | | | | |
| Copépodos | 23.838.653 | 138 | 1.029 | 839.414 | 172.744 | 10.206.066 | 137 | 520 | 811.001 | 73.425 | 34.044.719 |
| Eufáusidos | 830.073 | 125 | 64 | 79.224 | 6.641 | 933.175 | 128 | 54 | 118.278 | 6.713 | 1.763.248 |
| Ostrácodos | 609.548 | 135 | 401 | 31.720 | 4.515 | 477.541 | 132 | 16 | 24.800 | 3.436 | 1.087.089 |
| Cladóceros | 12.758 | 9 | 187 | 4.659 | 1.418 | | | | | | 12.758 |
| Lar.Decápodos | 574.403 | 128 | 108 | 56.717 | 4.488 | 580.460 | 130 | 16 | 49.770 | 4.176 | 1.154.863 |
| Anfípodos | 25.598 | 18 | 37 | 15.110 | 1.422 | 12.233 | 31 | 36 | 3.562 | 88 | 37.831 |
| Estomatópodos | 15.362 | 9 | 27 | 4.149 | 1.707 | 7.620 | 6 | 81 | 3.336 | 55 | 22.982 |
| CELENTEREOS | | | | | | | | | | | |
| Medusas | 364.668 | 1.151 | 102 | 50.019 | 3.171 | 386.651 | 114 | 16 | 23.001 | 2.782 | 751.319 |
| Sifonóforos | 239.207 | 66 | 0 | 13.802 | 3.624 | 210.264 | 63 | 60 | 13.047 | 1.513 | 449.471 |
| Ctenóforos | 47.934 | 13 | 101 | 21.810 | 3.687 | | | | | | 47.934 |
| QUETOGNATOS | 2.511.098 | 138 | 538 | 70.950 | 18.196 | 2.260.593 | 138 | 585 | 82.572 | 16.263 | 4.771.691 |
| ANELIDOS | | | | | | | | | | | |
| Poliquetos | 139.857 | 106 | 67 | 8.884 | 1.319 | 113.925 | 100 | 16 | 9.329 | 820 | 253.782 |
| MOLUSCOS | | | | | | | | | | | |
| Pterópodos | 400.626 | 128 | 257 | 26.840 | 3.130 | 288.048 | 127 | 69 | 15.442 | 2.072 | 688.674 |
| Pelecypodos | 453 | 2 | 162 | 291 | 227 | | | | | | 453 |
| CORDADOS | | | | | | | | | | | |
| Salpas | 474.078 | 99 | 0 | 27.394 | 4.789 | 575.373 | 107 | 26 | 32.999 | 4.139 | 1.049.451 |
| Doliólidos | 1.156.248 | 119 | 129 | 131.925 | 9.716 | 64.260 | 116 | 72 | 48.481 | 4.620 | 1.798.408 |
| Apendicularias | 609.549 | 117 | 49 | 71.121 | 5.210 | 374.200 | 88 | 16 | 51.508 | 2.692 | 983.749 |
| Radiolarios | 377.380 | 95 | 216 | 46.359 | 3.972 | 319.327 | 101 | 40 | 21.686 | 2.297 | 696.707 |
| Larva cifonauta | 1651.99 | 97 | 67 | | 1.703 | 60.364 | 62 | 28 | 6.265 | 434 | 225.563 |
| Total | 32.392.690 | | | | | | | | | | 49.840.691 |

La abundancia total del zooplancton de ambos muestreos fue de 49.840.691 individuos/1.000 m³, los grupos más abundantes cuantitativamente fueron en orden



descendente los copépodos, quetognatos, doliólidos y eufausidos, apreciándose en forma particular sus porcentajes de abundancia promedio en las Figuras 76 y 77 (a y b), albergando estos cuatro grupos una densidad promedio de más del 80% del total de zooplancteres identificados, los que en forma conjunta reunieron una densidad de 42.378.066 especímenes/1.000m³.

En las Figuras 76 y 77b se grafica el total de los grupos analizados excluyendo a los copépodos, para tener una mejor visión del porcentaje de abundancia promedio ocupado por cada uno de los restantes grupos.

Copépodos

Este fue el grupo más abundante y constante que dominó ampliamente por sobre las demás taxas analizadas, alcanzaron una densidad global con cada tipo de red (300 y 500 um) de 23.838.653 y 10.206.066 copépodos/1.000 m³ en cada caso (Tabla 34).

La abundancia relativa exhibida por los copépodos generalmente superó en la mayoría de las estaciones a la densidad presentada por los otros grupos zooplanctónicos. En el muestreo de 300 um el 47% de las estaciones analizadas mostró densidades superiores a los 135.000 copépodos/1.000m³ en tanto que en el de 500 um, sólo en el 15% de las estaciones se albergaron abundancias superiores a ésta (Fig. 3).

Los copépodos de pequeño tamaño estuvieron ausentes en la estación 91 (35°40'LS) situada a 40 millas de la costa, cercana a la bahía Chanco, lo que quedó en evidencia al analizar la muestra colectada con la red de 300 micras, en tanto, que en el muestreo de 500 micras la ausencia de éstos, se detectó en la estación



116 (34°40'LS). La gran cobertura alcanzada por este grupo a lo largo de toda el área de estudio permitió clasificarlos como grupo constante (Tabla 35).

Quetognatos

Los quetognatos se constituyeron en el segundo grupo de mayor importancia cuantitativa, reuniendo una densidad total superior a los 2.200.000 individuos (Tabla 34), clasificándose como el segundo grupo de mayor dominancia, alcanzando un porcentaje de dominancia del 6 y 13% respectivamente en cada tipo de muestreo (Figs 1 y 2 b). Su presencia se detectó a lo largo y ancho de la zona de estudio, ausentándose en sólo una estación, lo que los clasifica como grupo constante (Tabla 35a y b).



Doliólidos

Estos organismos se ubicaron dentro de la tercera categoría de mayor importancia cuantitativa, alcanzando a reunir una densidad en las muestras de 300 um de 1.156.248 individuos (Tabla 34), sin embargo, la abundancia de este grupo estuvo muy por debajo de la de los copépodos y quetognatos, reuniendo tan solo un porcentaje promedio de individuos por estación de un 4% (Figs 1 y 2 b), porcentaje que permite clasificarlos sólo como grupo accesorio (Tabla 35 a y b).

Eufáusidos

Este grupo reunió una densidad que superó los 933.175 individuos, con concentraciones mínimas y máximas de 54 y 118.278 eufáusidos y un promedio general por estación de 6.647 (Tabla 34). Estos individuos por su abundancia presentada, la que alcanzó a tan solo el 3 y 5% (Figs. 1 y 2) de la densidad total de organismos, quedaron clasificados como grupo accesorio en el muestreo de 300 um y como grupo dominante en el de 500 um.

De igual forma, su presencia se reveló en el 92 % de las estaciones (Tabla 35), su distribución latitudinal y longitudinal se extendió a lo largo de toda el área de estudio, su clasificación en términos de su frecuencia se consignó como grupo constante.

5.5.2 Distribución del zooplancton

Copépodos

Los rangos de mayor abundancia de copépodos (276.402 - 544.362) estuvieron presentes principalmente en la zona costera, aunque un núcleo importante se



registró hacia la zona oceánica de las 200 mn. Las máximas concentraciones de copéodos, vale decir, sobre los 544.00/1.000 m³ se detectaron en el área costera frente a Talcahuano, entre puerto Lebu y puerto Saavedra y a las 200 mn frente a Pto. Lebu (Fig. 78).

En forma particular la mayor densidad de copéodos fue observada en la estación 45 (38°00'LS) localizada en las inmediaciones de Pto. Saavedra, con una densidad superior a los 810.000 copéodos/1.000 m³.

A partir de los 38°00'LS al norte, las concentraciones sobre los 100.000 copéodos se hicieron más constantes y frecuentes, tales densidades permitieron clasificar a este grupo como dominante (Tabla 35 a y b).

Latitudinalmente se aprecia una mayor abundancia de copéodos en el muestreo efectuado con la red de 300 micras, en donde las máximas agregaciones de estos organismos se detectaron hacia el centro del área de estudio entre los 34°40'LS y los 38°00'LS (Fig. 82), notándose una baja en las concentraciones en las transectas ubicadas en el sector más austral.

La mayor densidad promedio fue registrada en la transecta situada en la latitud 36°20'LS, en las cercanías de la localidad de Talcahuano, reuniéndose a un total de 345.057 copéodos/1.000 m³.

Quetognatos

Los quetognatos no mostraron densidades muy importantes en las estaciones más australes, encontrando abundancias superiores a los 40.000 individuos a partir de los 37°40'LS hacia el norte, tales densidades se hicieron más frecuentes en las



muestras provenientes de la red de 500 micras y se focalizaron claramente entre los 35°40'LS y 36°00'LS. Las mayores densidades se encontraron particularmente en la estación 80 y 77 (36°00'LS), donde se concentró un total de 131.925 y 82.572 quetognatos/1.000m³ en las muestras de 300 y 500 um, respectivamente.

Las densidades predominantes en el área de estudio correspondieron a aquellas que concentraron entre 27.734 y 62.949, concentraciones que se extendieron prácticamente a lo largo de toda el área prospectada, quedando circunscritas principalmente entre la costa y las 100 mn (Fig. 79).

Latitudinalmente las agregaciones más importantes se observaron en las transectas situadas en las latitudes 35°20'LS y 38°00'LS, (Figs 82 y 83), sin embargo, hacia la zona norte se detectaron transectas que reunieron concentraciones que sobrepasaron los 30.000 ejemplares, particularmente esta situación se reflejó en la zona cercana a Valparaíso (32°40'LS).

Doliólidos

Geográficamente éstos colonizaron el 85% de las estaciones de muestreo, por lo cual su presencia en el área de estudio fue constante, los doliólidos entre los 39°40'LS y 40°00'LS estuvieron prácticamente ausentes, mostrando sólo algunos focos aislados, no obstante, su presencia se hizo constante hacia el norte de la latitud 39°00'LS. Este grupo exhibió agregaciones que superaron a los 40.000 individuos en 7 estaciones de muestreo, pero estos focos se presentaron más bien en forma aislada unos de otros. La mayor concentración de éstos se observó en forma particular en la estación 80 (36°00'LS) entre punta. Nugurne y Talcahuano, con una abundancia de 131.926 doliólidos/1.000 m³ (Fig. 5). El rango de abundancia dominante a través de la zona de estudio fue el que conglomeró entre



1.387 a 4.243 doliólidos/1.000 m³, detectándose mayoritariamente en la zona costera, más hacia el área oceánica hubo dominancia de estaciones con densidades entre 4.243 a 11.373 (Fig 80).

En general, las concentraciones promedios más importantes en sentido latitudinal, se observaron en las estaciones ubicadas en las transectas situadas en la latitud 36°00'LS y 36°40'LS, para las muestras de 300 y 500 um respectivamente (Figs. 82 y 83), en donde se reunieron concentraciones promedio por estación de 30.985 y 13.023 doliólidos en cada caso.

Eufáusidos

La densidad de individuos por estación de muestreo permitió detectar concentraciones por sobre los 40.000 ejemplares en tan solo 4 focos, sobresaliendo específicamente la estación 25 (39°00'LS) localizada cerca del sector de punta Rocura, en donde se constató la presencia conjunta de 197.502 eufáusidos, un segundo foco de importancia se registró en la estación 16 (39°20'LS) con una densidad de 150.273/1.000 m³. Los focos con las mayores densidades de eufáusidos se detectaron en el área costera (Fig.81).

Al igual que el grupo anterior, el rango de densidad más abundante fue el que abarcó entre 1.386 a 4.244 eufáusidos/1.000 m³, el que se distribuyó a lo largo de toda el área de estudio.

En las Figuras 82 y 83 se observan las mayores agregaciones de estos individuos en las transectas ubicadas en las latitudes 39°00'LS y 39°20'LS, reuniendo en forma conjunta una densidad promedio de 32.758 individuos/1.000 m³, para el muestreo con red de 300 um y de 43.988 para el de 500 um.



Los demás grupos zooplanctónicos analizados e identificados exhibieron porcentajes de abundancia numérica de poca relevancia, quedando clasificados como grupos accesorios o accidentales. Los porcentajes de su constancia y dominancia se muestran en la Tabla 35 a y b.

5.5.3 Biomasa zooplanctónica

Sólo se analizó la biomasa zooplanctónica proveniente del muestreo realizado con la red de 300 micras por considerar y haber constatado que ésta retiene un mayor número de individuos.

La densidad de la biomasa zooplanctónica con respecto a la latitud muestra una tendencia creciente entre la latitud 35°20'LS y 39°00'LS, disminuyendo más notoriamente hacia el extremo norte de la prospección, en donde se observaron las densidades en la biomasa promedio más bajas (Fig. 84).

La biomasa zooplanctónica expresada en mililitros de zooplancton presentes en 1.000 m³ de agua filtrada, presentó valores extremos entre 16 y 1.085 ml de organismos/1.000 m³, con un promedio por estación de 153, predominando los valores comprendidos dentro del rango de densidades de 101 a 300, los que se concentraron en el 45,7% del área muestreada (Fig. 85), un porcentaje también importante fue ocupado por la categoría de 34 a 100, comprometiendo el 39,9% de la zona abarcada, ésto demuestra que en general la biomasa zooplanctónica presentó una distribución bastante homogénea.

Estos rangos de densidades se observaron a lo largo de toda la extensión latitudinal prospectada, sin embargo, se apreció claramente un amplio predominio



costero de los organismos concentrados entre los 101 a 300 ml/1.000 m³, densidad que se proyectó formando tres focos aislados hacia el sector oceánico (Fig. 85).

Una presencia menos frecuente se registró con concentraciones entre los 301 - 900, la que estuvo presente sólo entre la costa y las 70 millas náuticas aproximadamente, formando agregaciones aisladas entre los 35°00'LS y los 39°10'LS, zona correspondiente a las inmediaciones de punta Nugurne y punta Rocura.

Durante la realización de la prospección no se observaron áreas de baja densidad, salvo por la presencia de tres sectores aislados con concentraciones entre 0 y 33, los que se detectaron desde la latitud 35° hacia el norte. Cabe destacar la ocurrencia de un foco con la máxima abundancia de organismos, donde se albergó una densidad de 1.085 ml/1.000 m³ y cuya localización fue registrada en las cercanías de puerto Saavedra (38°00'LS).

5.6 Asociaciones entre las condiciones oceanográficas y la distribución-abundancia de jurel en el área de estudio.

5.6.1 Cartografía de abundancia de jurel (Sa) y variables oceanográficas

Las Figuras 86a. b y c muestran la distribución de la variable Sa dividida en cuatro categorías (Tabla 1). La figura 1a muestra los Sa total de jurel en la columna de agua, mientras que la figura 1b muestra la distribución de la variable Sa de 0 a 49 m. y la Figura 1c de 50 a 99 m.. La distribución de los Sa del jurel presenta un grado de contagio en el sentido latitudinal centrado en una dorsal que se presenta en forma paralela a la costa a 100 mn de esta. Además los Sa de jurel presentan 2 macroáreas



de contagio o zonas de concentración del recurso, uno situado al norte entre las latitudes $33^{\circ}50'LS$ y $34^{\circ}50'LS$ y el otro situado entre $36^{\circ}50'LS$ y $37^{\circ}50'LS$ (Fig. 86a). Estas macroáreas de contagio son más fácilmente detectables a profundidades inferiores de 50 m (Fig. 86b). En el área de estudio el 38,39% de las IBM's con presencia de jurel se presentan entre la superficie y los 49 m de profundidad (Fig 86b), mientras el 51,55% se encuentra entre los 50 a 99 m (Fig. 86c), a una profundidad superior de 100 m sólo se encuentra un 10,11% de las IBM con presencia de recurso.

Los mapas geográficos de cada variable oceanográfica se presentan en tres planos: en superficie, a 50 m y 100 m de profundidad.

En las Figuras 87a y b, se observa la cartografía de la variable temperatura a nivel superficial (entre $12-13^{\circ}$ a $16^{\circ}C$) y hasta 50 m de profundidad (entre 10° a $16^{\circ}C$), y en ella se aprecia la incursión de aguas cálidas desde el norte hacia el sur y desde el sector sur-oeste hacia la costa. Además, se observan áreas de enfriamiento costero a 100 m de profundidad, donde la temperatura varía entre 9 a $12^{\circ}C$.

En las Figuras 88a b y c se observa la cartografía de la variable salinidad. A nivel superficial se presentan bajas salinidades que coinciden con las desembocaduras de los ríos en el sector costero. Un frente halino marcado por la isohalina de 33,9 ppm (a nivel superficial) situado desde $35^{\circ}00'LS$ y $76^{\circ}00'W$ en dirección de 135° , hacia la costa separa aguas más salinas ubicadas hacia el norte de las aguas menos salinas ubicadas hacia el sur-oeste. Esta tendencia se mantiene en las cartografía a 50 y 100 m de profundidad, a pesar que existe un cambio en la magnitud del valor absoluto, con un aumento de la salinidad hacia el sur ligado a la costa.



En la misma posición donde se separa las aguas más salina de las menos salina, se divide a nivel superficial las aguas menos densas (< 25) de aguas más densas (Fig 89a). A medida que aumenta la profundidad se incrementa la densidad (Figs 89 b y c), sin embargo, ésta se mantiene baja en las áreas donde se produce incursiones de aguas cálidas por el norte y el sur oeste (Figs 87a y b).

A nivel superficial el oxígeno presenta un rango de 4 a 5,2 ml/l. A 50 m de profundidad, en la costa, se observan aguas con un nivel de oxígeno inferior que coincide con la desembocadura de los ríos. A 100 m de profundidad se observa aguas más oxigenadas separadas de las menos oxigenadas por una diagonal en dirección 135° . (Figs 90a b y c). Esta separación es análoga con la encontrada para la salinidad y la densidad.

Los niveles de clorofila integrada varían entre 5 a $>45 \text{ mg/m}^2$, con dos áreas donde se observan las más altas concentraciones (Fig 91a). Una situada al norte con el máximo de cloa ubicado en $34^\circ 10' \text{ LS} - 74^\circ 00' \text{ W}$ y la otra concentración de cloa al sur en $36^\circ 40' \text{ LS} - 76^\circ 30' \text{ W}$. Entre los $38^\circ 00' \text{ LS}$ y al sur de los $39^\circ 00' \text{ LS}$, desde la costa hacia el oeste se presentan las aguas con el más bajo nivel de cloa de la zona de estudio. La cartografía de la cloa muestra que se presentan muchas microzonas pequeñas ($< 20 \text{ m}^2$) de alta y de muy baja cloa integrada, distribuida en toda el área de estudio.

La capa de dispersión profunda (CDP) presenta muy bajos valores en toda en área de estudio, con excepción de la costera ubicada al sur de $36^\circ 30' \text{ LS}$ (Fig 91b). Los eufáusidos presentan una distribución heterogénea (Fig 91c). Los niveles de eufáusidos son bajos, están prácticamente ausentes en las áreas donde se produce la incursión de aguas cálidas en la zona norte y la sur-oeste (Figs 87 b y c). La abundancia de eufáusidos es más alta en el sector costero donde se producen la áreas de



enfriamiento, y al oeste de las 100 a 120 mn de la costa entre 34°50'LS y 38°00'LS (Fig 91c). Por otro lado, un área situada entre 37°20'LS y 38°30'LS y entre 75° 00'LS y 76°00'W, presenta un área de muy baja concentración de eufaúsidos.

5.6.2 Asociación espacial entre las condiciones oceanográficas y la distribución-abundancia del jurel en el área de estudio.

5.6.2.1 Análisis descriptivo

Los Sa y las variables bioceanográficas se clasifican en categorías, las que son empleadas al efectuar el análisis estadístico, las clasificaciones se obtienen de la categorización efectuadas con el módulo cross-tab del programa IDRISI. Inicialmente se trabaja con la información del área total de estudio, posteriormente se incorpora con la información separada de las macroáreas de contagio de la zona norte (I) y de la zona sur (II). Por cada área, la información es considerada en diversos planos batimétricos: 5m, 50m y 100m de profundidad, en el caso de las macroáreas se presentan sólo los dos primeros planos de profundidad.

En la Tabla 36 se presenta los valores medios mínimos, máximos y la desviación estándar para el área de distribución del jurel, a 5 (superficial), 50 y 100 m de profundidad. En términos generales, al relacionar la distribución total del jurel en el área de estudio y las variables bioceanográficas en el plano de 5 m de profundidad, se puede señalar:

- El 63% de los jureles se distribuyen en temperatura de 15 a 15,9°C, y sólo el 21% se encuentra en temperatura superior a 16°C (Fig 92a).
- El 62,8% del jurel se encuentra en salinidad igual o superior a 33,9 ppm (Fig. 92b).



- El 74% del jurel se encuentra en aguas cuyo contenido de oxígeno fluctúa entre 4,4 a 4,8 ml/l
- El 43% del jurel se encuentra en aguas donde sigma-t tiene un rango de 25,0 a 25,1.(Fig 92c)
- El 52% del jurel se encuentra en aguas donde la presencia de clorofila integrada es de 15 a 19 mg/m² (Fig 92d).
- El 70% del jurel se encuentra en área donde la capa de dispersión profunda (CDP) es baja (Fig. 92e).
- el 50,4% del jurel se encuentran en aguas donde la presencia de eufáusidos es de 300 a 899 individuos /1.000m³ (Fig 92 f).

Tabla 36. Distribución de jurel y variables ambientales (medio, mínimo y máximo) a 5, 50 y 100 m. de profundidad.

| 005 m | media | mínimo | máximo | Desv. est. | N |
|----------------|---------|--------|----------|------------|------|
| Temperatura | 15.50 | 13.23 | 16.80 | 0.58 | 1094 |
| Gradiente | 0.13 | 0.01 | 0.78 | 0.11 | 1094 |
| Salinidad | 34.01 | 32.06 | 34.30 | 0.26 | 1094 |
| Sigma-t | 25.09 | 24.08 | 25.37 | 0.17 | 1094 |
| Clorofila int. | 19.37 | 8.75 | 49.31 | 5.46 | 1094 |
| Eufáusidos | 782.89 | 22.67 | 7059.54 | 896.22 | 1094 |
| Sa | 699.55 | 1.52 | 25449.60 | 1540.34 | 1094 |
| 050 m | media | mínimo | máximo | Desv. est. | N |
| Temperatura | 13.90 | 10.62 | 16.66 | 1.47 | 428 |
| Gradiente | 0.33 | 0.02 | 1.35 | 0.22 | 428 |
| Salinidad | 34.05 | 33.53 | 34.30 | 0.15 | 428 |
| Sigma-t | 25.47 | 24.87 | 26.13 | 0.29 | 428 |
| Clorofila int. | 20.20 | 10.09 | 49.32 | 6.22 | 428 |
| Eufáusidos | 543.11 | 0.00 | 5665.31 | 654.21 | 428 |
| Sa | 1013.63 | 2.58 | 18981.60 | 1779.09 | 428 |
| 100 m | media | mínimo | máximo | Desv. est. | N |
| Temperatura | 11.36 | 10.56 | 12.67 | 0.41 | 556 |
| Gradiente | 0.11 | 0.00 | 0.62 | 0.08 | 556 |
| Salinidad | 34.18 | 33.86 | 34.61 | 0.14 | 556 |
| Sigma-t | 26.08 | 25.79 | 26.31 | 0.11 | 556 |
| Clorofila int. | 18.84 | 8.75 | 46.94 | 4.90 | 556 |
| Eufáusidos | 768.24 | 0.00 | 5296.88 | 720.92 | 556 |
| Sa | 566.12 | 1.52 | 25449.60 | 1449.41 | 556 |



Al relacionar la distribución total del jurel en el área de estudio y las variables bioceanográficas en el plano de 50 y 100 m de profundidad se puede señalar:

- La distribución del jurel en relación con la temperatura a 50 m presenta dos modas, una entre 12 a 13,9°C y la otra entre 16 y 16,9°C. Mientras que a 100 m de profundidad el 72% de los jureles se presenta en temperaturas de 11 a 11,9°C (Figs. 93a y 94a).
- La distribución del jurel en relación con la salinidad a 50 m presenta dos modas, una a 33,9 ppm (23,4%) y la otra a 34,1 ppm (33,6%). Mientras que a 100 m de profundidad el 28% y 34% de los jureles se presenta en salinidades de 34,1 y 34,2 ppm respectivamente (Figs. 93b y 94b).

Respecto a las macroáreas de contagio del norte y sur se observa:

- En el plano superficial, el 78% del jurel total se presenta en temperaturas de 15 a 15,9°C, mientras que específicamente a 50 m de profundidad se presentan dos modas entre 12 y 12,9 ° y 15 y 15,9°C, con un 29,1 y 43,2% de presencia del recurso jurel, respectivamente (Figs 95a y 96a).
- En el plano superficial el 80,9% de los jureles se encuentran referidos a una salinidad de 34,2 ppm, a 50 m de profundidad sólo el 33,3% del jurel se encuentra en esa salinidad (Figs. 95b y 96b).
- El 72 % del jurel se encuentra en aguas donde el sigma -t está entre 25,2 y 25,3 (Fig. 95c), y a 50 m de profundidad la participación porcentual de jurel en ese tipo de agua disminuye a un 47% (Fig. 96 c).
- A 50 m de profundidad el 56% del jurel se encuentra en aguas pobres en clorofila integrada de 15 a 24 mg/m² (Fig. 96d) y bajos niveles de CDP (Fig. 96e). El 59%



del jurel se encuentra en aguas donde la presencia de eufáusidos es de 300 a 899 individuos /1000m³ (Fig 96f).

- En la macroárea del sur las características abióticas difieren ligeramente de lo observado en el norte, las aguas donde se encuentra la presencia del jurel son más frías (Figs 97a y 98a), menos salinas (Figs 97b y 98b) y más densas (Figs 97c y 98c). Los niveles de clorofila integrada y eufáusidos no difieren entre ambos focos (Figs 97d y 97f, 98d y 98f), mientras que en el foco sur la densidad de la CDP es superior (Fig 98e).

En la Figura 99 se puede observar el comportamiento diurno-nocturno del recurso al plotear la hora y profundidad media a la que se encuentra. Se observa un ascenso del jurel a la superficie al atardecer (18:00 hrs) permaneciendo en superficie durante la noche, para retornar a aguas más profundas al amanecer (07:00 hrs), coincidiendo con estudios anteriores Cordova *et al.*, 1995. Este comportamiento nictemeral del recurso, conjuntamente con los estudios de contenidos estomacales, permiten señalar que el jurel sube durante la noche a alimentarse, por lo que incursiona en agua de diferentes características. Las figuras 92 a 98 muestran los gráficos de los rangos de tolerancia medioambiental y los más probables de encontrar en aquellas zonas donde se distribuye el jurel, a distintos niveles de profundidad. Los rangos establecidos permiten señalar que en temporada de invierno el jurel se encuentra preferentemente en aguas subantárticas (ASAA).

De acuerdo a lo solicitado por el evaluador, se analizó el máximo gradiente vertical y su topografía en las variables de temperatura, salinidad y oxígeno, así como la topografía del máximo de clorofila, sin observar algún grado de asociación, razón por la cual no se entregan sus resultados.



5.6.2.2 Análisis cuantitativo

Los resultados muestran que la concentración de biomasa de jurel no presentó asociación con las variables temperatura y sus gradientes. Al considerar la distribución del jurel desde la superficie y hasta 49 m de profundidad y al asociarla con la variables bioceanográficas a 50 m de profundidad no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas. Al considerar la distribución del jurel entre 50 y 99 m de profundidad con las condiciones bioceanográficas a 100m se encuentra un asociación estadísticamente baja de los Sa con la salinidad (coeficiente correlación parcial $r^2 = 0,139$), y una asociación moderada de los Sa con la clorofila integrada ($r^2 = 0,331$) (Tabla 37). Este último valor se ve influenciado por la alta presencia de clorofila integrada en el área donde se encuentra la máxima concentración de jureles de la prospección y los Sa alcanzan 38296.

Tabla 37. Coeficientes de correlación parciales a distintos niveles de profundidad

| 005 m | TEM | GRAD | SALI | SIG | CLO | EUF | Sa |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| TM | 1 | -0,1608 | 0,5601 | -0,0859 | -0,0626 | -0,3396 | -0,0086 |
| GRADA | -0,1608 | 1 | -0,1287 | -0,0393 | -0,1268 | 0,1241 | 0,0614 |
| SALI | 0,5601 | -0,1287 | 1 | 0,7770 | 0,0173 | -0,1454 | -0,0823 |
| SI | -0,0859 | -0,0393 | 0,7770 | 1 | 0,0671 | 0,0846 | -0,0918 |
| COL | -0,0626 | -0,1268 | 0,0173 | 0,0671 | 1 | -0,1396 | 0,1725 |
| EUF | -0,3396 | 0,1241 | -0,1454 | 0,0846 | -0,1396 | 1 | -0,1339 |
| Sa | -0,0086 | 0,0614 | -0,0823 | -0,0918 | 0,7125 | -0,1339 | 1 |
| 050 m | TEM | GRAD | SALI | SIG | CLO | EUF | Sa |
| TEM | 1 | -0,2578 | 0,3383 | -0,9288 | 0,1427 | -0,3031 | -0,0139 |
| GRAD | -0,2578 | 1 | -0,2135 | 0,1967 | -0,1480 | 0,0062 | 0,0526 |
| SALI | 0,3382 | -0,2135 | 1 | 0,0336 | 0,3110 | 0,0387 | -0,0292 |
| SIG | -0,9288 | 0,1967 | 0,0336 | 1 | -0,0337 | 0,3392 | 0,0033 |
| CLO | 0,1427 | -0,1480 | 0,3110 | -0,0337 | 1 | -0,0746 | 0,0109 |
| EUF | -0,3031 | 0,0062 | 0,0387 | 0,3392 | -0,0746 | 1 | -0,0941 |
| Sa | -0,0139 | 0,0526 | -0,0292 | 0,0033 | 0,0109 | -0,0941 | 1 |
| 100 m | a | GRAD | SALI | SIG | CLO | EUF | Sa |
| TEM | 1 | 0,1054 | 0,3883 | -0,3005 | -0,1387 | 0,1143 | -0,0954 |
| GRAD | 0,1054 | 1 | -0,0993 | -0,1803 | -0,2733 | -0,1241 | -0,0775 |
| SALI | 0,3883 | -0,0993 | 1 | 0,7619 | -0,1212 | 0,1446 | -0,1391 |
| SIG | -0,3005 | -0,1803 | 0,7619 | 1 | -0,0222 | 0,0719 | -0,0727 |
| CLO | -0,1387 | -0,2733 | -0,1212 | -0,0222 | 1 | -0,1338 | 0,3311 |
| EUF | 0,1143 | -0,1241 | 0,1446 | 0,0719 | -0,1338 | 1 | -0,1043 |
| Sa | -0,0954 | -0,0775 | -0,1391 | -0,0727 | 0,3311 | -0,1043 | 1 |



Gráficamente al plotear los pares de datos de cada una de las variables ambientales con los niveles de abundancia, se observa que no hay tendencia en los datos, por lo que no fue posible continuar con este tipo de análisis conducente a análisis de regresión múltiple.

Al establecer las asociaciones entre la distribución del jurel y las variables ambientales se trabajó con la cartografía de los valores absolutos y de los gradientes.

La Tabla 38 resume los índices de Cramer's V obtenidos al contrastar la cartografía del Sa del jurel, con la cartografía de cada variable bioceanográfica a los distintos niveles de profundidad, considerando el área total y los focos de distribución del recurso. Al analizar la variable ambiental, en el plano de los 50 m tanto para el foco norte y sur, mejora las asociaciones de la distribución de los Sa con la temperatura, salinidad, sigma-t, eufáusidos y clorofila integrada, en efecto se registran coeficientes cercanos al 0,2, que indican asociaciones bajas.

Tabla 38. Índices de Cramer's V entre la abundancia de jurel (Sa) y las variables oceanográficas a los distintos niveles de profundidad y por focos de concentración de la abundancia.

| | | | | Foco 1 | | Foco 2 | |
|---------------------------------------|------|------|-------|--------|------|--------|------|
| | Sup | 50 m | 100 m | Sup | 50 m | Sup | 50 m |
| Temperatura (°C) | 0,08 | 0,13 | 0,08 | 0,19 | 0,18 | 0,06 | 0,16 |
| Salinidad (‰) | 0,16 | 0,20 | 0,14 | 0,05 | 0,22 | 0,12 | 0,19 |
| Sigma-t | 0,10 | 0,15 | 0,07 | 0,21 | 0,19 | 0,11 | 0,22 |
| CDP | 0,13 | 0,15 | 0,09 | 0,04 | 0,02 | 0,16 | 0,15 |
| Eufáusidos (ind/1000 m ³) | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,15 | 0,16 | 0,20 |
| Clorofila int. (mg/m ²) | 0,15 | 0,14 | 0,20 | 0,19 | 0,22 | 0,10 | 0,12 |



6. DISCUSION

La biomasa de jurel para la zona de estudio fue estimada en 3.530.000 toneladas, valor que representa el 69,4 % de lo evaluado en 1991 (5.090.000 t), y un incremento de 54,7, 29,2 y 70,0 % de las estimaciones de 1992, 1993 y 1994, respectivamente. Estas diferencias también se observan en los índices de densidad registrados en estos años, las que se explicarían por cambios interanuales en la disponibilidad de jurel en la zona de estudio.

La precisión del estimado de biomasa medida por el coeficiente de variación fue de 7,17 valor que es inferior a los niveles esperados de 14 t y 25 t en esta prospección. La evaluación de los cuatro métodos propuestos para estimar la varianza de la biomasa (conglomerado de tamaño variable, estratos agrupados, bootstrap y geoestadístico), determinó que el método geoestadístico permite estimaciones de biomasa con una alta precisión.

La distribución espacial de la abundancia de jurel presenta notorias variaciones interanuales, encontrando recurrencia en la localización de las zonas de mayor concentración entre los diferentes años. En este crucero, el recurso concentró el 28,0% y 57,6 % de su abundancia entre punta Barranco (34°00' LS) a Constitución (35°20'LS) y desde punta Nugurne (36°00' LS) a M° Cauten (38°00' LS), respectivamente. Las mayores abundancias entre 1991, 1993 y 1994, se registraron desde Concepción a sur de isla Mocha, mientras que en 1992, sobre el 80 % de la biomasa se situó frente a Constitución, coincidiendo estas zonas con las detectadas en el crucero.

La estructura de tamaño del jurel en la zona de estudio, determinada por pesca con



red de mediagua presenta una distribución geográfica diferenciada por tamaño, encontrando individuos de mayor talla asociados al sector costero. La estructura de talla presentó una moda principal de 23 cm y una secundaria en 27 cm. Esta distribución es radicalmente opuesta a la observada en 1994, donde no se detectó individuos juveniles (< 32 cm). En 1992 y 1993, tanto en el crucero como la pesquería se registró una fracción alta de individuos pequeños en las capturas, que sugirió un ingreso importante de reclutas. Esta situación también es observada en el presente crucero, sin embargo, no se dispone de antecedentes que permitan aseverar que el alto número de individuos bajo la talla mínima legal (70,8 %) y juveniles (94%), registrada en el crucero y la pesquería corresponda a un reclutamiento.

Al respecto, es importante señalar la intrusión de aguas cálidas por el sector oeste entre los 37° a 38° LS, situación que es normal para el período estival, sin embargo, desde fines de 1996 estas aguas penetran inusualmente hacia la costa, encontrando a pocas millas aguas muy cálidas. Además, se verificó una intrusión costera desde el norte de aguas de alta temperatura que forma una banda estrecha pegada a la costa (Nuñez com. pers.). Estas condiciones oceanográficas, pudiera haber generado un acercamiento hacia la costa de individuos pequeños desde el sector oceánico donde habitualmente permanecen (Serra, 1991). En este sentido para 1992, también se presentó un ingreso de aguas cálidas en el sector norte que alcanzó hasta Constitución, asociado a la presencia de individuos de jurel de baja talla y ligado fuertemente a superficie, con un comportamiento gregario similar a lo observado en prospecciones acústicas efectuadas en la zona norte (Castillo *et al.* 1992 y Córdova *et al.* 1990). Un estudio posterior realizado por IFOP, en la zona entre las 100 a 500 mn durante noviembre de 1997, indican que el recurso mantuvo su bajo tamaño y estuvo asociado a la zona de mayor temperatura.



Las condiciones oceanográficas observadas en la zona de estudio indican una incursión de aguas cálidas ($> 17^{\circ}\text{C}$) y más salinas ($> 34,2$ ppm) por los sectores norte y suroeste. En la zona se presentan dentro de los primeros 600 m de profundidad tres masas de agua; Aguas Subantárticas (ASAA), Aguas Ecuatoriales Subsuperficial (AESS) y Aguas Intermedias Antárticas (AIAA), lo cual ha sido descrito por otros autores para la zona (eg, Wyrcki 1964, Silva y Ramírez 1982, Osses y Blanco 1991).

Durante el crucero, se registró un bajo número de estómagos con contenido estomacal, sugiriendo una alimentación débil en el jurel. Situación que ha sido observada en el invierno de 1982, desde el Ecuador hasta la latitud $30^{\circ}00'\text{LS}$ por sobre las 200 mn de la costa, y donde se registró un 98 % de estómagos de jurel sin contenido estomacal (Ermolovich y Gardina, 1987). El alto número de estómagos vacíos, no puede explicarse por efecto de replección al no existir indicios de ello en los muestreos efectuados a bordo, luego se sugiere como causal la posible baja en la abundancia de alimento en el medio. En este contexto, los resultados alcanzados deben ser considerados con precaución dado el bajo número de estómagos llenos.

El espectro trófico del jurel registrado en el estudio fue bajo (3 taxas), al igual que lo detectado en anteriores cruceros durante 1992 y 1994, estableciendo para el jurel de Chile central un espectro trófico reducido y semejante a otras especies del genero *Trachurus*, tales como *Trachurus trachurus* del mar del norte (Dahl y Kirkegaard, 1987), y *Trachurus capensis* del sur de Africa (Andronov, 1983, 1985). La selectividad y tamaño de las presas sobre las cuales actúa el jurel, son similares a lo observado en los períodos de invierno de 1993 y 1994, existiendo leves diferencias atribuibles al tamaño de la muestra.



Los eufáusidos son la presa de mayor importancia en la dieta de jurel, dominando en número, peso y frecuencia de aparición; le siguen los peces linterna y salpas. En general, el número de presas es bastante reducido respecto a lo observado durante 1993 y 1994 (Serra *et al.* 1994, Quiñones *et al.* 1995), donde se registró entre 6 y 12, respectivamente. No obstante el alto número de presas, la importancia relativa en cuanto al peso se reduce a 2 y 3, lo que confirma el carácter estenófago de esta especie.

La distribución de la biomasa de zooplancton fue relativamente homogénea, no observando zonas de baja densidad en la zona de estudio, los incrementos de biomasa estuvieron asociados al sector costero, al igual que lo observado en anteriores cruceros realizados en la zona. En general, la mayor abundancia del zooplancton se situó entre Constitución y punta Rocura (39° 25' LS).

La composición de los grupos zooplanctónicos más abundantes en el estudio, se aproxima a lo reportado por Serra *et al.*, 1994 y Quiñones *et al.* 1995, en cuanto a que el grupo copépodos son los importantes, observando diferencia sólo en la localización de sus mayores concentraciones, las cuales se ubicaron entre Valparaíso a San Antonio y océano en 1994, mientras que en este crucero, éstas estuvieron desde el sur de San Antonio hasta puerto Saavedra.(38° 25'LS).

En la zona de estudio, se observa una reducción de los grupos dominantes (copépodos, quetgnatos, doliólidos y eufáusidos), respecto a lo informado por Serra *et al.* 1994 , Quiñones *et al.* 1995 y Konchina 1982. Estos autores encontraron un total de 7 a 8 grupos de importancia en términos numéricos. Cabe destacar para este crucero, una alta contribución a la biomasa de doliólidos que no fue registrada en las evaluaciones anteriores en la zona de estudio. Asimismo, durante el estudio, se observa una disminución en el número de taxas reconocidas (19) respecto a los



años 1992 a 1994, donde se identificaron entre 32 a 34 taxas, sugiriendo un cambio relativo en la composición del zooplancton, al encontrar una menor diversidad durante este crucero, lo cual puede explicar el bajo número de especies presentes en los estómagos de jurel, independiente de la característica estenófaga del recurso.

Este cambio en la disponibilidad de presas puede estar sustentado por alteraciones producidas por cambios oceanográficos durante la activación del evento ENSO, a partir de 1996. En atención a la baja diversidad del zooplancton observada habitualmente en la zona norte del país, durante el desarrollo de evento ENSO. (Braun com. pers).

Respecto a los eufáusidos que es la dieta principal de jurel, éstos presentaron una contribución a la abundancia numérica de 2,56 similar a la observada durante los cruceros de 1992 a 1994 (2,56, 2,93, 2,32, respectivamente), lo que no permite suponer que el porcentaje de estómagos vacíos registrado en el crucero, sea producto de una menor abundancia de eufáusidos en el área de estudio.

En relación a la profundidad, el jurel se localizó en un rango menor que el observado en las evaluaciones de 1991 a 1994, registrando en el sector norte del área de estudio, una tendencia a situarse las altas categorías a mayor profundidad entre las 100 mn y la costa. Este cambio en la distribución batimétrica del recurso, estaría fuertemente relacionado con la intrusión de aguas cálidas ($> 17^{\circ}\text{C}$) desde el norte y cuya influencia sobrepasa los 50 m de profundidad, generando una profundización de la base de la termoclina (100 -120 m) y el aumento de la capa de mezcla entre 50 a 60 m. de profundidad, respecto a lo observado en el sector centro y sur del área de estudio.



En la zona donde se concentró el 56,7 % de la biomasa de jurel, se detectó a 200 m de profundidad al noroeste del golfo de Arauco, una zona de interacción con altos valores de oxígeno generada por la penetración de Agua subantárticas (ASAA) en Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) provenientes del norte, lo cual puede determinar condiciones favorables para el recurso. Su estudio es importante, dado que este patrón de circulación ha sido descrito por Figueroa *et al.* (1994) para el invierno de 1994, y si bien no fue establecido en 1992 y 1993, este autor sostiene similar distribución en esos años. Además, en esta zona y sus alrededores se ha detectado en forma reiterada altas concentraciones de biomasa, que han constituido zonas de pesca (sector suroeste isla Mocha) como se observó durante los cruceros realizados en 1991 y 1993.

El análisis de la cartografía de las variables bioceanográficas y la abundancia de jurel, a niveles de 5, 50 y 100 m de profundidad, muestran la existencia de un frente salino definido por la isohalina de 33,9 ppm en superficie, que parte desde los 35° 00'LS y 76° 00'W hacia la costa, con una dirección de 135°. Este frente salino se manifiesta de forma nítida en los tres estratos de profundidad analizados, para las variables de salinidad y densidad ($\sigma-t$) y en 100 m de profundidad para el oxígeno. Esta condición oceanográfica, divide la distribución espacial de jurel en un sector norte y sur, registrando al norte valores mayores respecto al sur, determinando condiciones oceanográficas distintas para los sectores donde se agrupa el 28 y 57,6 % de biomasa estimada en la zona de estudio.

Al sobreponer las distribuciones cartográficas de las diferentes variables, la distribución de jurel se presenta al interior de un gran frente térmico, generado por el ingreso de masas de aguas de mayor temperatura desde el norte y suroeste. En este sentido las agregaciones de jurel se ubicaron principalmente en zonas donde existe algún grado de gradiente térmico. Este tipo de asociación es coincidente con



los resultados informados por Yáñez *et al.*, 1996, quien establece correlación entre las capturas de jurel provenientes de embarcaciones dedicadas a la pesca de este recurso y gradientes térmicos calculados desde información satelital. Asimismo, resultados de la prospección efectuada por IFOP en la zona de estudio, muestran que las mayores concentraciones del recurso jurel se situaron en áreas donde existen variaciones de temperatura superficial o meandros (Barbieri *et al.*, 1997).

En relación al alimento, en el sector sur la distribución de jurel coincide con el área de menor abundancia de eufáusidos, sin embargo, los estómagos no registraron presencia importante de este ítem alimentario, sino por el contrario un alto número de estómagos vacíos (alimentación débil), lo cual podría explicarse por un fuerte pastoreo del recurso en la zona. Lo anterior, difiere de lo observado en el sector norte donde las máximas concentraciones del recurso están ubicadas en zonas donde existe abundancia de eufáusidos, y éstos sí están presentes en los estómagos de los ejemplares muestreados, lo cual pudiera sustentar la hipótesis de que en esta zona el pastoreo ha sido menor o está en desarrollo. Estos resultados muestran la importancia de los eufáusidos en la dieta alimentaria de jurel, constituyendo este ítems un factor importante para el recurso, lo cual no coincidiría con lo planteado por Quiñones *et al.* 1995, quien señala que el alimento no es un factor limitante para el jurel en términos de su alimentación.

Los resultados obtenidos han permitido reconocer principalmente que el 89,94 % del jurel se distribuye en la columna de agua en los primeros 100 m. A nivel superficial el recurso se encuentra en aguas cuyo rango de temperatura está entre 14 a 16,9°C, salinidad 33,7 a 34,2 ppm, y oxígeno de 4,4 a 4,8 ml/l. En el plano vertical el jurel se distribuye entre los 16,9°C y 11°C de temperatura, 33,7 y 34,2 ppm de salinidad y 2,8 a 4,8 ml/l de oxígeno. Al estudiar la caracterización de las aguas donde se distribuye el jurel, se observa que las variaciones de los parámetros



abióticas están relacionadas con la posición geográfica de los lugares estudiados (foco norte y sur) en efecto hacia el norte las aguas son ligeramente más salinas y de mayor temperatura que hacia el sur, pero esta diferencia es baja y el agua en que se encuentra el jurel es preferentemente de origen subantártica (ASAA)

Respecto a los factores bióticos, el jurel se encuentra preferentemente en aguas donde la clorofila integrada presenta un rango de 15 a 24 mg/m² y los eufáusidos entre 300 a 890 individuos /1.000 m³. La cartografía de la clorofila integrada muestra pequeñas estructuras de valores variables, cuando éstas tienen altos valores se presentan altas concentraciones de jurel.

Del análisis cuantitativo no es posible obtener resultados que entreguen un grado de asociación entre las condiciones oceanográficas y la abundancia del recurso, sin embargo, esta situación puede ser explicada al no haber considerado la componente temporal, ya que en este tipo de metodologías la información histórica es la base para el análisis, por lo que se recomienda recolectar la información disponible de cruceros anteriores y realizar nuevamente los procesos.



7. CONCLUSIONES

7.1 Acústica

- 7.1.1 La estrategia de muestreo de tipo "adaptativo" en el espacio y tiempo fue adecuado, ya que permitió evaluar la abundancia disponible de jurel, sin observar tendencias en la distribución espacial que sugieran que una fracción importante del recurso se situó fuera del área prospectada. Además, hizo posible evaluar focos de alta densidad de jurel dentro del área de estudio.
- 7.1.2 La biomasa de jurel para la zona comprendida entre Los Vilos (32° 40' LS) a Corral (40°00' LS) y las 5 a 200 millas de la costa fue de 3.530.000 t, con un coeficiente de variación (Cv) en la estimación de un 7,17.
- 7.1.3 El método geoestadístico (Petitgas , 1991) fue el más eficiente en términos de precisión, y su biomasa presentó una variación de 1,9 % respecto a la estimada en el método de Estratos Agrupados (Volter, 1985).
- 7.1.4 El 57,6 % y 28,0 % de la biomasa, se localizó entre punta Barranco (34°00' LS) a Constitución (35°20' LS) y punta Nugurne (36° 00' LS) a morro Cauten (38° 40' LS).
- 7.1.5 El alto valor de biomasa se explica por un sincronismo entre el período de mayor concentración del recurso y el de evaluación.



- 7.1.6 Los focos de abundancia fueron de reducido tamaño (5 a 36 mn²) y en ellos se concentraron volúmenes altos de biomasa, con una densidad máxima de 58,0 a 712,8 t/mn².
- 7.1.7 La distancia promedio entre cardúmenes en los focos de abundancia fue de 489,5 m y una densidad promedio por cardumen de 243,6 t/mn².
- 7.1.8 En la zona de estudio el número máximo de cardúmenes registrado por Intervalo Básico de Muestreo fue de 8, existiendo un tendencia a aumentar respecto a lo registrado en anteriores cruceros de evaluación realizados en la zona de estudio (1991-1994).
- 7.1.9 La distribución espacial de jurel respecto a lo observado entre 1991 a 1993, muestra diferencias interanuales que no son tan marcadas, al concentrarse el recurso al sur de la zona de estudio, al igual que en 1991 y 1993, y en el sector central como lo registrado en 1992.
- 7.1.10 El jurel se localizó entre los 10 a 140 metros de profundidad en el sector norte, desde 10 a 140 m en el sector centro, y entre 10 a 180 m en el sector sur. Registrando un tendencia a profundizarse hacia la costa en el sector norte. Durante el día el 67,4% de las agregaciones estuvieron accesibles al arte de pesca de cerco, al ubicarse entre la superficie y los 80 m de profundidad.



7.2 Biología pesquera

- 7.2.1 El 92,1 % de la captura correspondió a jurel, lo cual es similar a lo registrado en los cruceros de 1992 y 1993, y distinto a 1994 donde la proporción alcanzó al 55,6%.
- 7.2.2 El 70,8% de los ejemplares de jurel capturados en la zona de estudio corresponden a individuos bajo la talla mínima legal (26 cm). Valor alto respecto a lo observado en las capturas de los cruceros de mayo-junio 1992 (36,6%) y junio-julio 1993 (30,5%).
- 7.2.3 La moda principal de la estructura de tallas del jurel fue de 23 cm y una moda secundaria en 27 cm.
- 7.2.4 La distribución de las tallas registró pocos ejemplares entre 34 a 40 cm, rango usualmente observado en la pesquería.
- 7.2.5 Existen diferencias significativas entre las distribuciones espaciales de tallas agrupadas por zona: norte ($32^{\circ}40'$ - $35^{\circ}10'$ LS), centro ($35^{\circ}11'$ - $37^{\circ}50'$ LS) y sur ($37^{\circ}51'$ - $40^{\circ}00'$ LS), en el sentido costa océano, determinando la existencia de diferencias de tamaños en la distribución geográfica, agrupándose los ejemplares de mayor tamaño en el sector costero (menor a 100 mn), principalmente al sur del área de estudio.
- 7.2.6 Las relaciones longitud peso entre machos y hembras no son significativamente diferentes, lo cual permite el uso de una relación general (machos y hembras) para determinar la constante de eointegración.



7.2.7 La proporción de machos (57,1%) en las capturas del crucero fue mayor que de las hembras (42,9%). Esto es consistente con lo que usualmente se observa en la pesquería.

7.2.8 En la zona de estudio, el recurso se encontró en reposo reproductivo.

7.3 Sección trofodinámica

7.3.1 El espectro de presas de jurel en la zona centro-sur de Chile para la época de estudio está compuesto casi exclusivamente por eufáusidos, encontrándose salpas y peces linterna, confirmándose el carácter estenófago de jurel en esta zona.

7.3.2 En otoño de 1997, los eufáusidos fueron la presa más importante de jurel en términos relativos, tanto en número, peso y frecuencia de aparición.

7.3.3 En atención a los antecedentes anteriormente expuestos, se postula que los recursos alimentarios de jurel serían escasos en el ambiente, debido a la baja proporción de estómagos con contenido encontrados en el área de estudio y al bajo número de taxa presentes en la dieta de jurel. Esto podría ser consecuencia de los cambios en la temperatura del mar.

7.3.4 La relación consumo/biomasa (Q/B) aparece extremadamente baja para esta época, alcanzando a $0,15 \text{ mes}^{-1}$. Esto puede ser causado por el bajo número de estómagos que presentaron contenido (11,6% del total) y a la reducida escala temporal que consideró el estudio. En todo caso, se confirma que los eufáusidos son la presa más importante de jurel, aportando a Q/B con el 80%.



7.4 Sección oceanografía

- 7.4.1 La distribución horizontal superficial de la temperatura, densidad y oxígeno disuelto, revela la incursión a la zona de estudio de aguas cálidas ($>17\text{ }^{\circ}\text{C}$) y más salinas ($>34,2$) por el sector norte y suroeste del área de estudio, situación consistente con la activación de un evento El Niño en el Océano Pacífico.
- 7.4.2 Los rangos de concentración de clorofila-a en el área de estudio fueron bajos ($<2,0\text{ }\mu\text{g/l}$), pero consistentes con la región y período (invernal) de estudio. En general, las concentraciones detectadas aquí fueron más similares a los resultados del año 1992 y 1993 que al crucero realizado en el invierno de 1994.
- 7.4.3 La distribución horizontal superficial de la clorofila-a revela un sector norte con valores muy bajos ($<0,6\text{ }\mu\text{g/l}$), situación que, en general, persiste en toda la región oceánica del área de estudio. Los mayores valores de clorofila-a superficial fueron detectados en una franja costera ($<50\text{ mn}$), con núcleos de mayores concentraciones asociados a áreas con gran aporte fluvial.
- 7.4.4 El análisis de los perfiles verticales y de las secciones oceanográficas para cada una de las variables estudiadas, indicó una capa de mezcla asociada entre los 40-50 en las estaciones oceánicas, en tanto que en el sector costero ($<50\text{ mn}$) de la región central del área de estudio, estuvo asociada a la profundidad de 20-30 m. En el sector norte del área de estudio, se detectó el mayor espesor de la capa de mezcla, alcanzando los 50-60 m de profundidad.



- 7.4.5 La penetración de aguas más cálidas y salinas asociada al extremo norte del área de prospección, involucró una leve profundización del estrato base de la termoclina, alcanzando valores entre 100 y 120 m. En el sector más costero la base de la termoclina se ubicó entre las profundidades de 50-70 m.
- 7.4.6 El análisis de los diagramas TS indicó que, en general, el área de estudio presentó tres masas de agua: ASAA, AESS y AIA.
- 7.4.7 La distribución horizontal a diferentes estratos de profundidad y el análisis de secciones horizontales de las variables medidas en este trabajo, sugieren una circulación costera de las AESS fluyendo hacia el sur, desviándose hacia el suroeste en los 37°S, hecho presumiblemente asociado a la tendencia a seguir la batimetría del río BíoBío.
- 7.4.8 Al igual que lo reseñado en el año 1994, se sugiere la existencia de una zona frontal de temperatura, densidad y oxígeno a 200 m de profundidad, de sentido noroeste, a la altura de los 37-38°S, debido a la separación costera de las AESS y al encuentro con las ASAA.
- 7.4.9 En este estudio no fueron detectadas inversiones de temperatura importantes (>1°C); no obstante existieron inversiones térmicas con la profundidad, pero de muy pequeña magnitud y en muy escaso número.

7.5 Plancton

- 7.5.1 El análisis de los grupos provenientes de colectas realizadas con redes de 300 y 500 micras, no mostró rangos amplios de diferencia numérica entre una y otra.



- 7.5.2 El análisis separado de cada tipo de muestreo detectó que la mayor abundancia zooplanctónica en forma conjunta, reuniendo todos los grupos identificados, se observó en las colectas con red de 300 micras.
- 7.5.3 Se identificaron en total 19 grupos zooplanctónicos, con valores mínimos y máximos de 16 y 839.414 individuos /1.000 m³, respectivamente.
- 7.5.4 El grupo que concentró el mayor porcentaje en la abundancia numérica en el área de estudio correspondió a los copépodos, los que constituyeron el 74 % y 58% de la abundancia total zooplanctónica en el muestreo de 300 y 500 um, respectivamente.
- 7.5.5 Los otros grupos de importancia numérica fueron en orden descendente los quetognatos, doliólidos y eufáusidos, pero sus porcentajes de abundancia fueron muy inferiores a la presentada por los copépodos.
- 7.5.6 La mayor distribución espacial dentro del área explorada la presentaron los copépodos.
- 7.5.7 En términos generales las abundancias promedio de los grupos más importantes, se observaron con sus valores más altos hacia la zona centro del área de estudio, entre la latitud 35°20'S y 37°40'S.
- 7.5.8 En forma global las densidades de los 4 grupos más abundantes se registraron principalmente en el área costera.
- 7.5.9 Los valores más altos de la biomasa zooplanctónica estuvieron focalizados en la zona costera, entre Constitución y punta Rocura.



7.6 Asociaciones

7.6.1 En el área de estudio el 38,4% de los Intervalos Básicos de Muestreo, con presencia de jurel se presentan entre la superficie y los 49 m. de profundidad, el 51,6% se encuentra entre los 50 y los 99 m y el 10,1% se presenta a profundidades superiores a 100 m.

7.6.2 En el área de concentración de jurel:

- el 78% se distribuye en temperatura superficial de 15 a 15,9 °C. A 50 m de profundidad se presentan dos modas, una entre 12 a 12,9 °C y otra entre 15 y 15,9 °C, con una presencia de jurel de un 29,1 y 43,2%, respectivamente.
- el 80,9% del jurel se encuentra en salinidad superficial de 34,2 ppm. A 50 m. de profundidad sólo el 33,3% del jurel se presenta a esa salinidad.
- el 72% del jurel se encuentra en aguas superficiales donde el sigma-t está entre 25,2 y 25,3. A 50 m. de profundidad la participación porcentual de jurel en este tipo de agua disminuye a un 47%.
- a 50 m. de profundidad el 56,0% del jurel se encuentra en aguas pobres en clorofila integrada de 15 a 24 mg/m² y bajo niveles de CPD (Capa de Dispersión Profunda). El 59,0% de jurel se encuentra en aguas donde la presencia de eufáusidos es de 300 a 899 individuos/1000 m³.

7.6.3 La asociación entre la distribución de jurel y las variables bioambientales no es significativa. Las variables consideradas son la temperatura del mar, la salinidad, el sigma-t.



7.6.4 La asociación entre el área de distribución del jurel y:

- los eufáusidos es baja ,variando el índice de Cramer's V, entre 0,12 y 0,20, produciendosé la más alta a 50 m de profundidad.
- la clorofila integrada es baja, variando el índice de cramer's V, entre 0,10 y 0,22, produciendosé la más alta a 50 m de profundidad. Por otro lado, se mejora la relación al trabajar con el coeficiente de correlación parcial, alcanzando éste a 0,331.
- y la capa de dispersión profunda, es baja En la zona sur varía entre 0,15 y 0,16 siendo la más alta en la superficie.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancibia, H. L. Miranda, S. Núñez, G. Vasquez y E. Yañez. 1995. Determinaciones de las relaciones tróficas en el recurso jurel. En: Arancibia H. L. Vilugrón y D. Arcos (Eds.) Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro sur, V a IX Regiones, Informe Final, Proyecto FIP 018-93. Organismo ejecutor: Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A.
- Aranis, A y J. C. Mendieta, 1986. Manual de muestreo biológico. Documento técnico interno. Inst. Fom. Pesq.. Santiago, Chile. 23 p., anexos.
- Arcos, D. F. 1975. Copépodos Calanoideos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. *Gayana Zool.* 32:1 - 31.
- Arcos, D. F. 1987. Seasonal and short time-scale variability in copepod abundance and species composition in an upwelling area off Concepcion coast, Chile. Ph. D. Thesis Dissertation. State University of New York, Stony Brook, 203 pp.
- Andrianov D. P., 1987. Sobre la biología reproductiva del jurel peruano. In: *Biología y pesca comercial del jurel en el pacifico del sur*. D. Arcos & A. Grechina (De), Instituto de Investigaciones Pesquera, Talcahuano, Chile: 25-35.
- Bahamonde, R., G. Henríquez, P. Pavez, B. Ramírez y N. Silva. 1979. Evaluación recursos camarón y langostino entre Coquimbo e Isla Mocha. Informe CORFO. Ins. Fom. Pesq. Chile (AP 79 - 40).



- Barange, M., and I. Hampton, 1994. Influence of trawling on in situ estimates of cape horse mackerel (*Trachurus Trachurus capensis*) target strength. ICES, J. Mar. Sci., 51: 121-126.
- Barange, M., I. Hampton and M. A. Soule, 1995. Empirical determination of in situ target strengths of three loosely-aggregated pelagic fish species. In press, Aberdeen, Gran Bretaña, 20 pp.
- Barbieri, M. A. 1981. Variabilité des données acoustiques utilisées dans l' evaluation des bomasses halieutiques par echo-Integration. Thesis doctorat 3eme cycle. Univ. Bretagne Occidentale, Brest (Francia), 197 pp.
- Barbieri, M. A. y J. Córdova. 1986. Estudio de la variabilidad de los datos obtenidos en cruceros hidroacústicos. En: La pesca en Chile. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso. pp.: 249-259.
- Barbieri, M. A., J. Córdova, S. Lillo, J. Castillo, G. Böhm, J. L. Blanco, E. Yáñez, V. Catasti, H. Robotham, H Arancibia, O. Guzmán y F. Gerlotto. 1996. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la zona centro-sur (fase crucero metodológico). Informe de avance al FIP. IFOP, Chile. 52 p + anexos y figs.
- Barnes, R. 1986. Zoología de los invertebrados. México, D.F., Interamericana. 1.157 p.
- Bloom, S. A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5:125-128.



- Boltovskoy, 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina
- Bougis 1974, P. 1974. Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton. 200 p.
- Braun, M. 1992. Programa básico de monitoreo de marea roja en la XII región. Informe Técnico, Inst. Fom. Pes. 88 pp. + Anexos.
- Braun, M. J. L. Blanco y J. Osses. 1993. Investigación Monitoreo de la marea roja en la XII región. Inf. Técnico, IFOP.
- Bodenheimer, F. 1955. Précis d'ecologie animale. Payot, Paris. 235p.
- Cárdenas, E. G. 1986. Observaciones sobre la composición del zooplancton en ensenada baja entre 1984 y 1985 e Isla Carmen entre agosto y diciembre de 1985. Informational Brief 20. Introduc. into Aysén of Pac. Salmon, Jica, SERNAP, 17 pp.
- Castillo, J., S. Lillo y M. Espejo. 1992. Distribución y abundancia de los recursos pelágicos en junio de 1992. En: Monitoreo mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográficas zona norte. Informe a Empresas Pesqueras y Subsecretaría de Pesca. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile. pp: 65 - 83.
- Castillo, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán y U. Parker. 1995. Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV. Informe Proyecto al FIP. IFOP, Chile, 152 p. tablas, fig + anexos.



- Céspedes, R., L. Adasme; H. Reyes; M. Braun; E. Figueroa; V. Valenzuela; V. Ojeda y R. Roa. 1996. Identificación de Areas de Reclutamiento de Merluza del Sur, en la Zona Sur Austral. Informe Final FIP 93-20, Abril 1996 145pp + Tablas y Figuras.
- Córdova, J., J. Castillo y M. Espejo. 1990. Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Mayo 1990. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 48 - 85)
- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M. Rojas. 1995. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).
- Chesson, J. 1978. Measuring preference in selective predation. *Ecology*, 59(2):211-215
- Chirichigno, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Inf. Inst. Mar Perú (Callao)*, 44: 387 pp.
- Dahl, K. y E. Kirkegaard. 1987. The diet and consumption of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Eastern North Sea, august 1986. ICES C.M. 1987/H:43.
- Diana, J. S. 1979. The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike (*Esox lucius*). *Can. J. Zool.* 57:2121-2127.



- Eastman, J.R. 1995. IDRISI for Windows. User's Guide Version 1.0. Clark University Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. 239p.
- Ermolovich C. I. and L. G. Gardina, 1987. Alimentación del jurel. In: Biología y pesca comercial del jurel en el pacífico del sur. D. Arcos & A. Grechina (De), Instituto de Investigaciones Pesquera, Talcahuano, Chile: 55-60.
- Evseenko, S. A. 1987. Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. *Voprosy Ichthyologii*, 27(2):264-273.
- Figueroa, D., M. Sobarzo, L. Soto y P. Davila, 1994. Oceanografía física. En: Informe final proyecto "Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sir, V a IX regiones. FIP, 221p
- Foote, K. 1986. Mantaining precision calibrations with optimal cooper spheres. *Journal of the Acoustical Society of America*.
- Foote, K. and J. Rivoirard 1992. Geostastical analysis of acoustic survey dat on = group herring in Fjord. *IVES. C. M. 1992/ D: 10. 14 p.*
- Foote, K., H. Knudesn and G. Vestnes. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. *Internacional Council for the Exploration of the sea. Copenhagen. Denmark. 70 p.*
- Frontier, S.1966. Zooplankton de la región de Nosy-Bé I) Programa des recoltes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. *Cah Orstom (océanogr.)*, 4(3):3-37.



- Grechina, A. 1992. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en alta mar del Pacífico Sur. H. Arancibia y L. Cubillos (Eds). Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 1, Núm. 2:47 pp. + 21 figs.
- Griffiths, F.B., G.H. Brown, D.D. Ried y R.R. Parker. 1984. Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. *J. Plank. Res.*, 6(5) : 721-731.
- 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.
- Hirakawa, K. 1984. Seasonal distributions of zooplankton in the surface waters of Aysen Fiord, Southern Chile. *Introducción into Aysen Chile of Pacific Salmon, Informational Brief*, 9.
- Hansen, R., W. Madow y W. Huwitz. 1954. *Sample survey methods and theory. Volume I and II. Methods and applications*: John Wiley and Sons, INC.
- Hays, W.L. 1994. *Statistics (Fifth Edition)*. New York: Harcourt Brace.
- Holden, M. y D. Raitt. 1975. *Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. Doc. Tec. FAO sobre pesca . 115: 221 p.



Hynes, H. 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitus*)

Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17:411-429.

IFOP. 1993. Estimación de la biomasa del recurso jurel en la zona centro-sur de Chile. Capítulos III y IV. Crucero primavera 1992. Informe IFOP, 380 pp.

Jones, J. B. 1990. Jack mackerel (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. N. Z. Fish. Tech. Rep. 23: 28 pp.

Konchina, Y. 1980. The Peruvian jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi*, a facultative predator in the coastal upwelling ecosystem. *J. Ichthyol.* 20(5):46-59.

Konchina, Y. 1983. The feeding niche of the hake *Merluccius gayi* (Merlucciidae), and the jack mackerel, *Trachurus symmetricus* (Carangidae) in the Trophic System of the Peruvian Coastal Upwelling. *J. Ichthyol.* 23(2):87-98.

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

Lillo, S y A. Paillaman. 1995. Evaluación directa de merluza común. En .Evaluación hidroacústica de la merluza común. Sección 1. En : Evaluación hidroacústica del stock de merluza común explotado en la zona centro sur. Informe final. FIP-IFOP.



- Livingston, P. A., D. A. Dwyer, D. L. Wencker, M. S. Yang y G. M. Lang. 1986. Trophic interactions of the key fish species in the Eastern Bering Sea. Inst. North. Pacific Fish. Comm. Bull., 47:49-65.
- Love, R. H.. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. J.Acoust. Soc. Am., 62, 1397-1403.
- MacLennan, D. and J. Simmonds. 1992. Fisheries acoustics. Chapman Hall, London: 325 pp.
- Macpherson, E. 1985. Efecto de la predación de *Lophius upsicephalus* sobre la población de *Merluccius capensis*. ICSEAF Coll. sci. Pap. int. Comm. SE Atl. Fish.:155-162.
- Mehl, S. y T. Westgard. 1983. Gastric evacuation rates in mackerel (*Scomber japonicus* L). ICES C.M./H:33, Pelagic Fish. Comm., 11 pp.
- Massé J. and N. Retière. 1995. Effect of number of transects and dentification hauls on acoustic biomass estimates under mixed species conditions. Aquat Living Resours., 8, 195-199.
- Millero, F. y A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.
- Newell, G.E. y R.C. Newell. 1966. Marine plankton a practical guide. Hutchinson Educational, University of London. 221 pp.



NODC. 1991. National oceanographic data center, user guide. En: Key to oceanographic records documentation N°14 NOAA.

Osses, J. y J. L. Blanco. 1991. Condiciones oceanográficas en la zona centro sur de Chile, durante julio de 1991. Crucero INDUSUR 9102. En: Estimación de la biomasa del recurso jurel en la VIII Región y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas. Programa investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona centro sur.

Palma, S. y K. Kaiser. 1993. Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.

Parsons, T. R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. A Manual of chemical and biological methods for seawater analysis 172 pp. Pergamon Press.

Petitgas, P. 1991. Contributions geostatistiques a la biologie des peche maritimes. These de doctorat., Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 211 p

Petitgas, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessment: a review and on acoustic applications. ICES J. mar. Sci., 50: 285 - 298.

Petitgas, P. and A. Prampart. 1993. EVA (Estimation variance) Logiciel de geostatistique puor IBM-PC effectuant l'analyse structurale et les calculs de variance d'estimation es quantities totales pour des donnees geographiquement correlees. ICES C.M. 1993/D:65.

Pinkas, L., M. S. Oliphant y L. K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull. Calif. 152:105 pp.



- Pond, S. y G. L. Pickard. 1983. *Introductory Dynamic Oceanography*. Pergamon Press, 241 p.
- Quiñones, R., H. Muñoz, R. Serra, S. Núñez, J. Córdova y D. Figueroa. (Eds.). 1995. Informe Final. Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero Instituto de Investigación Pesquera. Sección trofodinámica. 221p +285 figuras.
- Robertson, A. 1979. An improved apparatus for determining plankton volume. *Fish. Bull. S. Africa* (6): 23-36.
- Robotham, H y J. Castillo. 1990. The bootstrap methods: An alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. *Rapp. P.-V. Cons. Int. Explor. Mer.* 189:421-424.
- Serra, R. 1976. Escalas de madurez sexual para Sardinia Española (*Sardinops sagax musca*, Girard) y Jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*, Nichols). *Invest. Pesq. Inst. Fom. Pesq.* 24: 20 pp.
- Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Invest. Pesq. (Chile)*, 36: 67-83.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Blanco, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses, R. Quiñones y H. Robotham. 1994. Evaluación directa del stock de jurel en la zona centro-sur. Informe Final. *Inst. Fom. Pesq.* pág. 60 - 72.



Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Olea, A. Paillamán, R. Quiñones & M. Sobarzo. 1994a. Informe Final. Programa para la evaluación del recurso jurel e investigación asociada. Años 1991-1992. Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Investigación Pesquera. ASIPES: 110 pp. + 149 figs.

Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, M.A. Barbieri, J. Blanco, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses, R. Quiñones & H. Robotham. 1994b. Informe Final. Proyecto Evaluación directa del stock de jurel en la zona centro-sur. Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Investigación Pesquera. Fondo de Investigación Pesquera. 148 p. + 128 figuras.

SIMRAD, 1991. SIMRAD EK-500 Scientific echosounder. Operation. P217E.0.
15p. manual

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

Torres, A., O. Guzmán y J. Castillo. 1984. La vejiga gaseosa como órgano resonante y su influencia en la intensidad sónica. Invest. Pesq. (Chile) 31: Instituto de Fomento Pesquero, Santiago: 81 - 88.

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

Ursin, E. 1973. On the prey size preferences of cod and dab. Meddr. Danm. Fisk.-og. Havunders 7:85-98.



Vidal, J. 1968. Copépodos Calanoídeos epipelágicos de la expedición Marchile II, *Gayana Zool.*, 15:1 - 98.

Volter, K. M. 1985. *Introduction to Variance Estimation* xii, 428 pp.

Vorobyov V. M., A. V. Ivanov 1981. Target strength measurements of the single fish during the acho survey. Meeting on Hydroacoustical methods for the estimations of marine fish populations, Cambridge, Mass. U.S.A., 25-29 June 1979, J. R. Suomala ed.

Worobec, M. N. 1984. Field estimation of the daily ration of winter flounder, *Pseudopleuronectes platessa* (Walbaum) in a southern New England pond. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 77:183-196.

Yáñez E., V. Catasti, M. A. Barbieri, G. Böhm. 1996. Relaciones entre la distribución de recursos pelágicos pequeños y la temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en la zona Central de Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 24: 107-122.

Zar, J. 1984. *Biostatistical analysis*. Second edition. Prentice- Hall Inc.. New Jersey. 718 p.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

FIGURAS

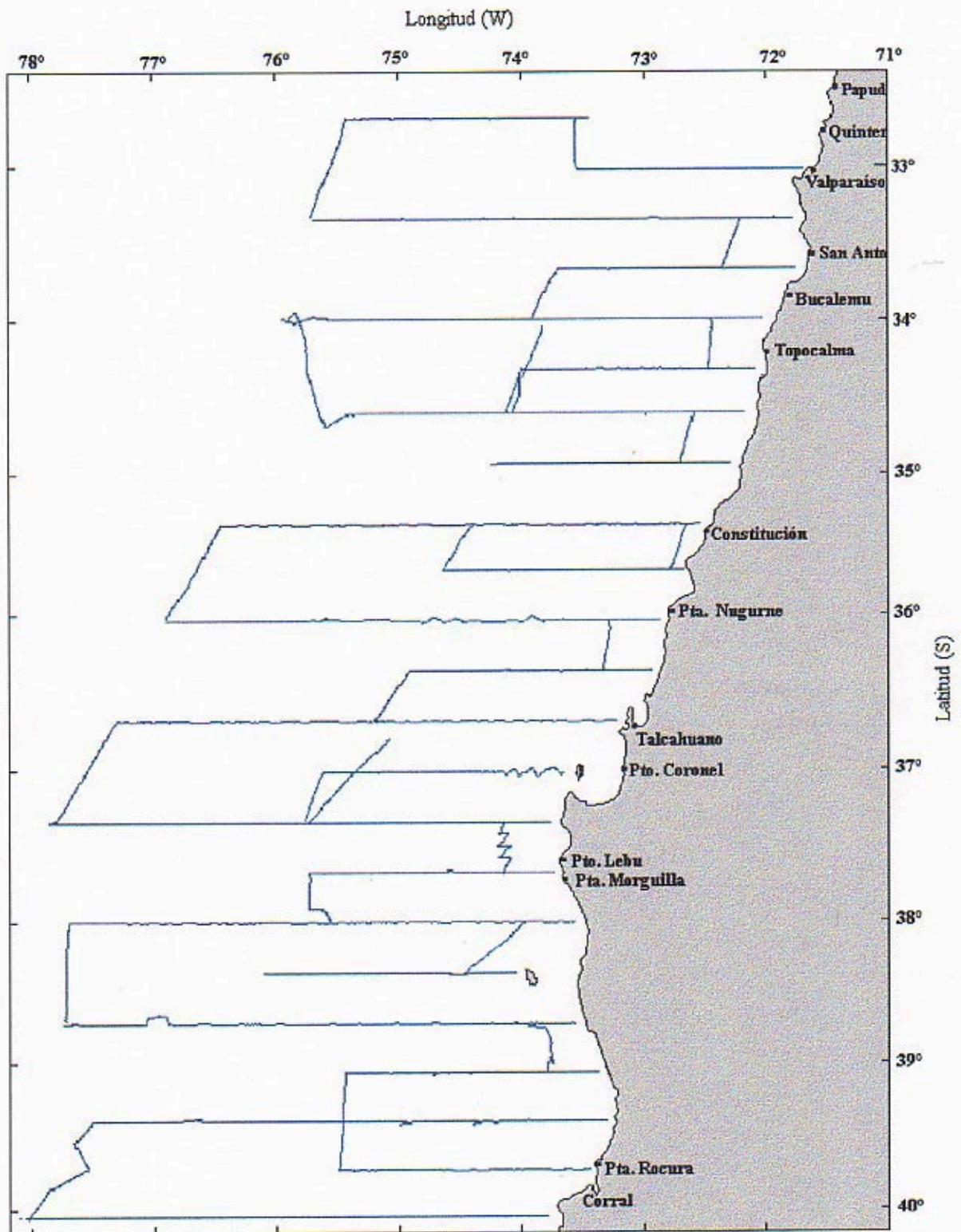


Fig 1.-Distribución de las transectas. Crucero 9705

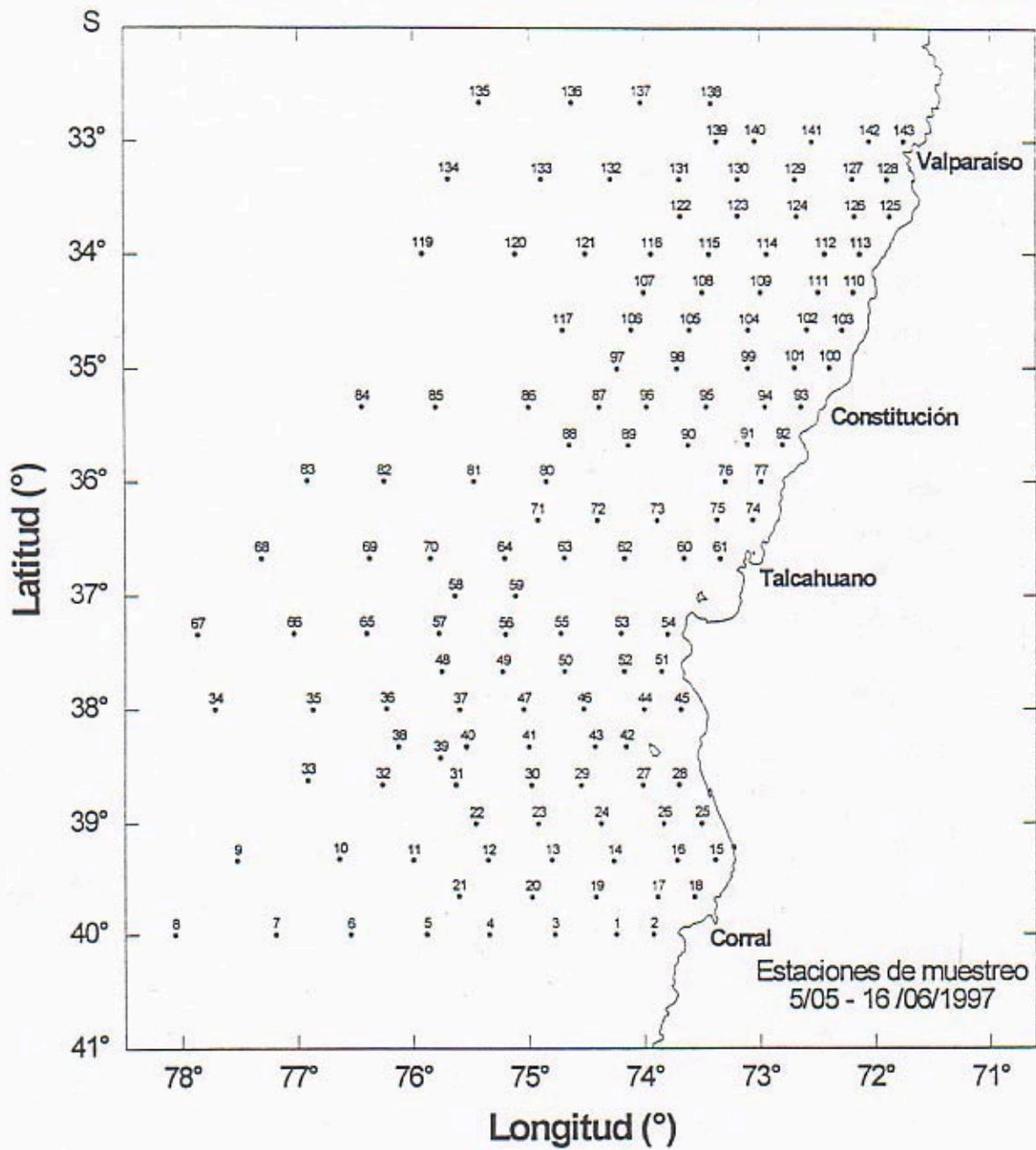


Figura 2. Estaciones de muestreo oceanográfico dispuestas en el área de estudio.

Categorías (Sa)

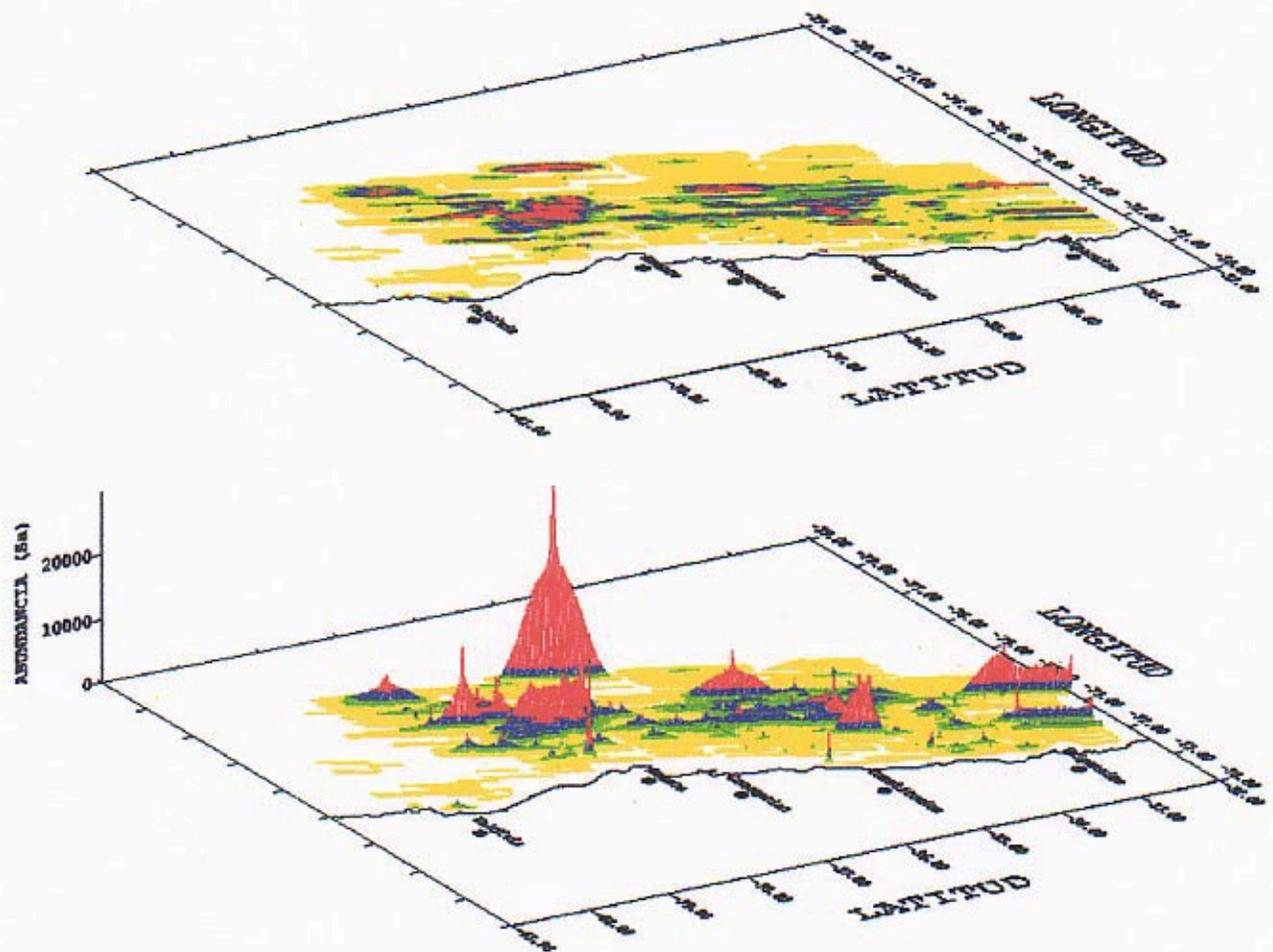


Fig 3.- Distribución espacial de la abundancia de jurel. Crucero 9705

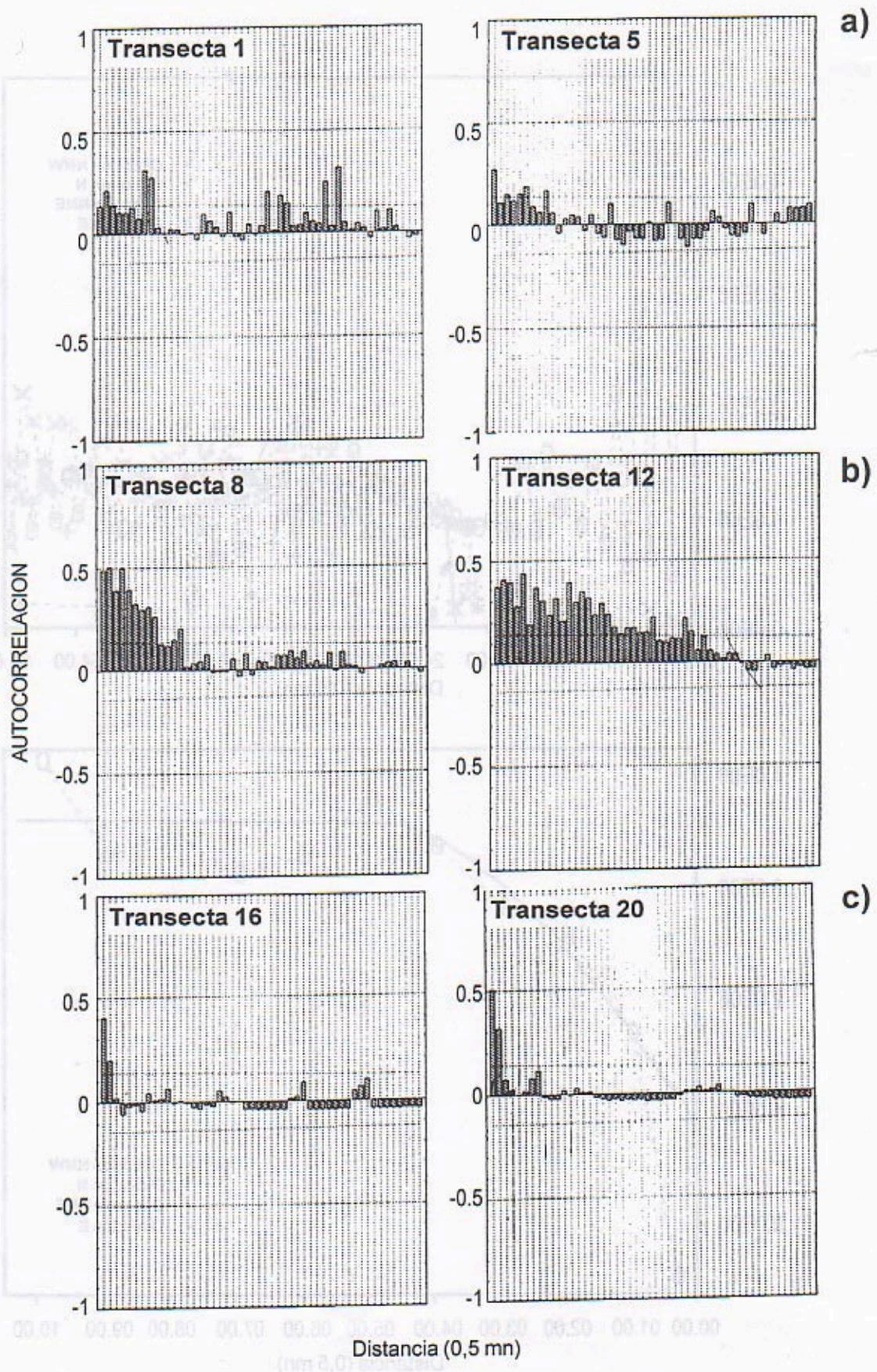


Fig. 4.- Correlogramas por sectores; a) Norte, b) Centro y c) Sur.

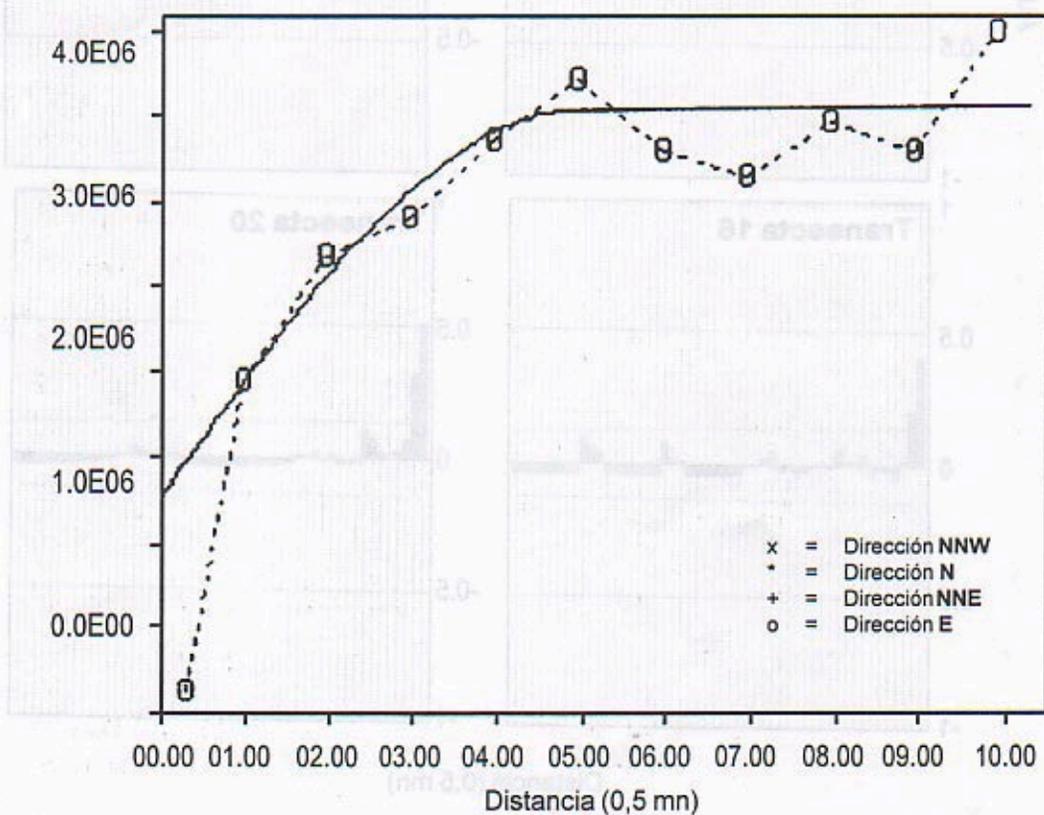
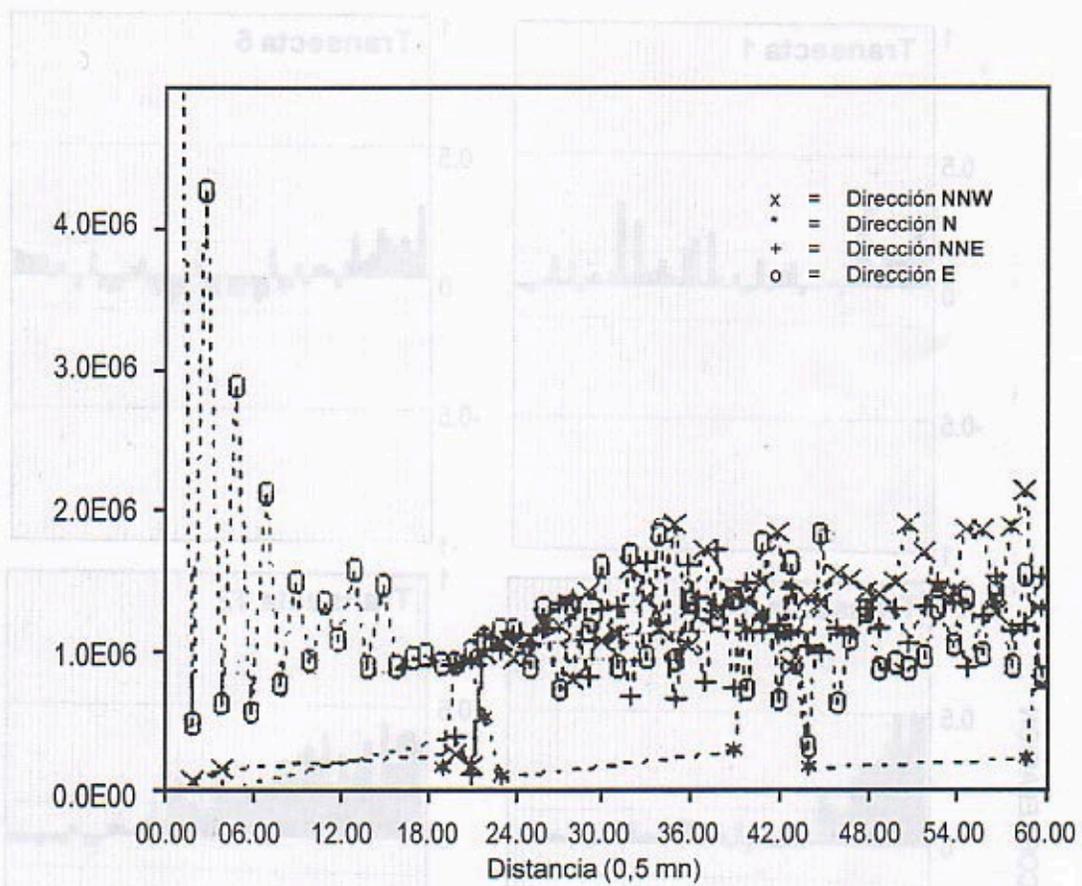
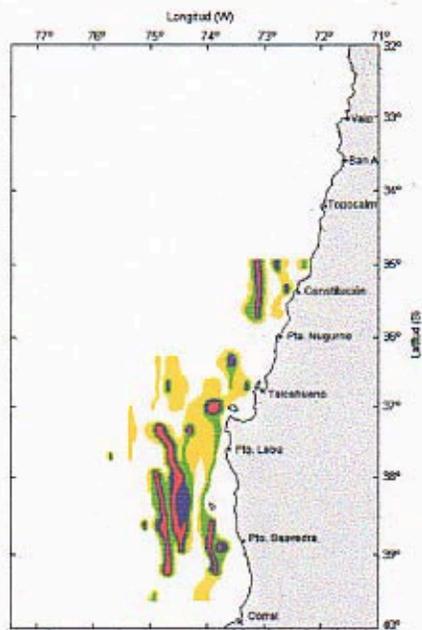
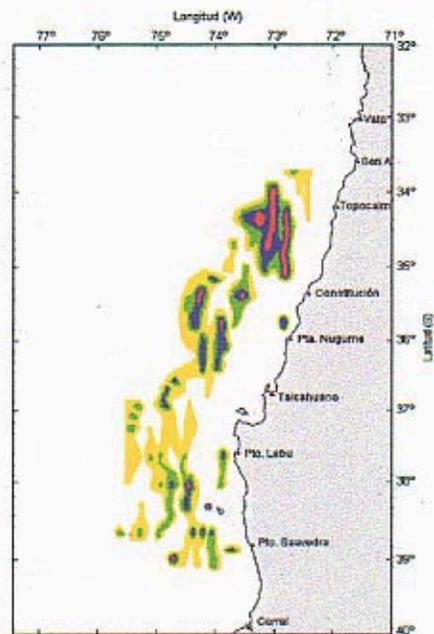


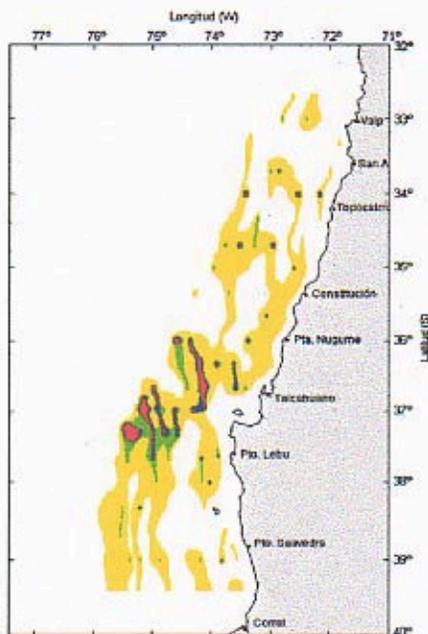
Fig. 5.- Variogramas por sectores; a) Anisotrópico, b) Isotrópico.



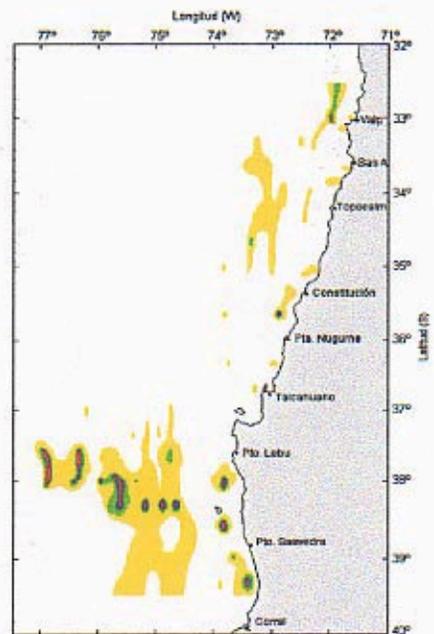
1991



1992



1993

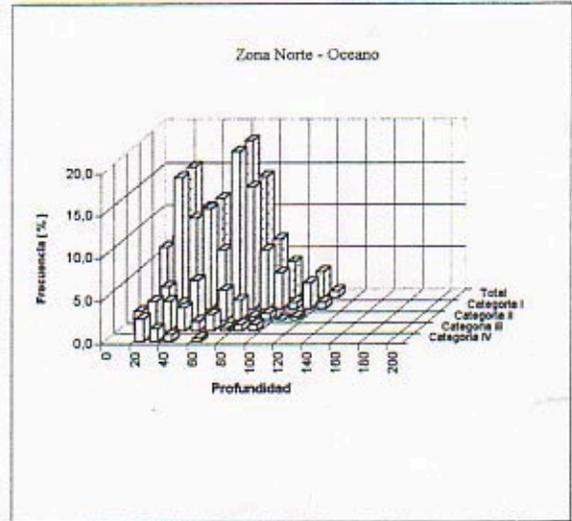
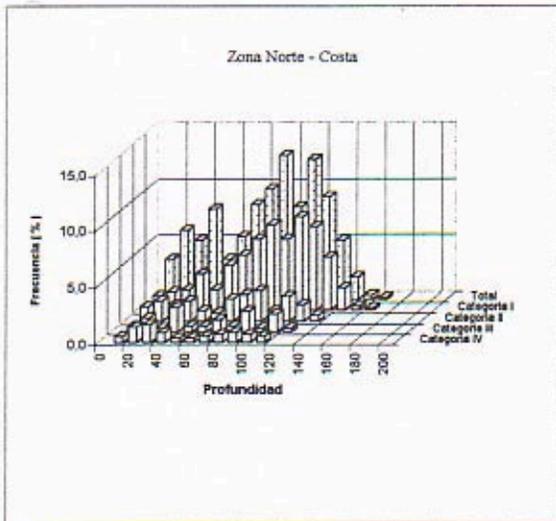


1994

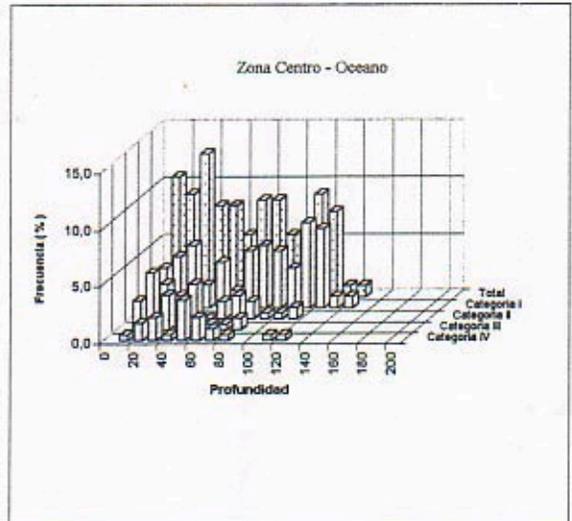
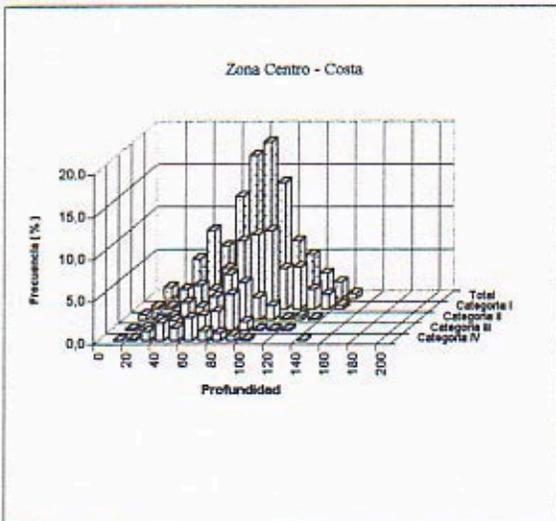
1 - 75 t/mn²
 76 - 150 t/mn²

151 - 300 t/mn²
 más de 300 t/mn²

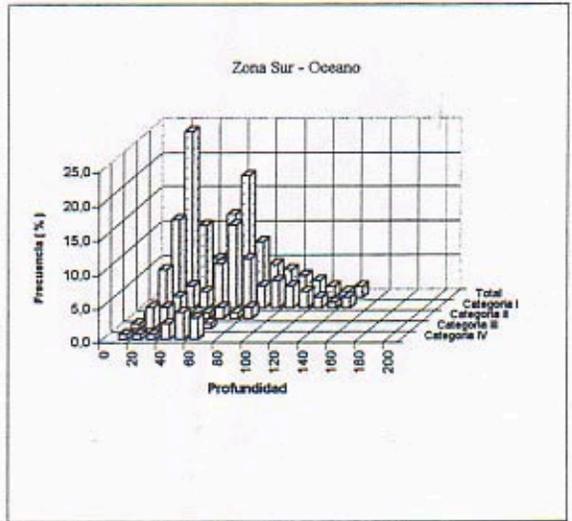
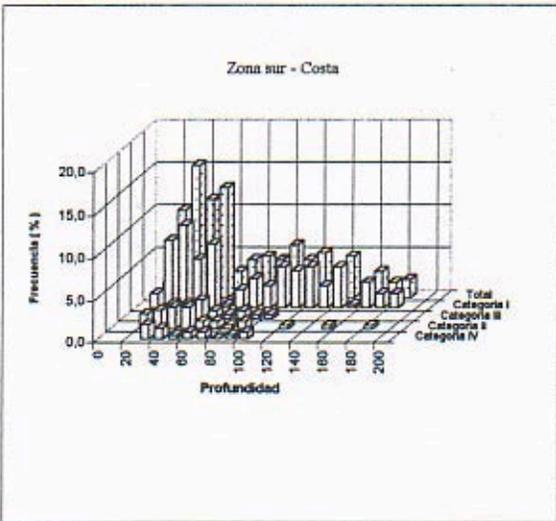
Fig. 6.- Distribución de biomasa cruceros acústicos de invierno 1991 - 1994



a) Zona norte



b) Zona centro



c) Zona sur

Fig 7.- Distribución batimétrica del jurel por categorías y total por sectores a) norte, b) centro y c) sur

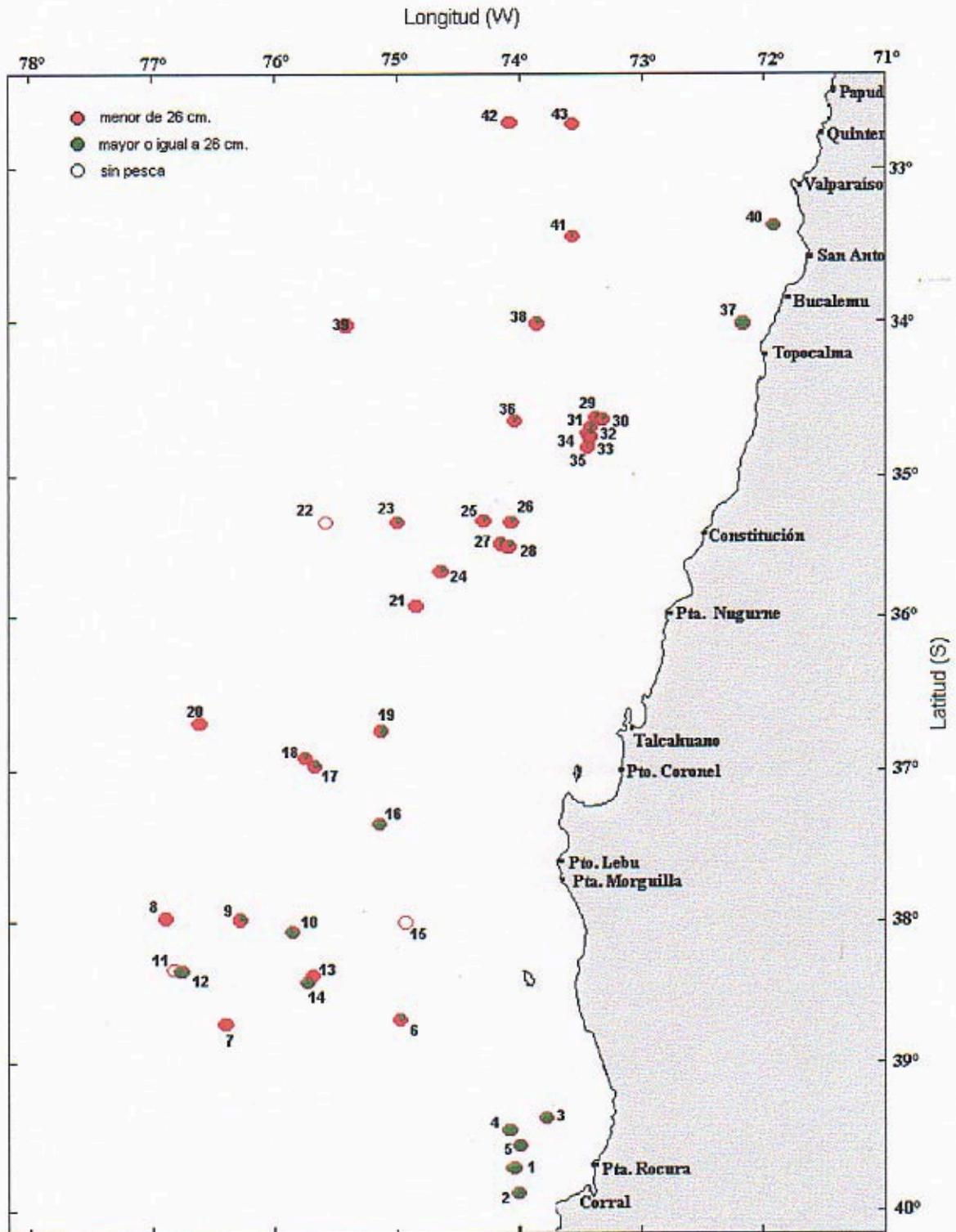


Fig 8.- Distribución geográfica de lances de pesca y porcentaje de ejemplares sobre y bajo la talla mínima legal. Crucero 9705

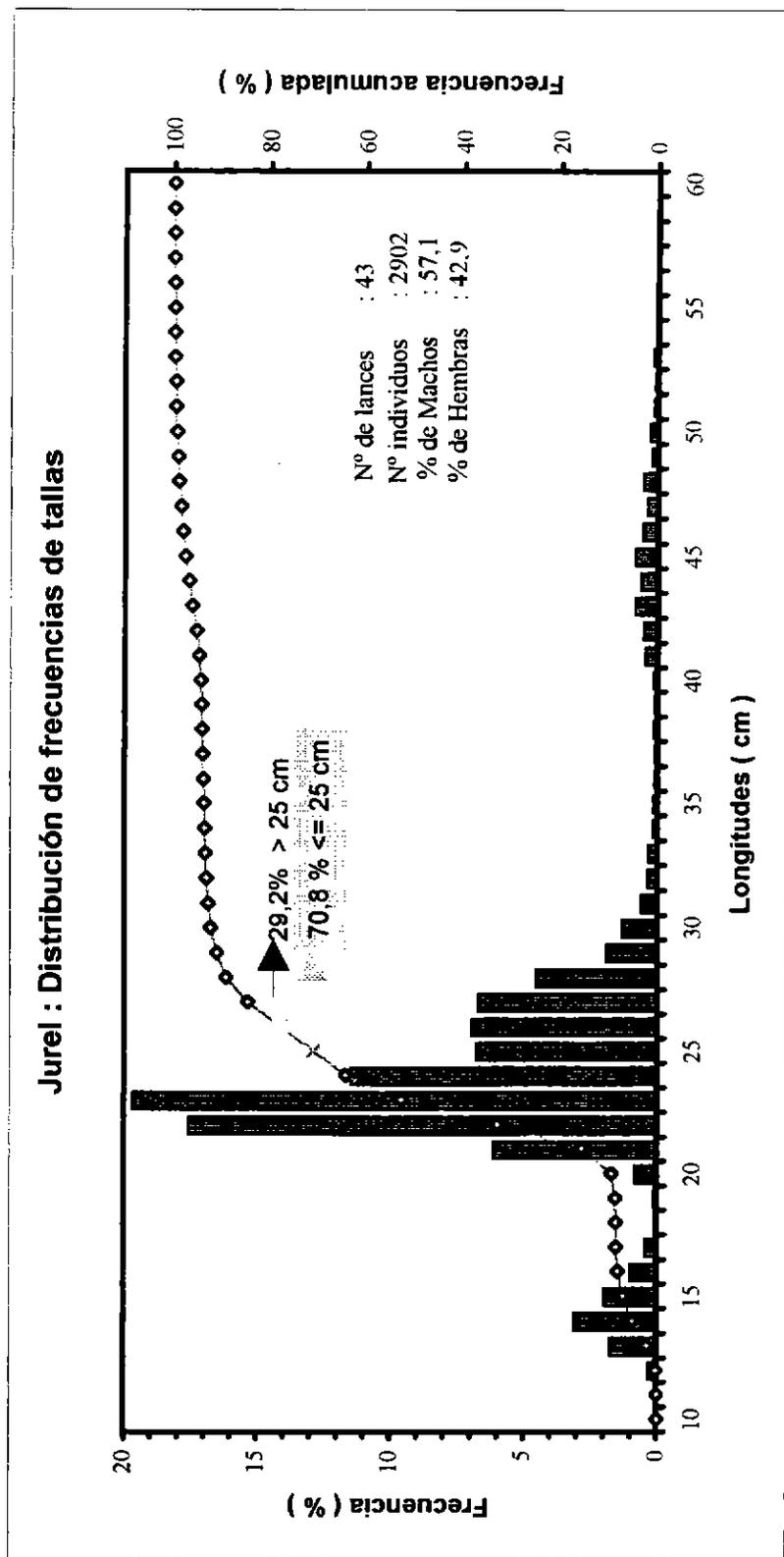
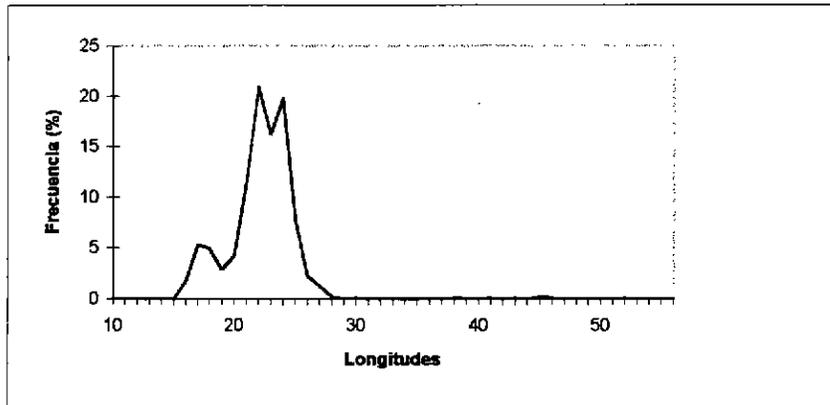


Fig 9 .-Distribución de frecuencia de tallas de jurel. Crucero 9705

a) Crucero noviembre 1997



b) Pesca comercial abril-mayo 1997 (Fuente : IFOP)

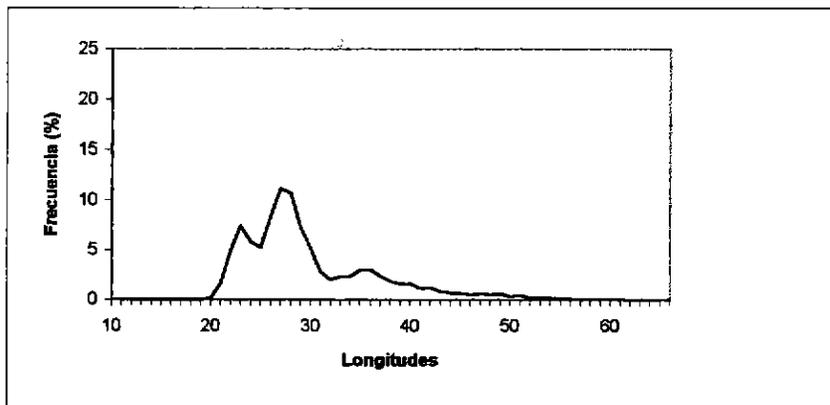
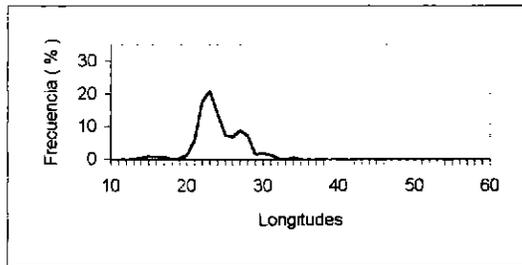
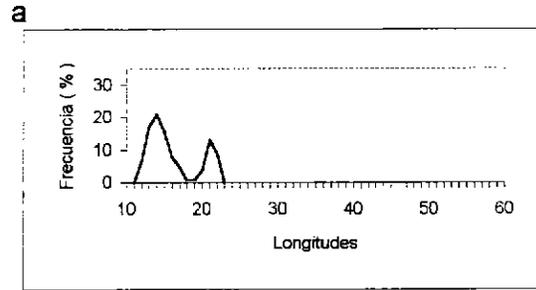


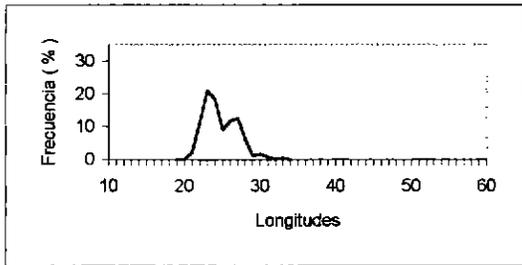
Fig 10.- Distribución de tallas en la zona de estudio : a) mayo 1997 y noviembre 1997



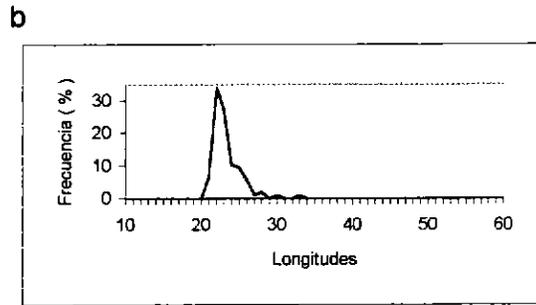
Zona Norte - Costa



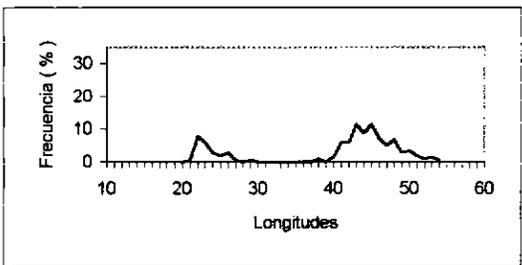
Zona Norte - Oceano



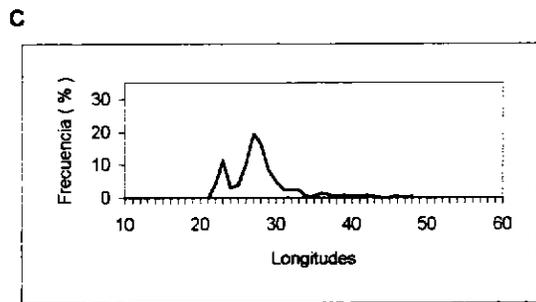
Zona Centro - Costa



Zona Centro - Oceano



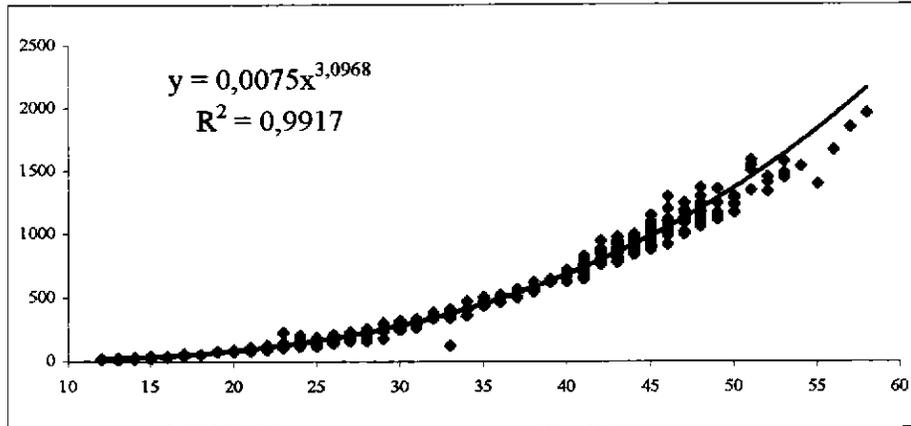
Zona Sur - Costa



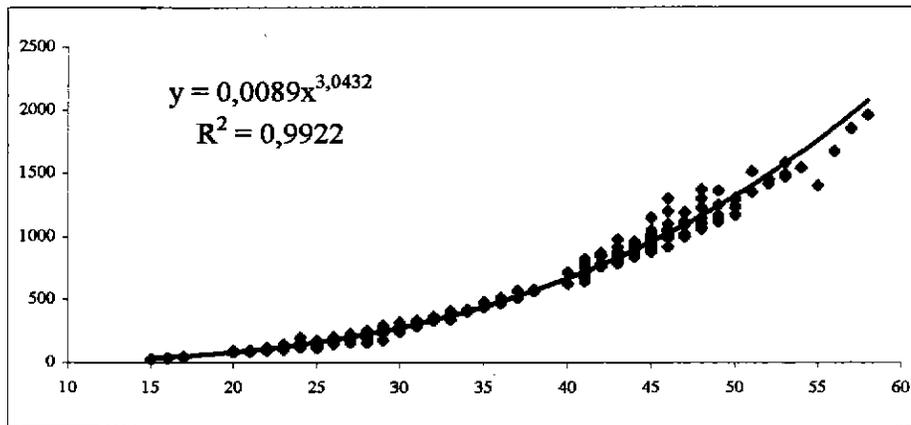
Zona Sur - Oceano

Fig 11.-Distribución de tallas por sectores: a) norte, b) centro y c) sur

a) Relación longitud peso ambos sexos



b) Relación longitud peso machos



c) Relación longitud peso hembras

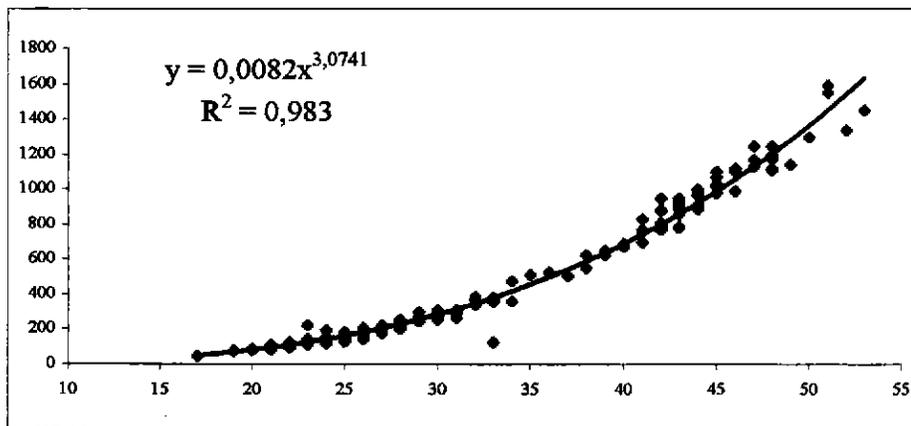


Fig 12.- Relaciones longitud-peso: a) total; b) machos; c) hembras

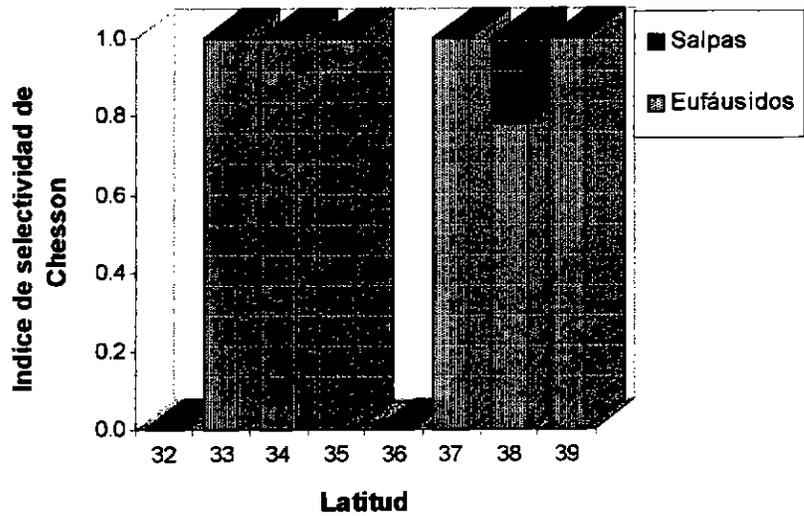


Fig 13.-Índice de selectividad de Chesson por latitud

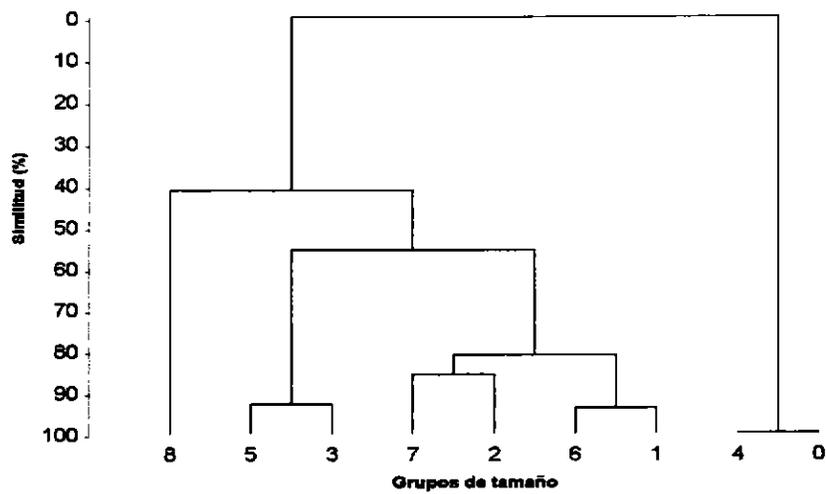


Fig14.-Similitud trófica de jurel por grupos de tamaño

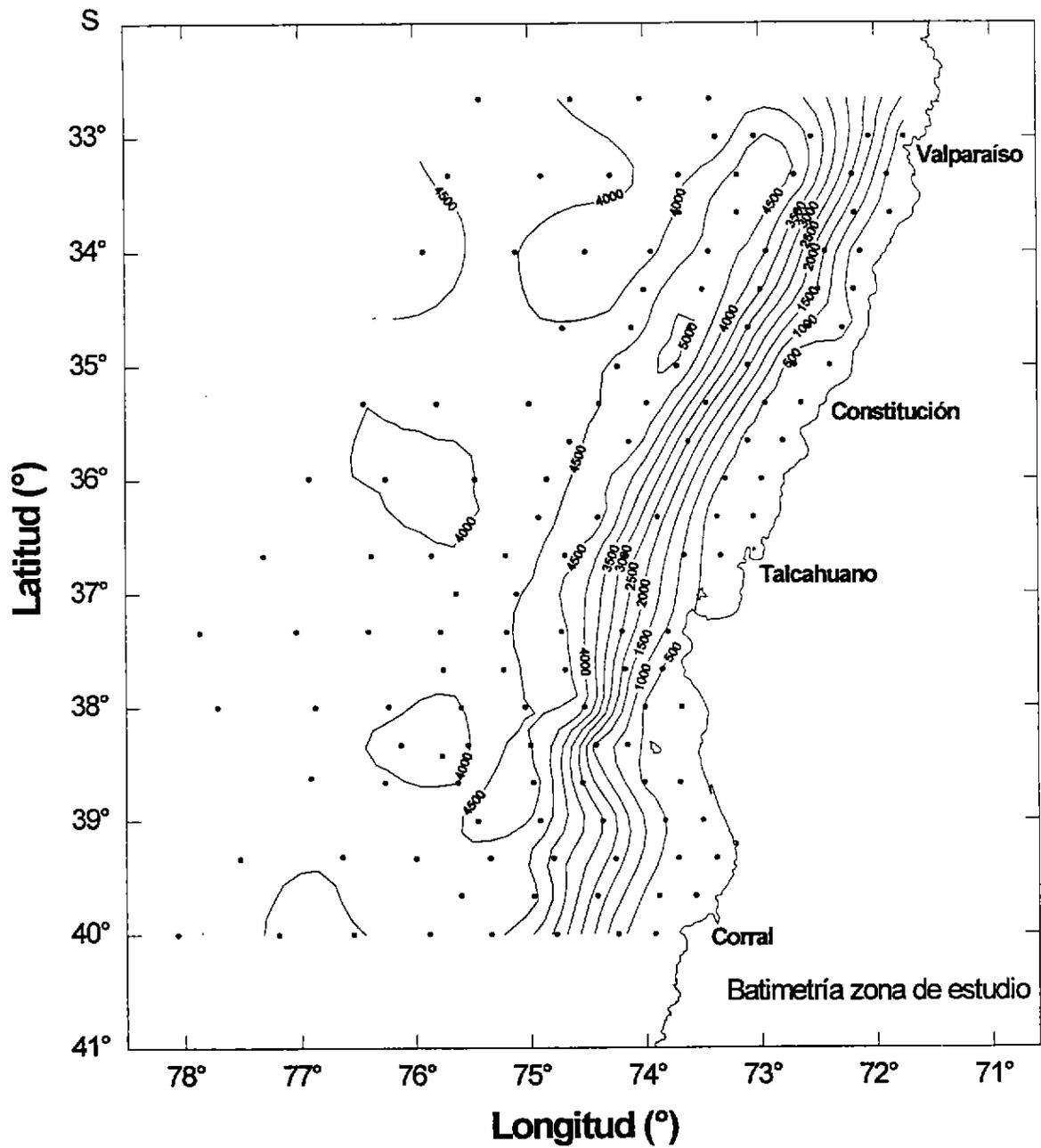


Figura 15. Batimetría global de la zona de estudio.

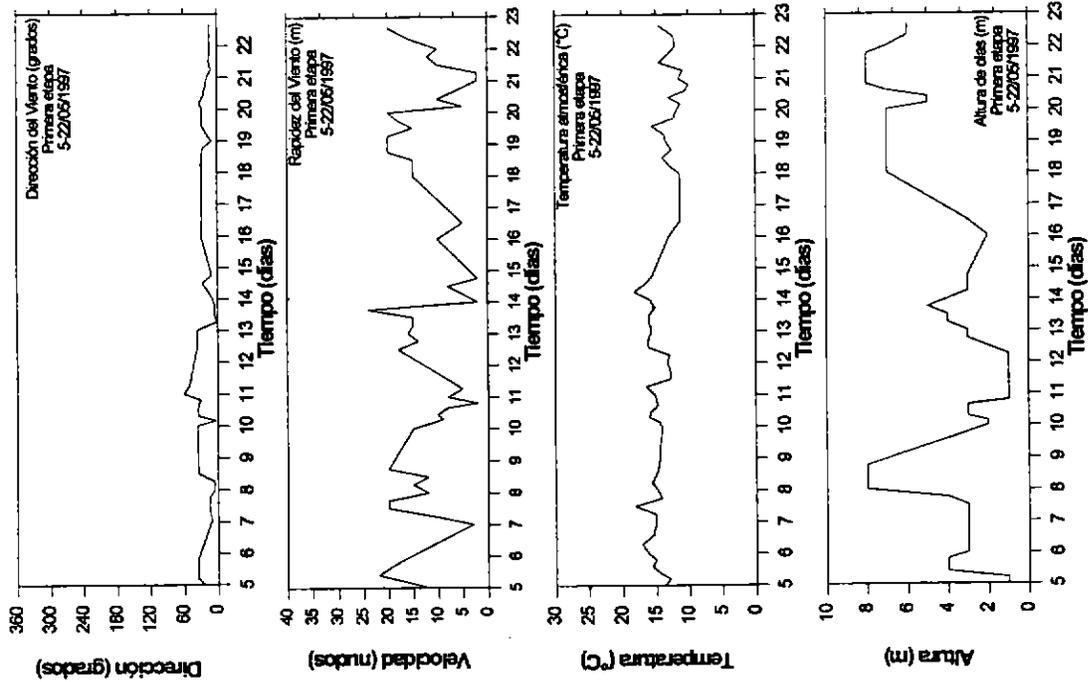
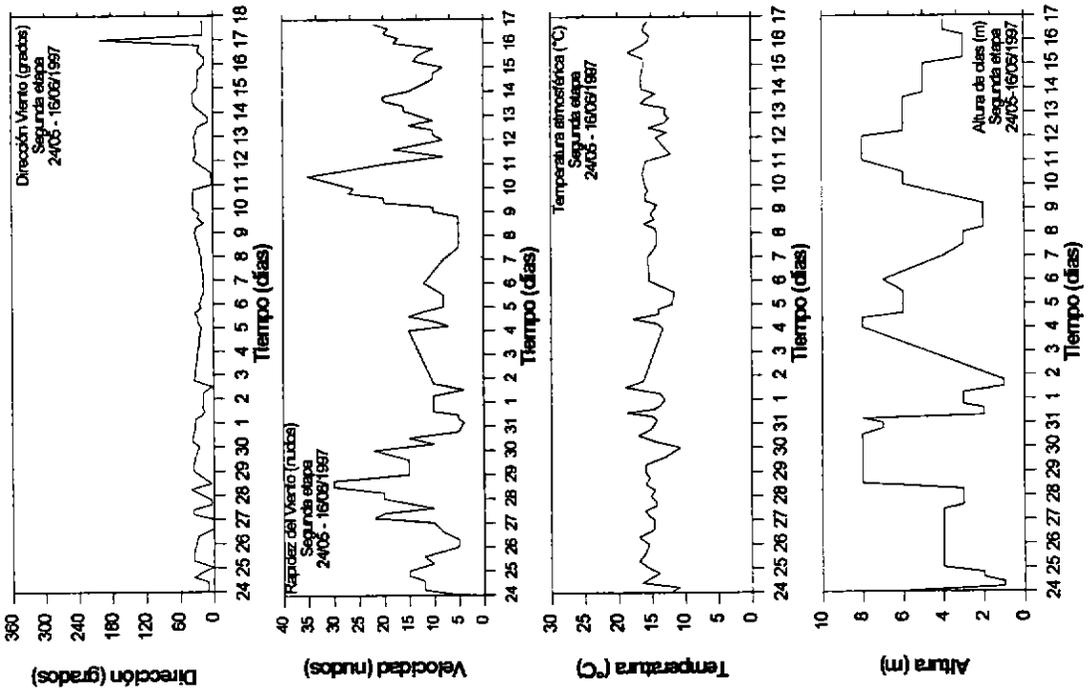


Figura 16. Variación de las condiciones meteorológicas en el período de estudio.

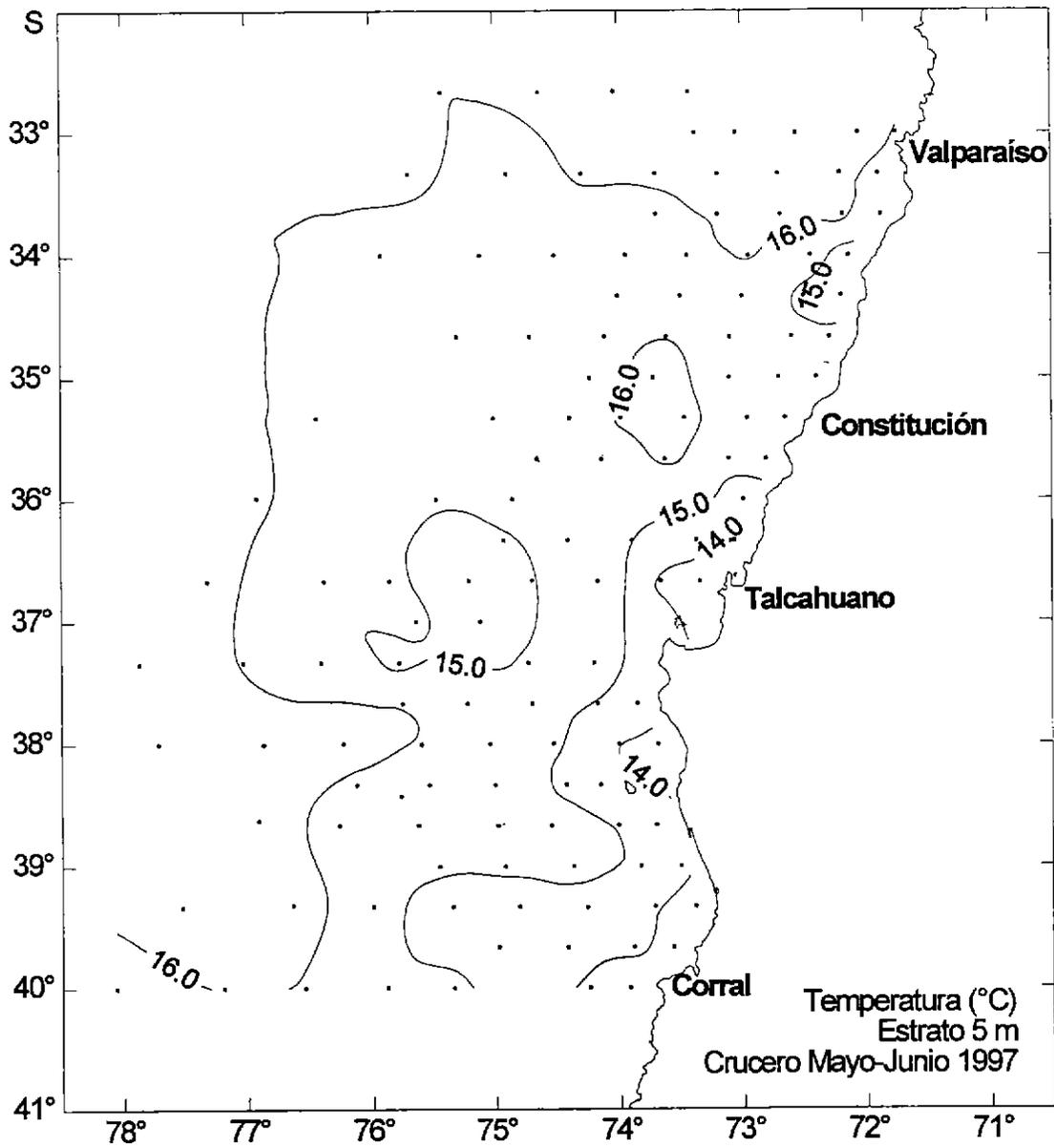


Figura 17. Distribución horizontal de la temperatura. Estrato de 5m.

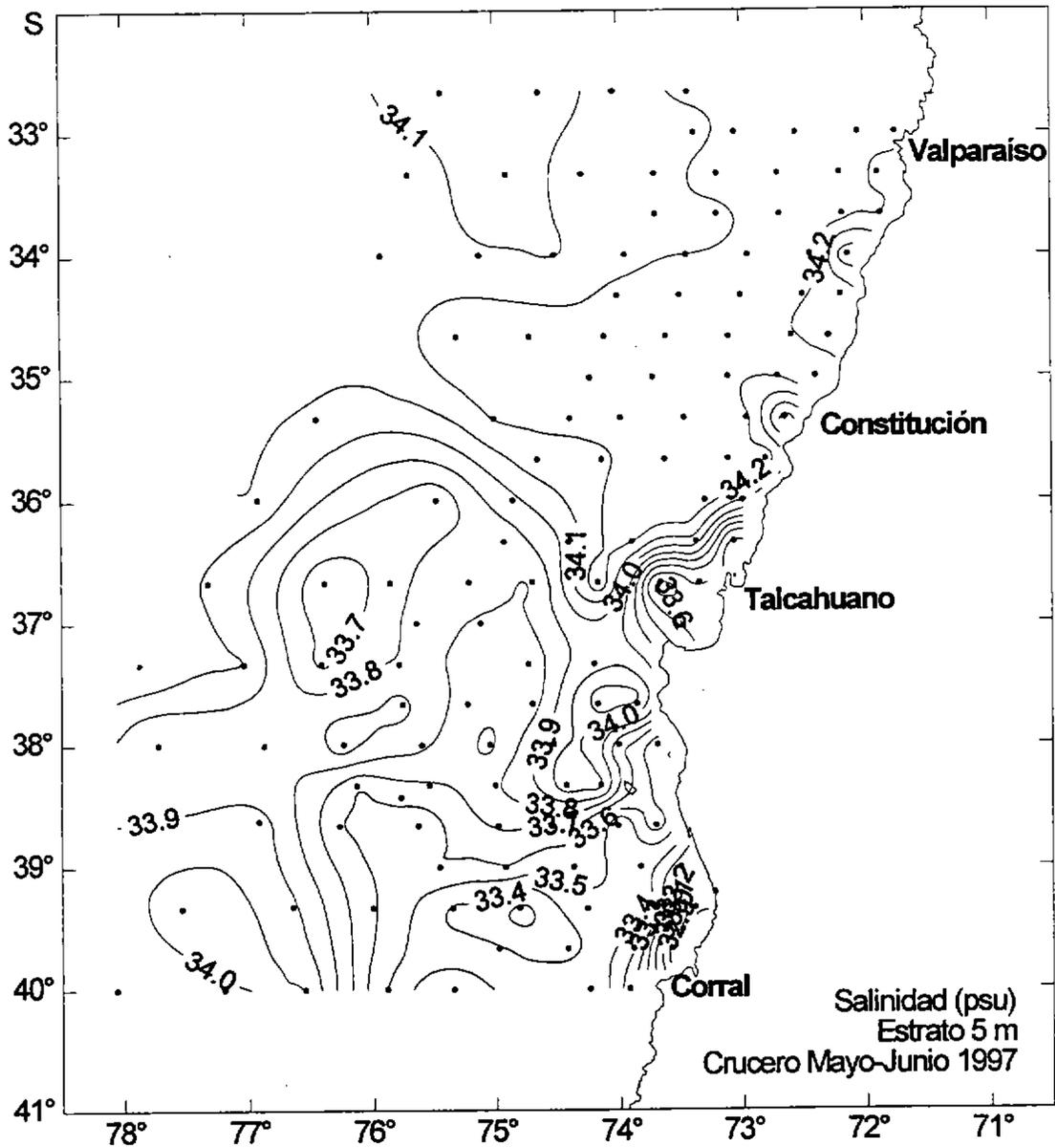


Figura 18. Distribución horizontal de la salinidad. Estrato de 5 m.

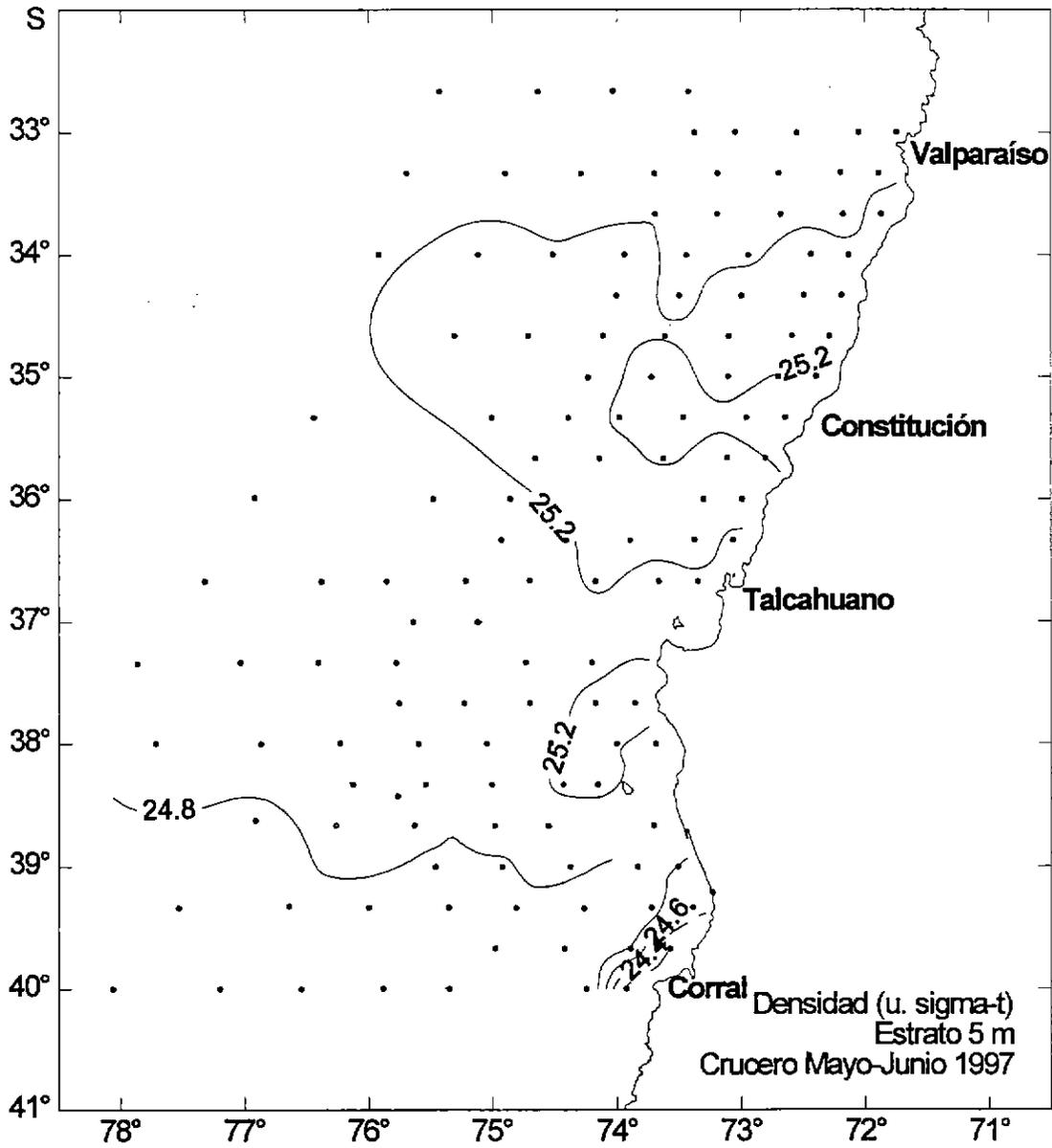


Figura 19 Distribución horizontal de densidad. Estrato de 5 m

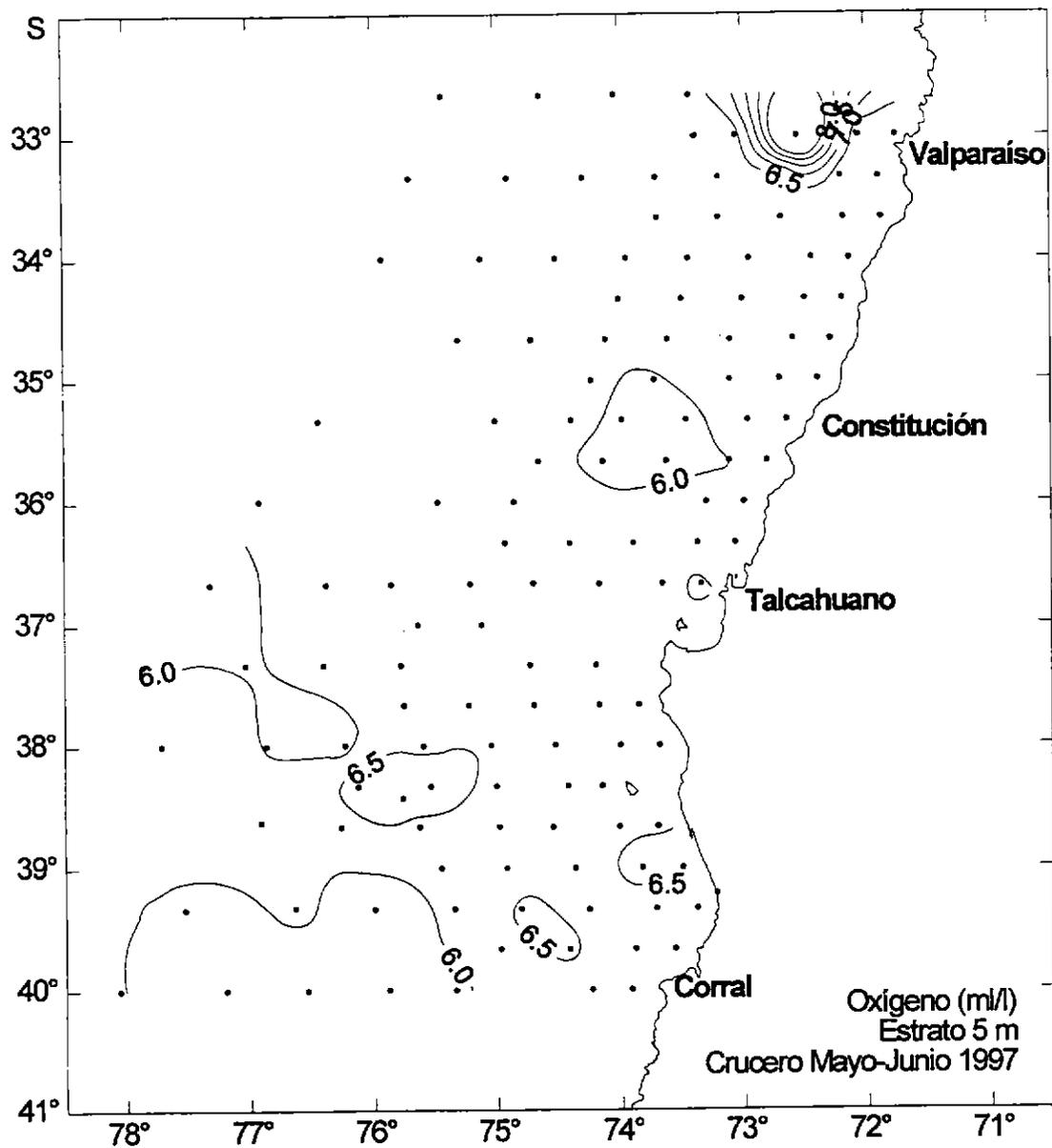


Figura 20. Distribución horizontal de oxígeno. Estrato de 5 m.

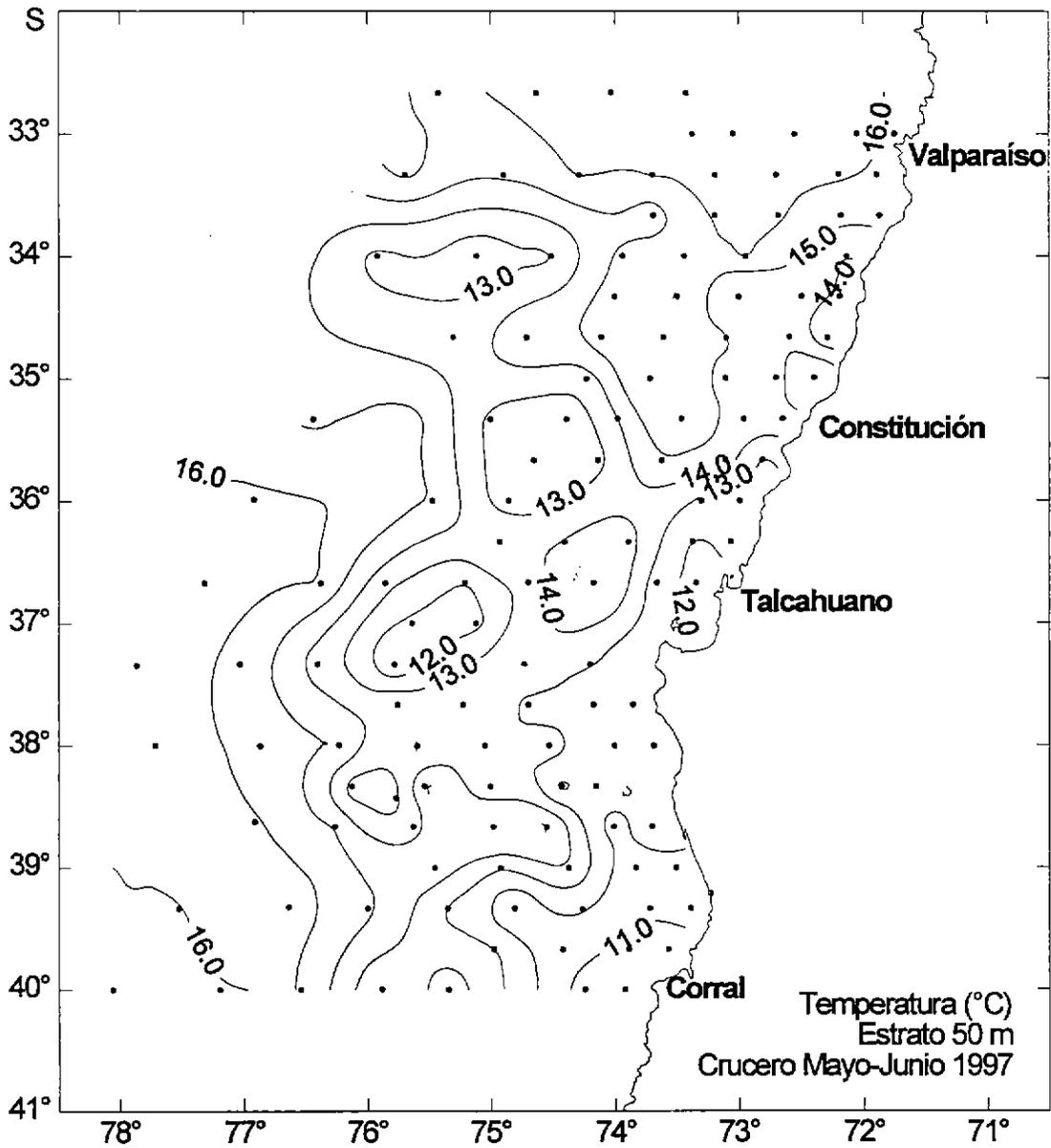


Figura 21. Distribución horizontal de la temperatura. Estrato de 50 m.

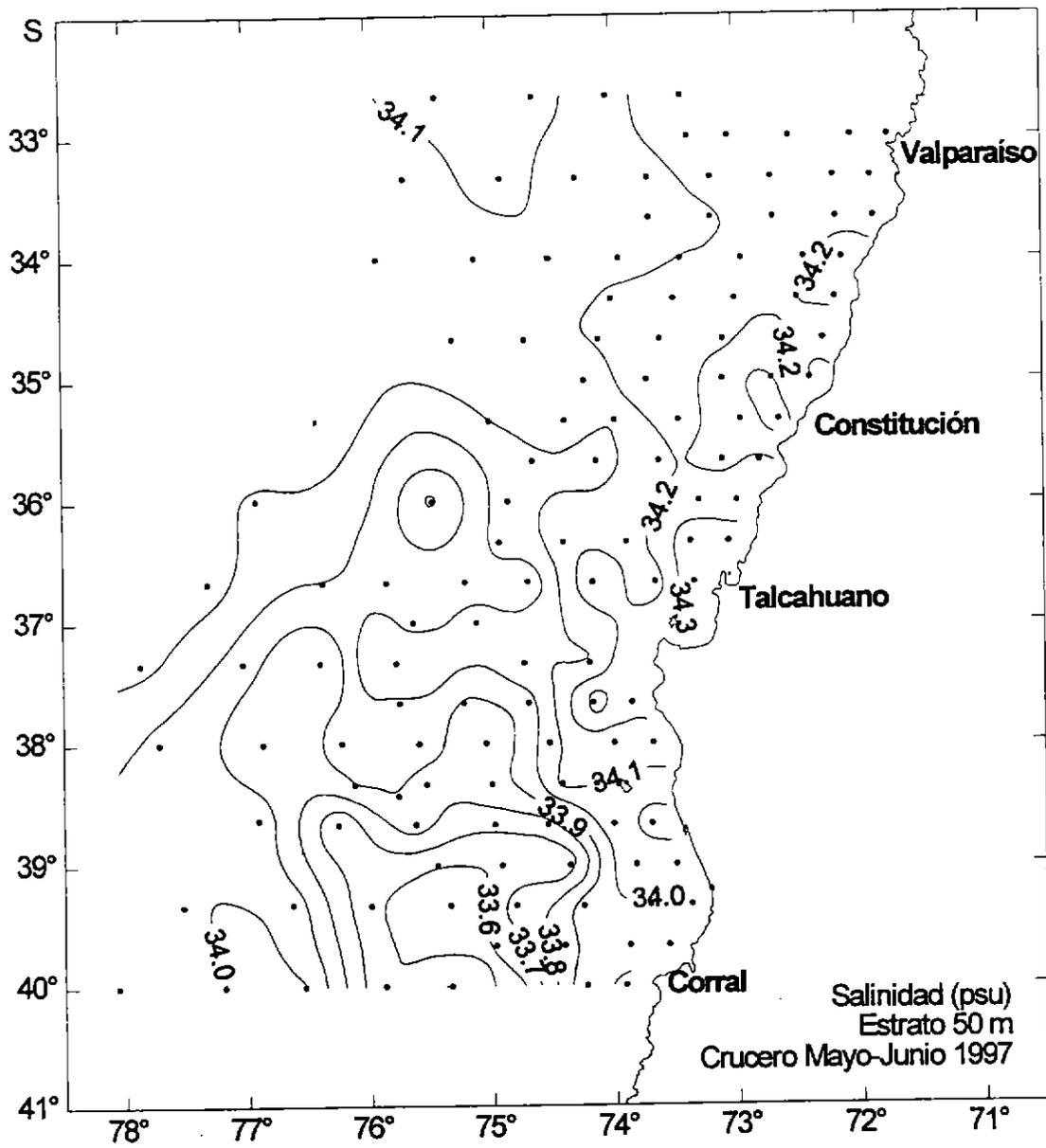


Figura 22. Distribución horizontal de la salinidad. Estrato de 50 m.

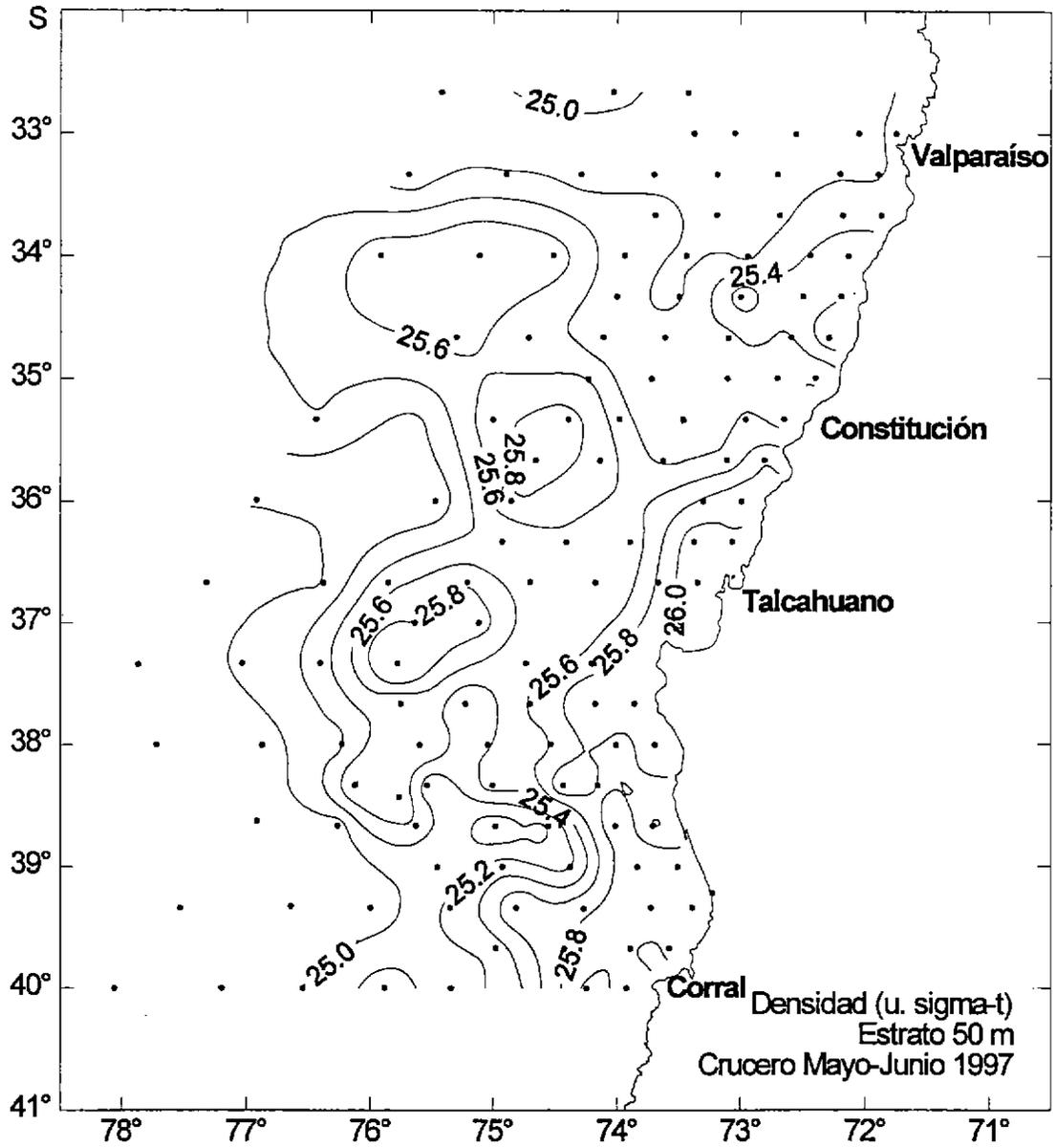


Figura 23 Distribución horizontal de densidad. Estrato de 50 m

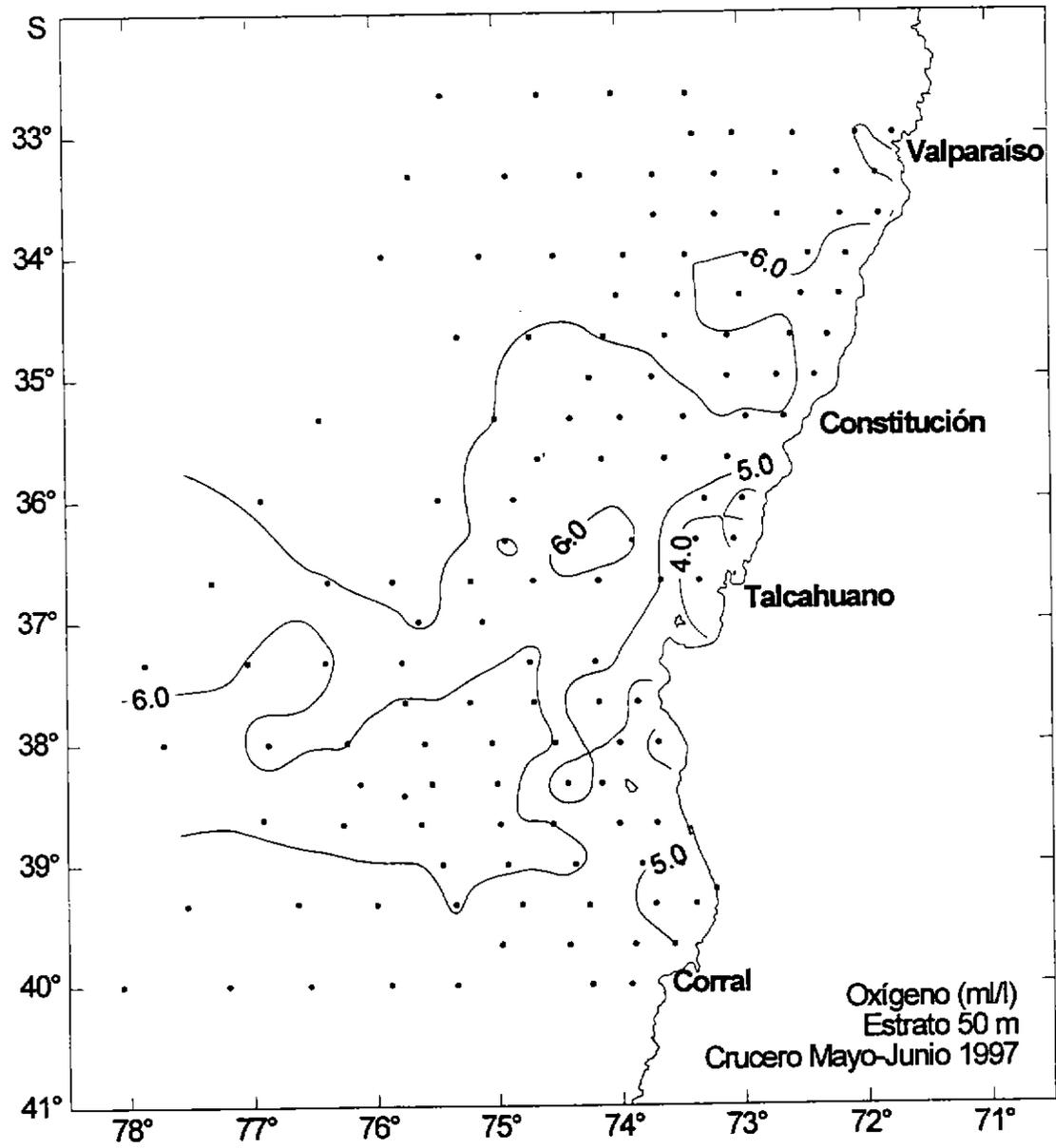


Figura 24. Distribución horizontal de oxígeno. Estrato de 50 m.

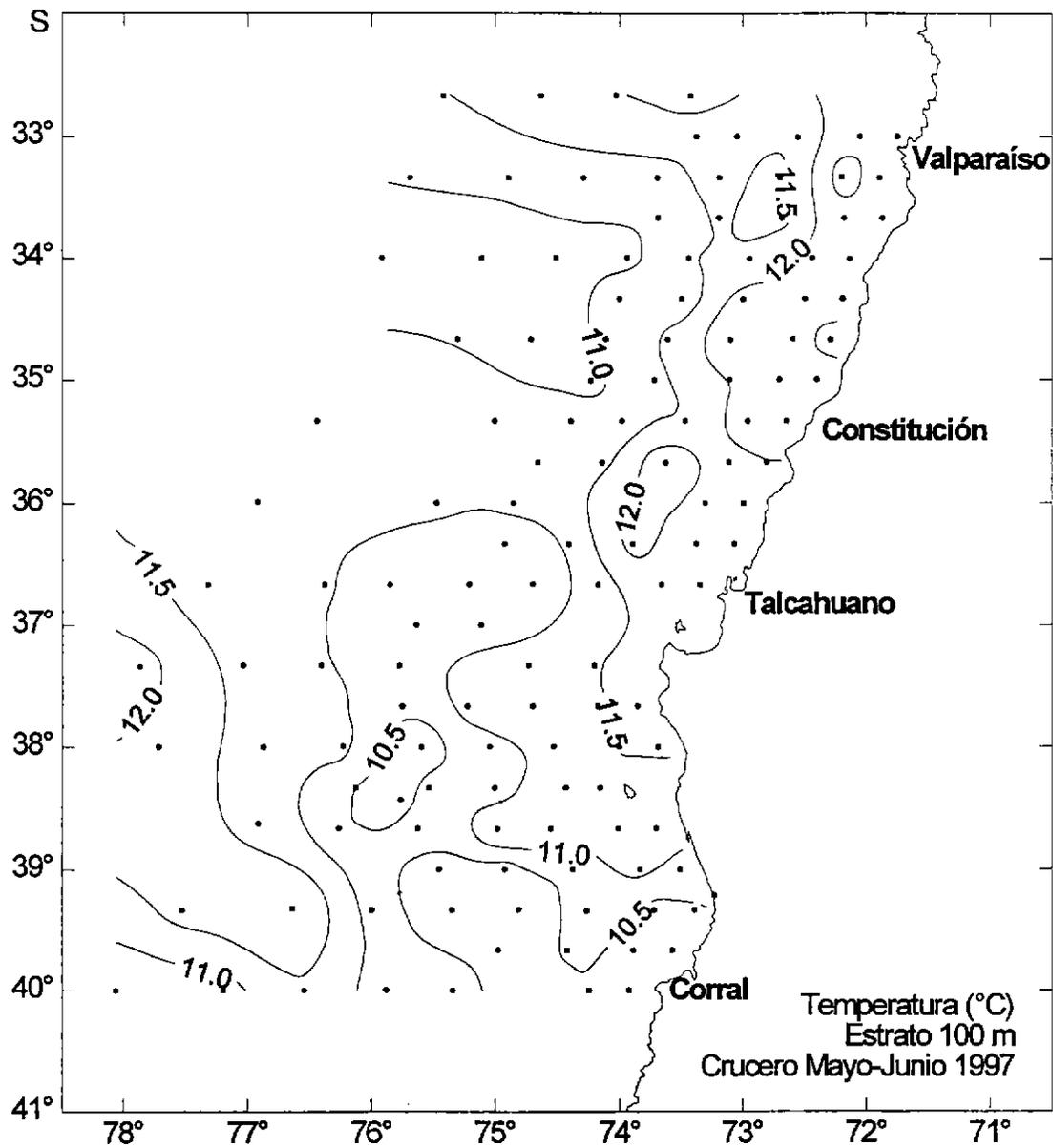


Figura 25. Distribución horizontal de la temperatura. Estrato de 100 m.

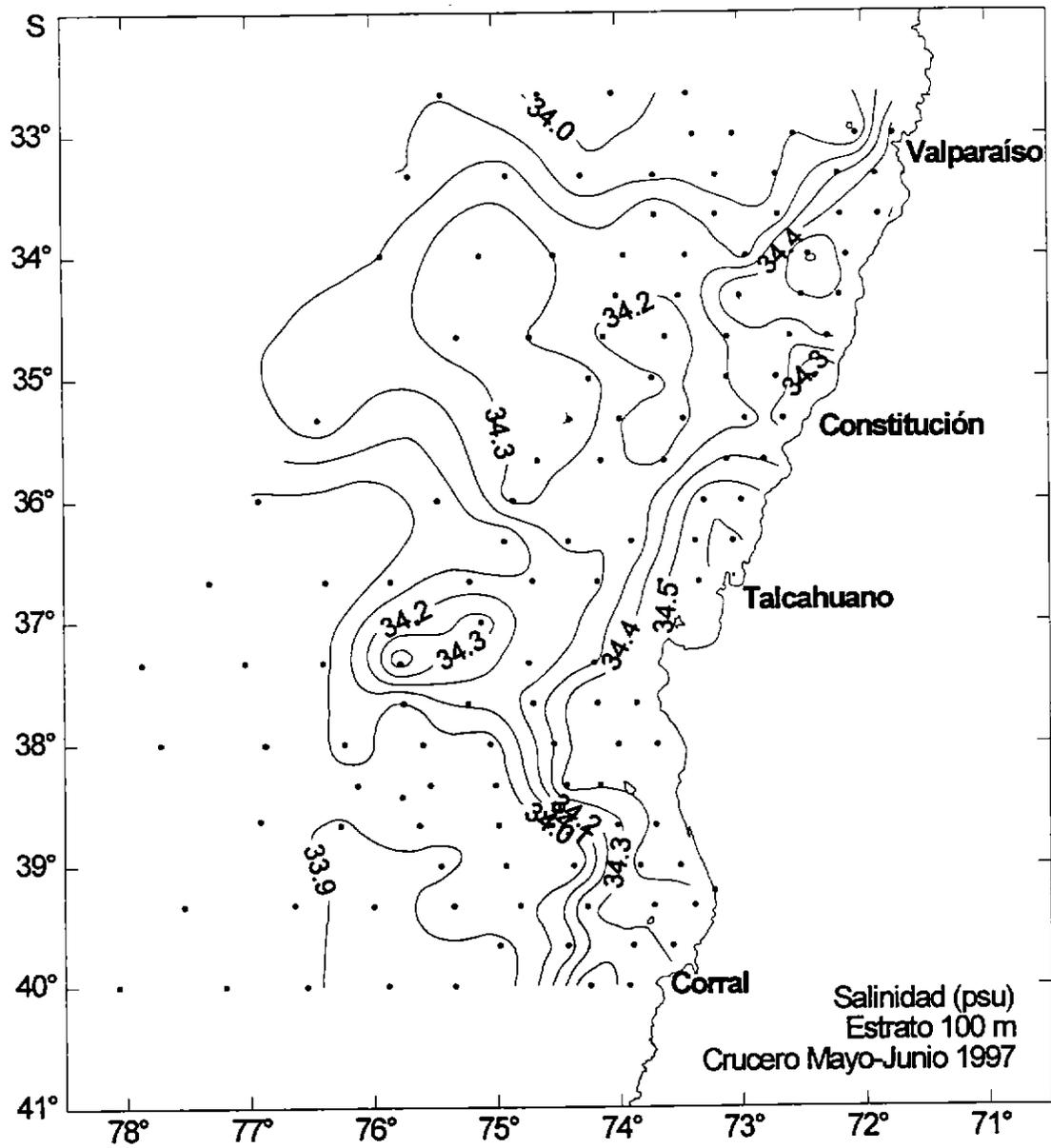


Figura 26. Distribución horizontal de la salinidad. Estrato de 100 m.

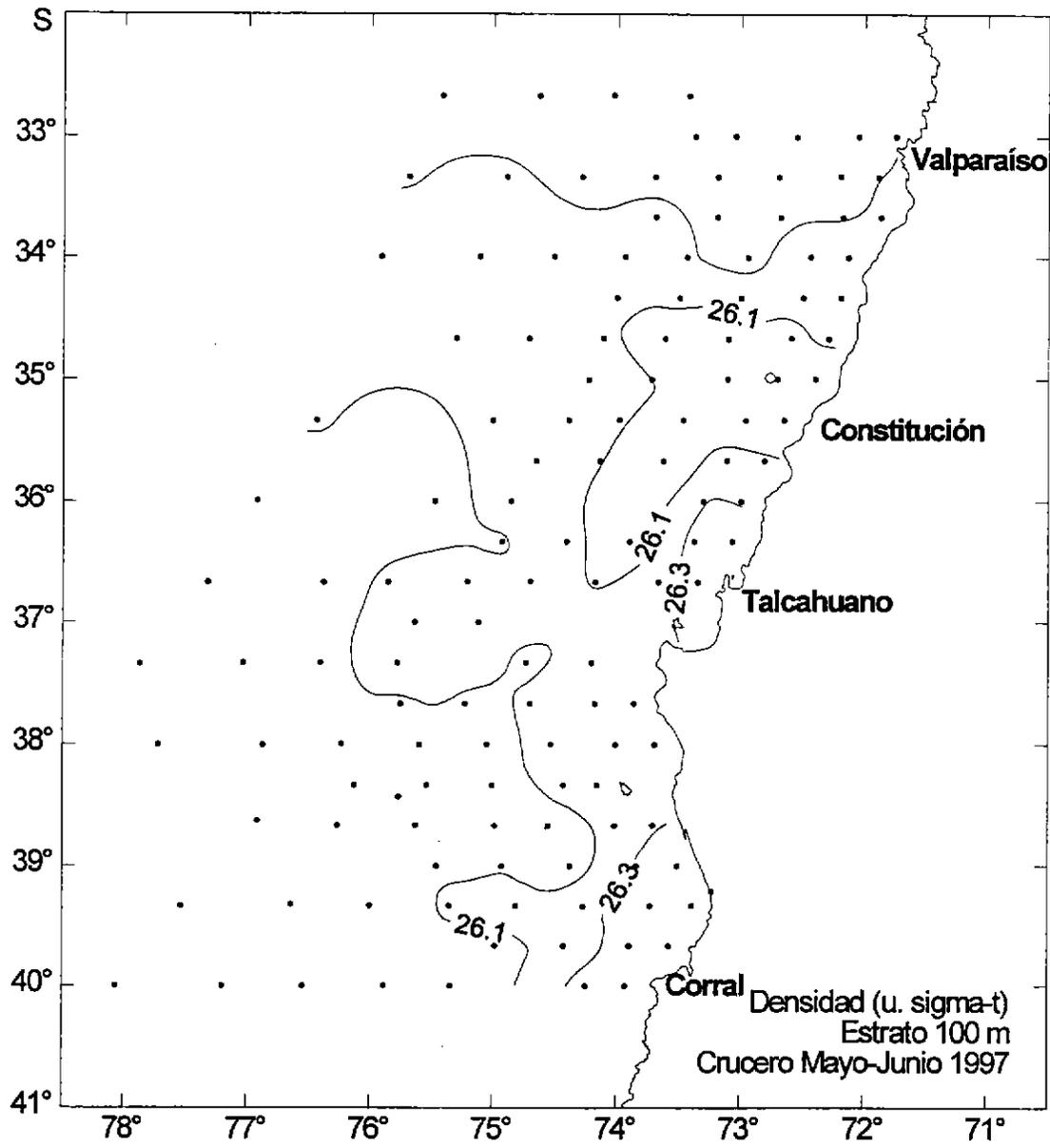


Figura 27. Distribución horizontal de densidad. Estrato de 100 m

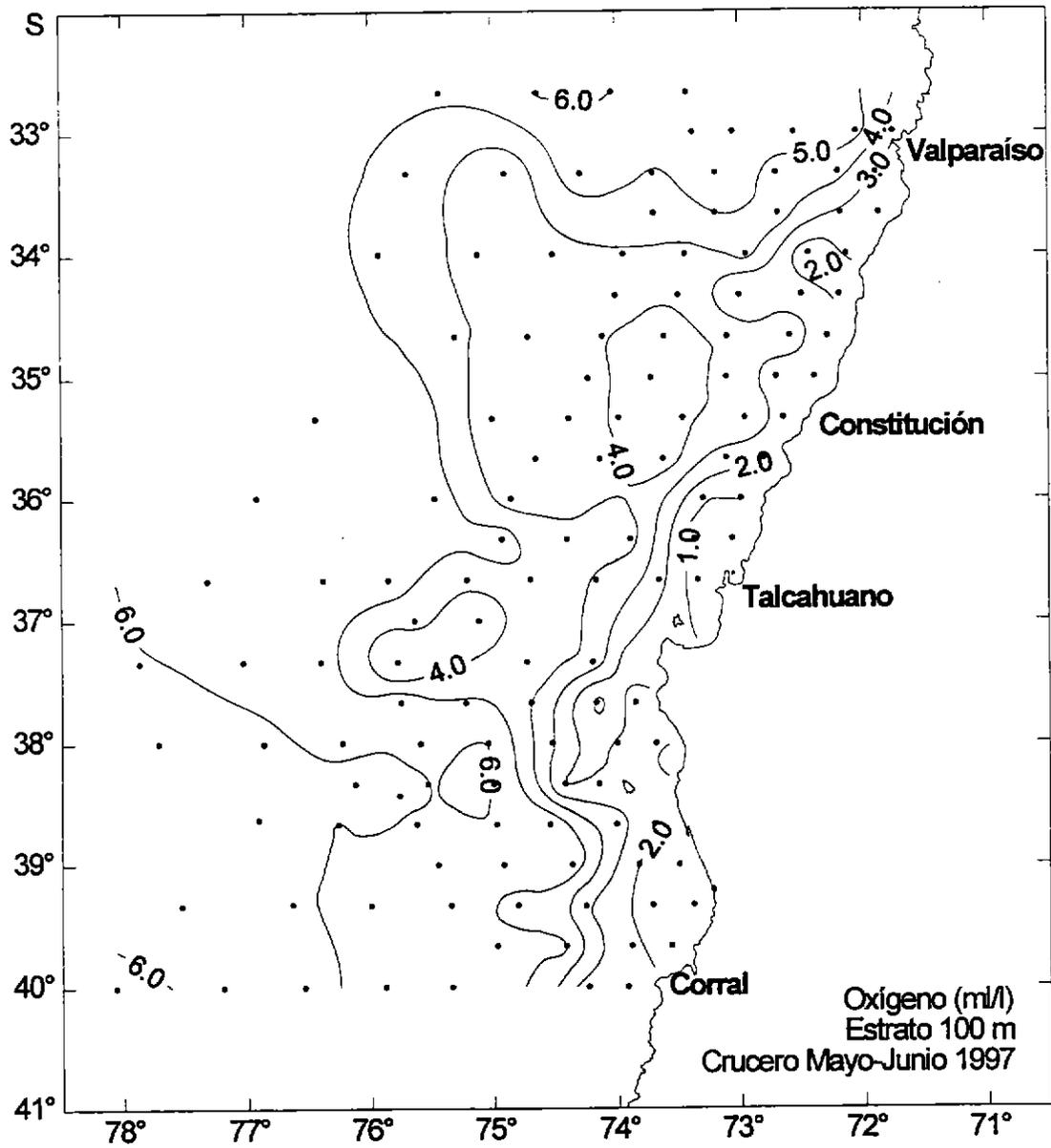


Figura 28. Distribución horizontal de oxígeno. Estrato de 100 m.

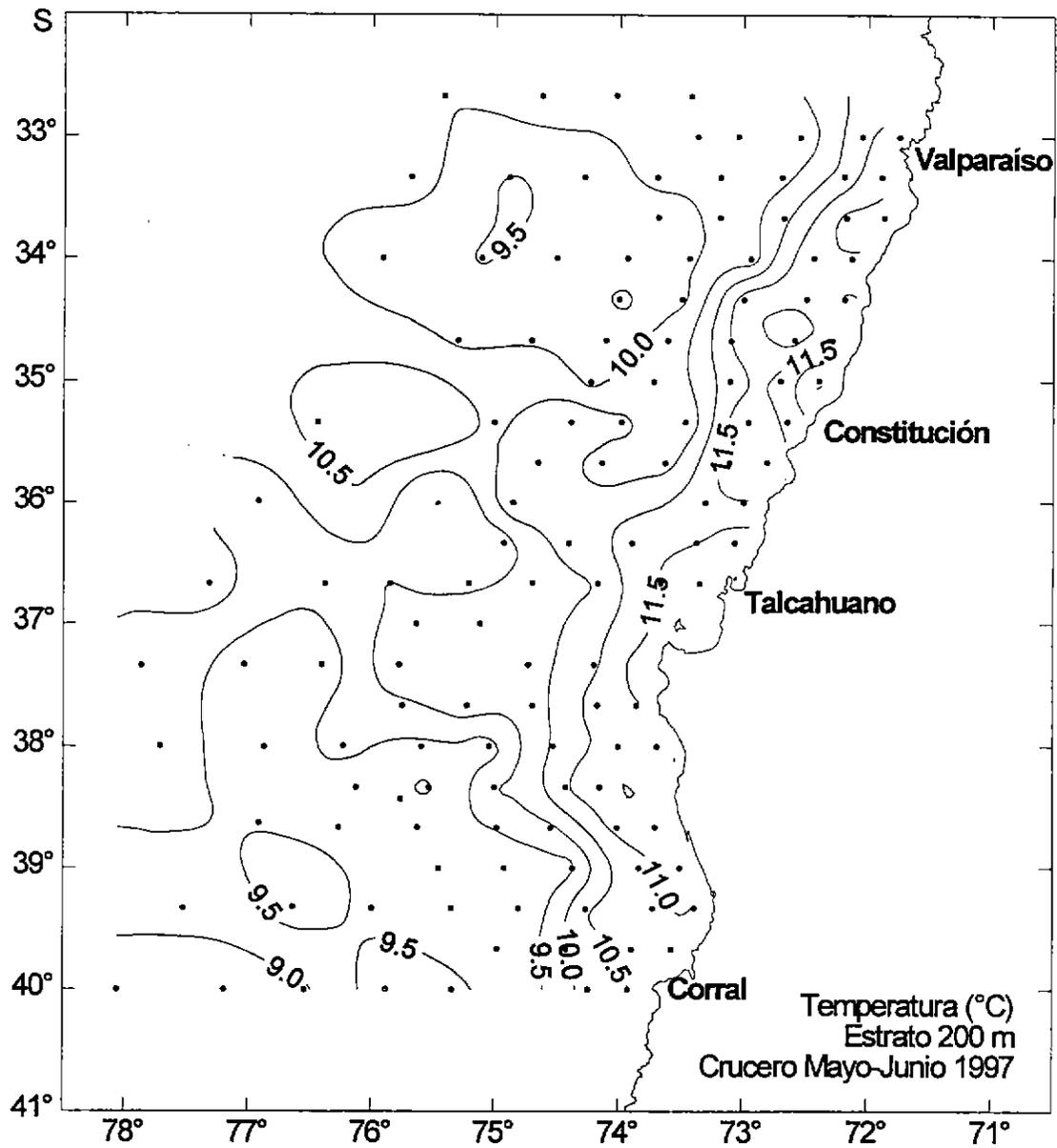


Figura 29. Distribución horizontal de la temperatura. Estrato de 200 m.

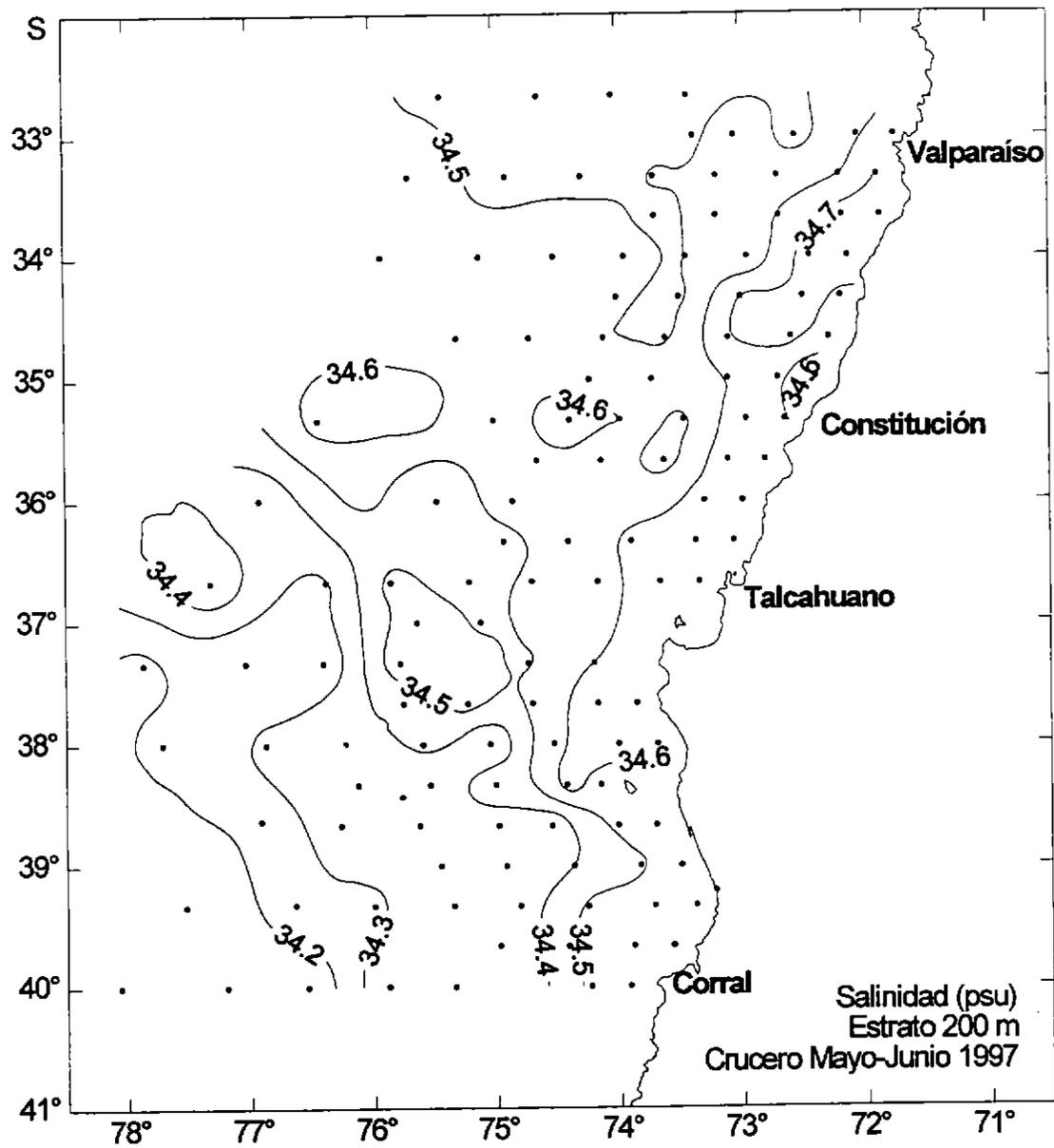


Figura 30. Distribución horizontal de la salinidad. Estrato de 200 m.

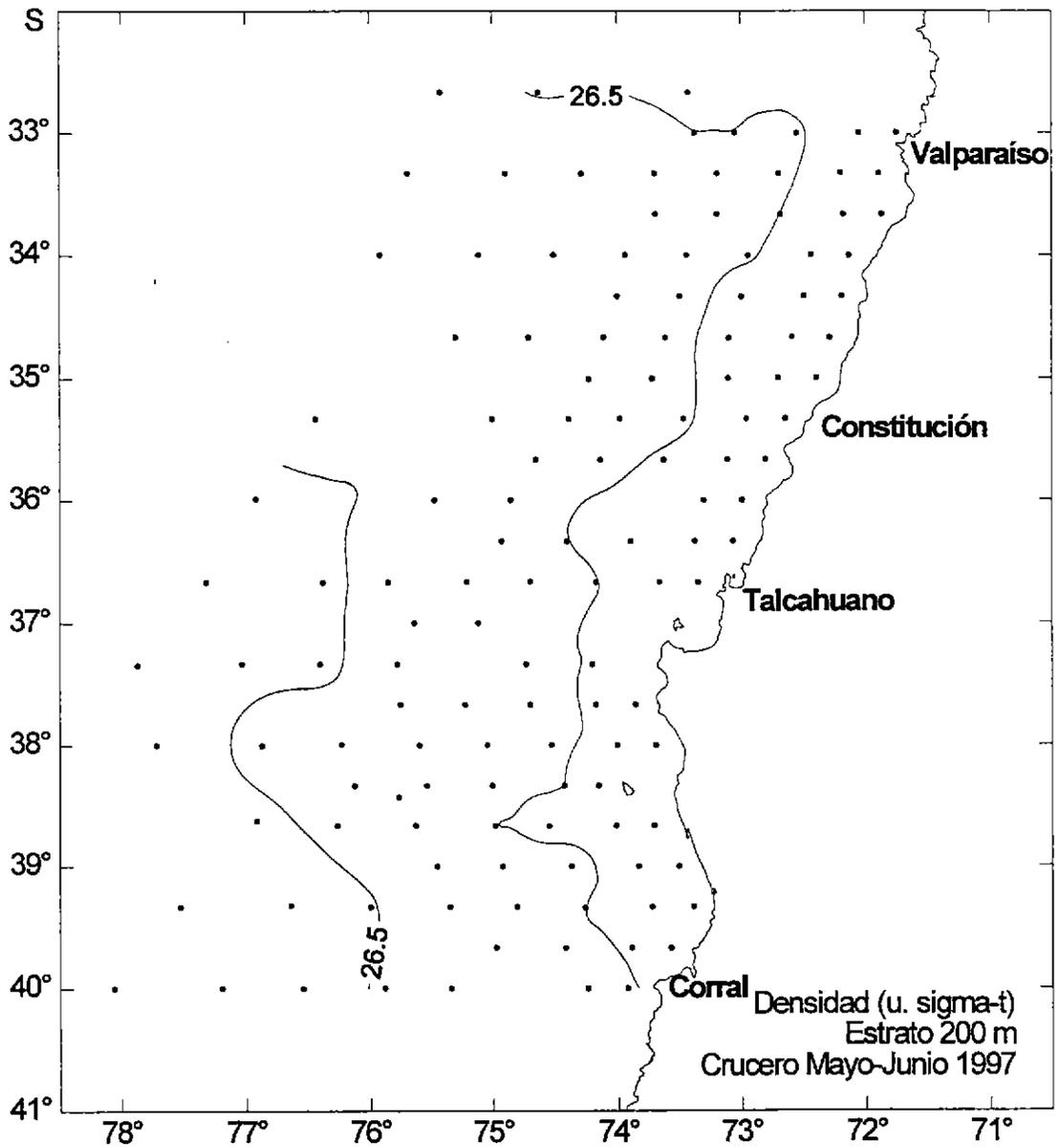


Figura 31 **Distribución horizontal de densidad. Estrato de 200 m**

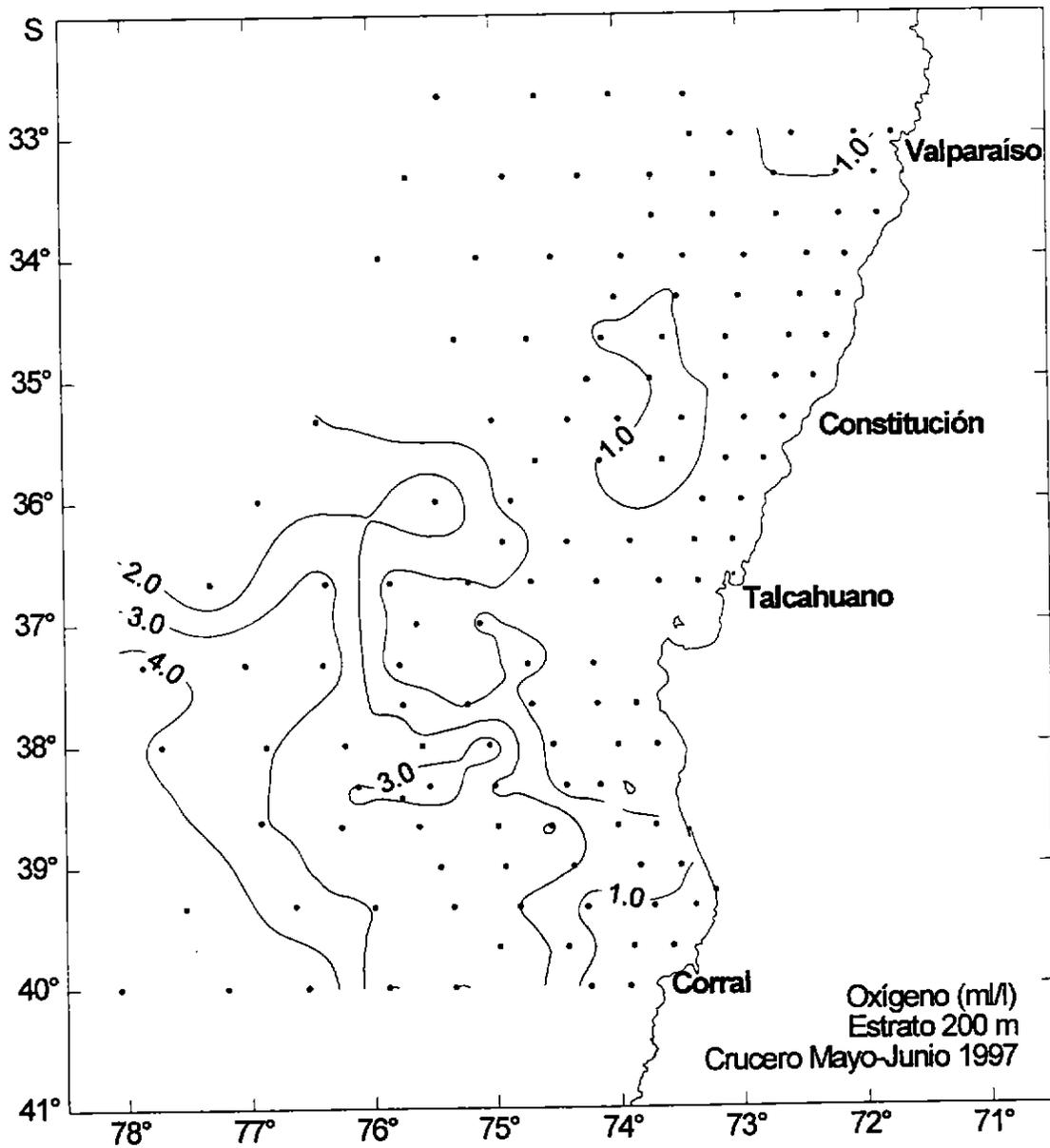


Figura 32 **Distribución horizontal de oxígeno. Estrato de 200 m.**

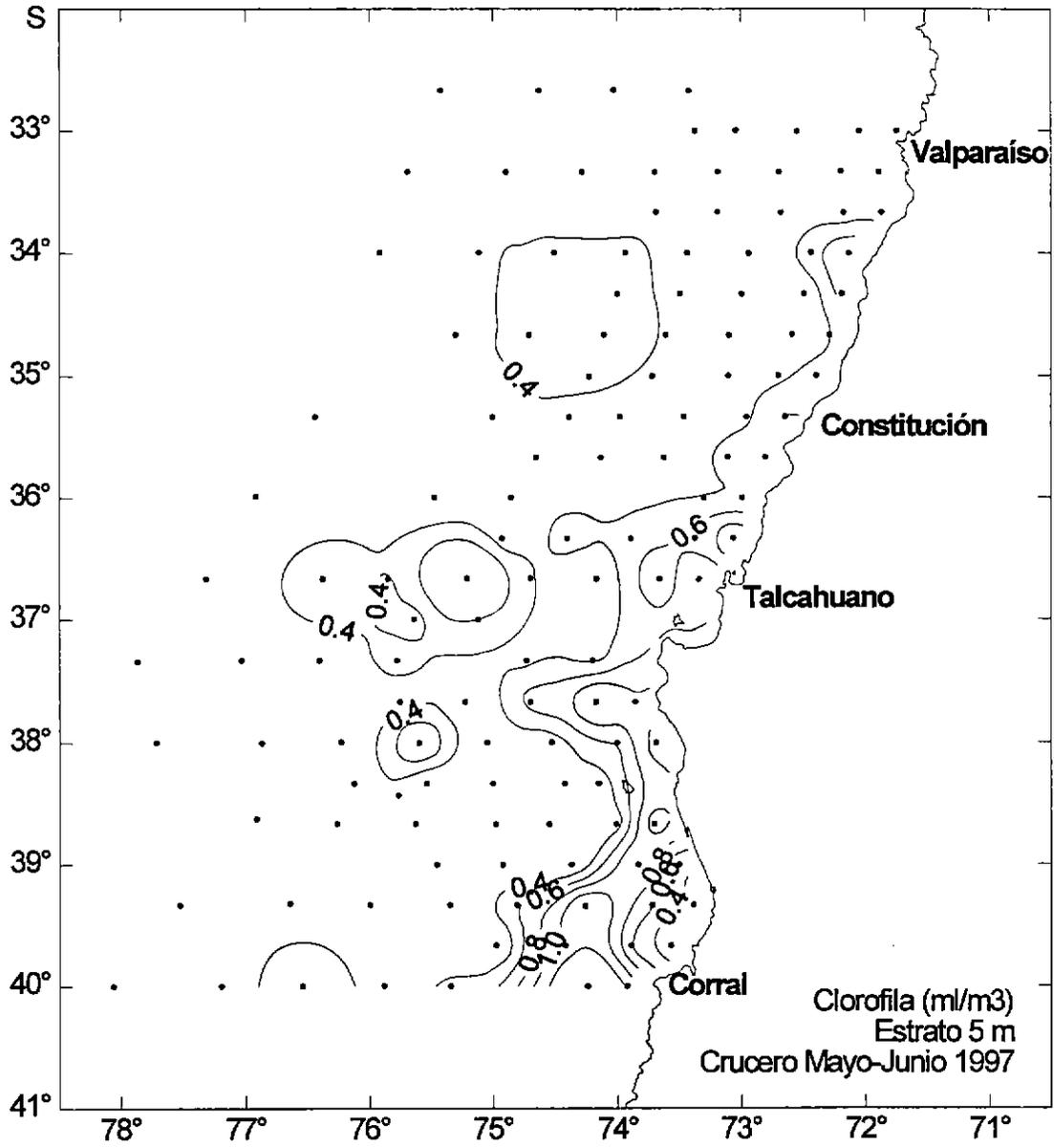


Figura 33. Distribución horizontal de clorofila a. Estrato de 5 m

Figura 34 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 1. (continuación)

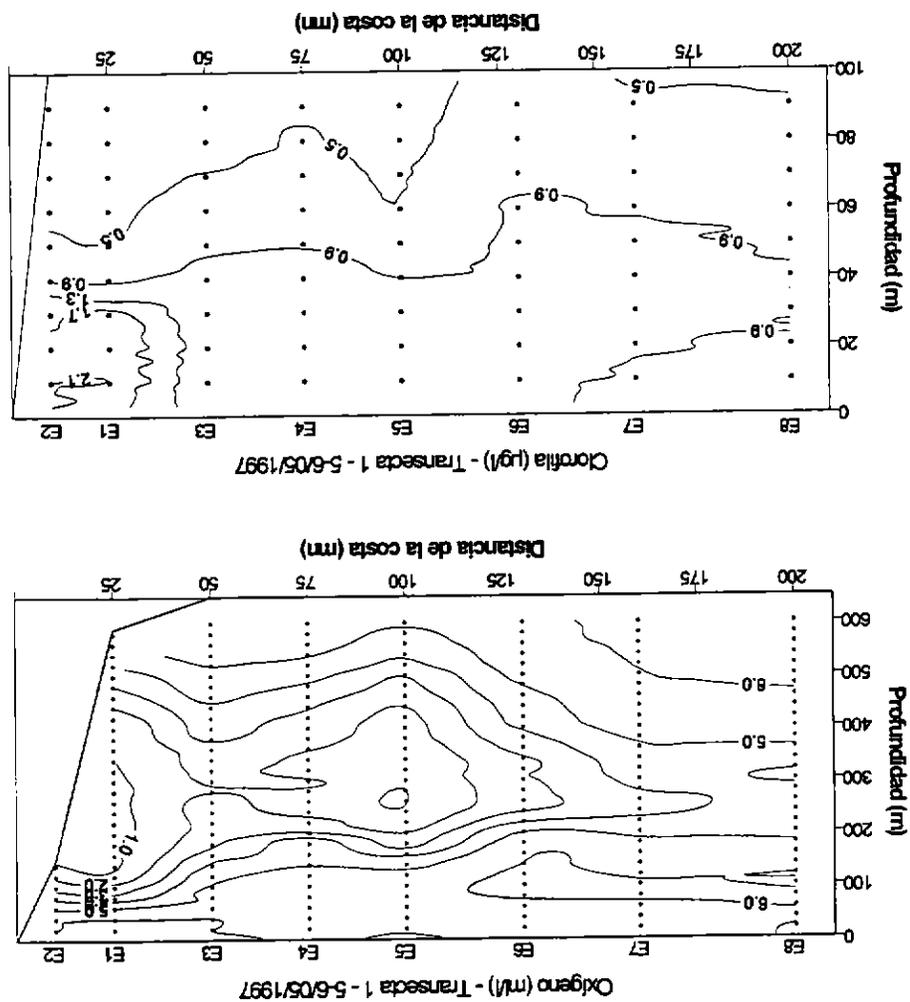
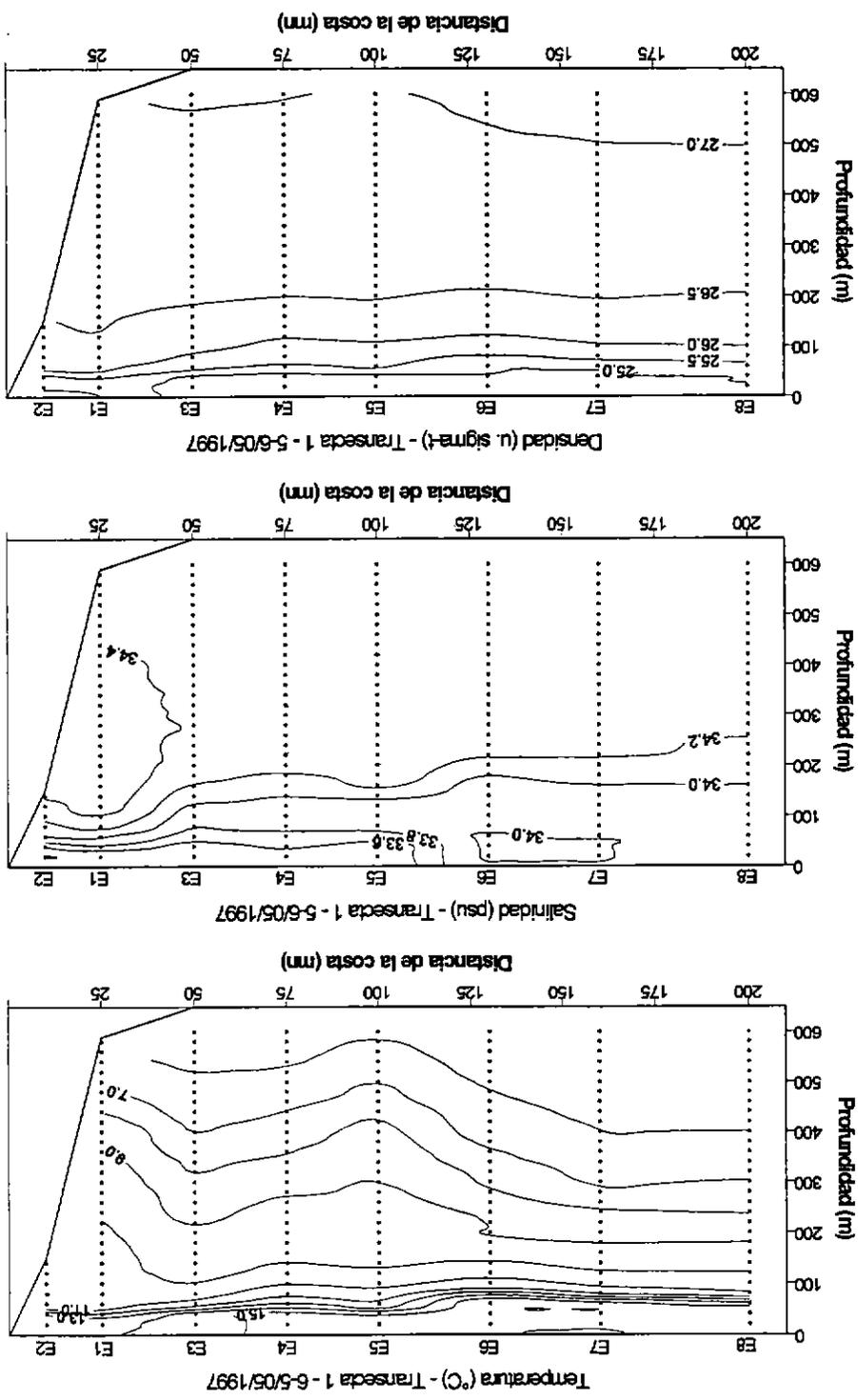


Figura 34 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 1.



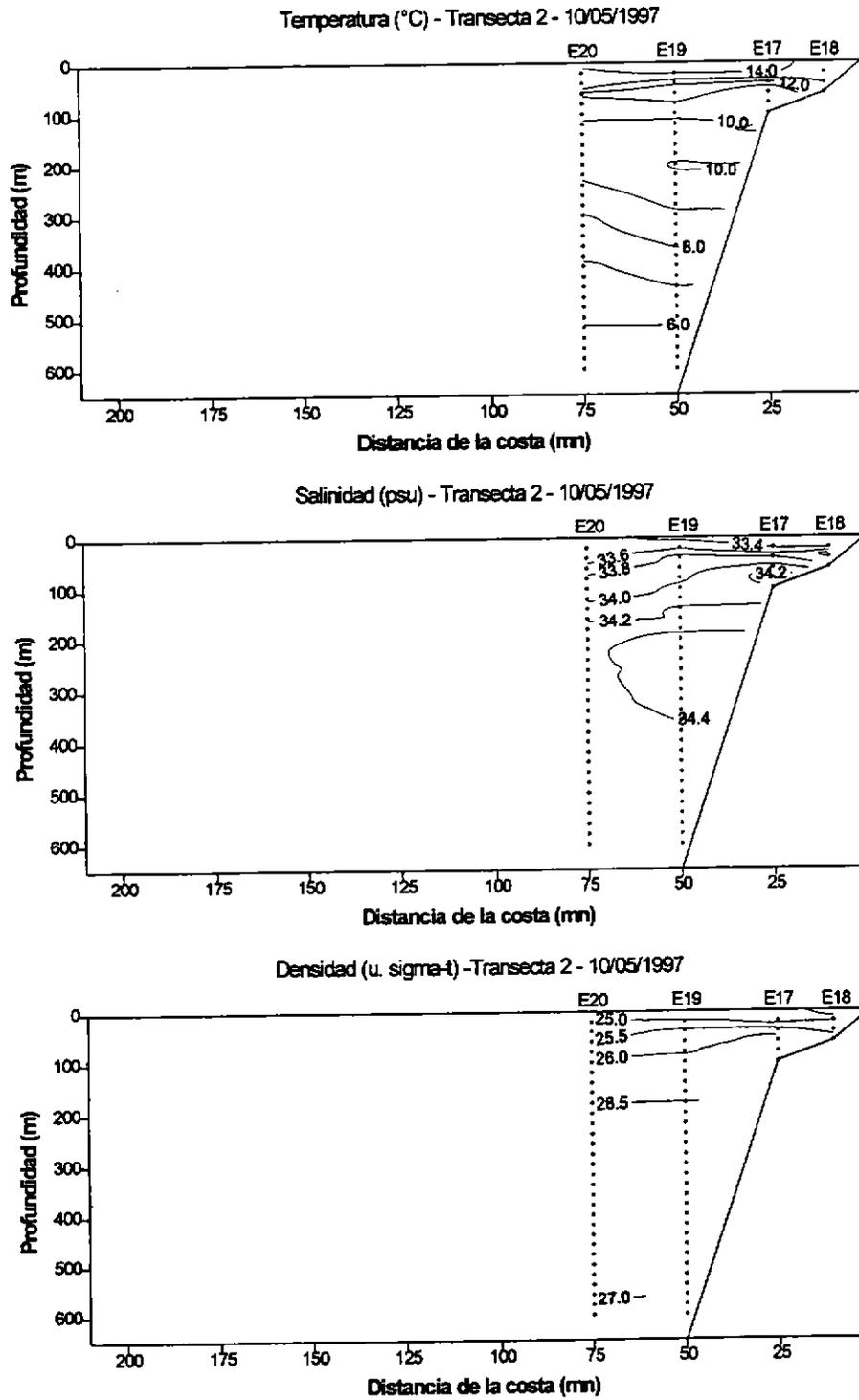


Figura 35

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 2.

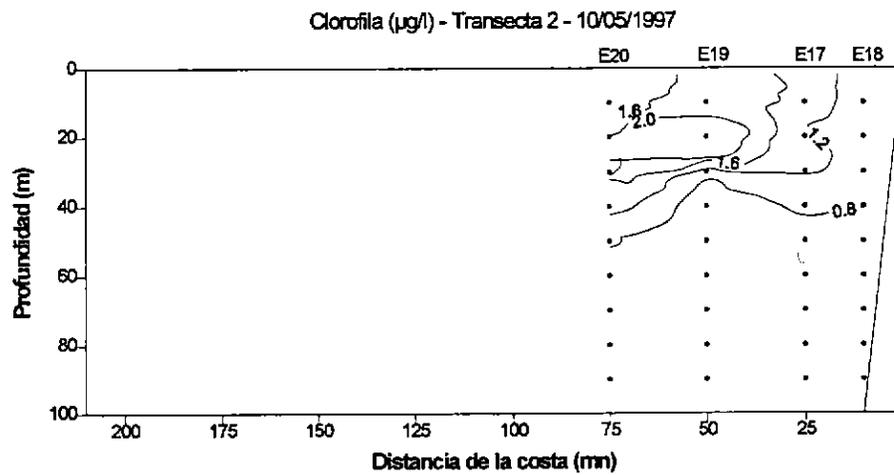
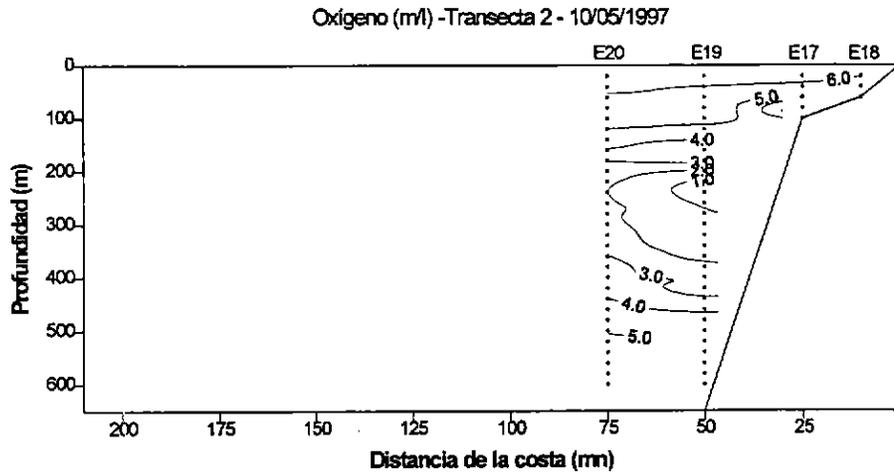


Figura 35 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 2. (continuación)

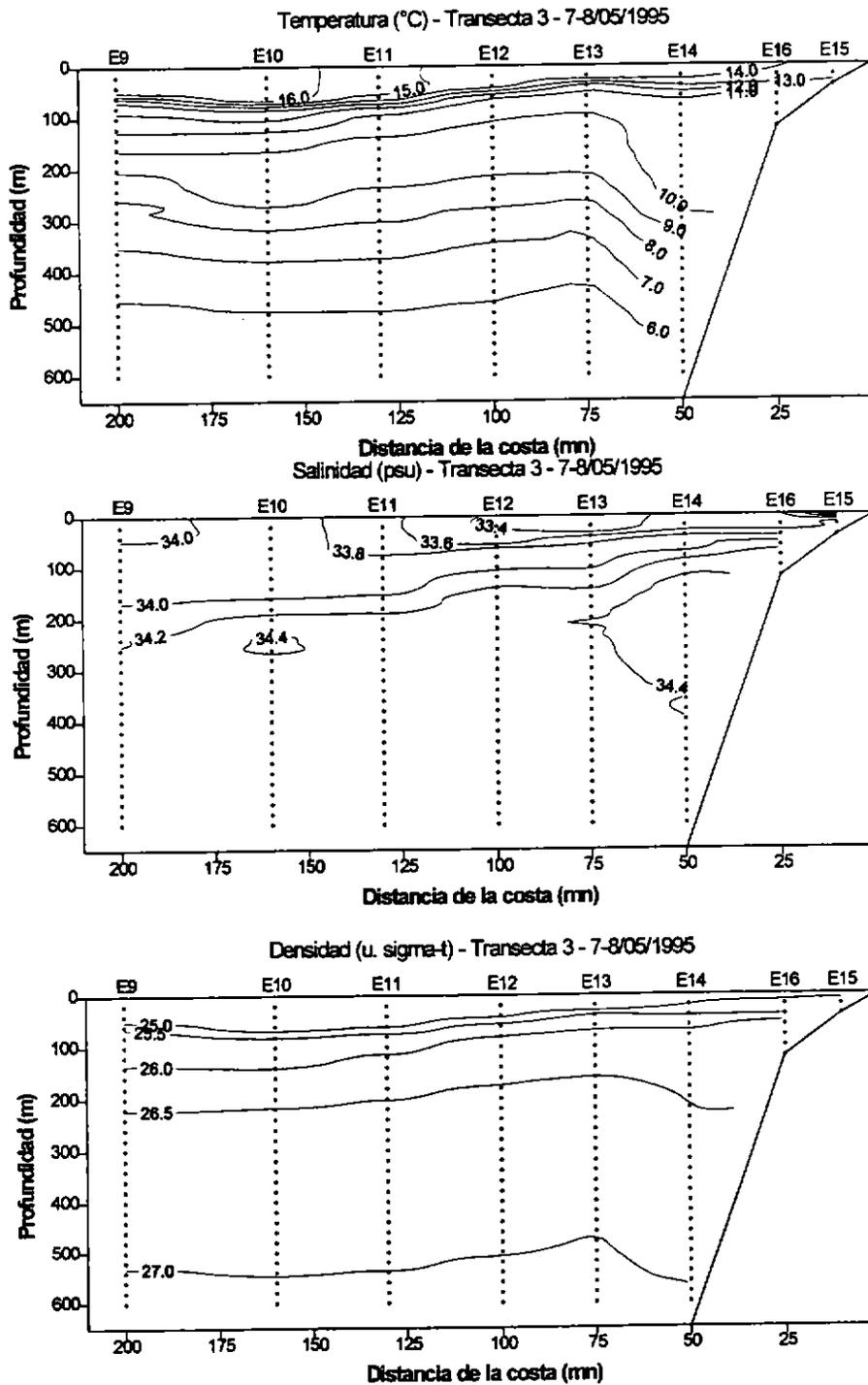


Figura 36

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 3

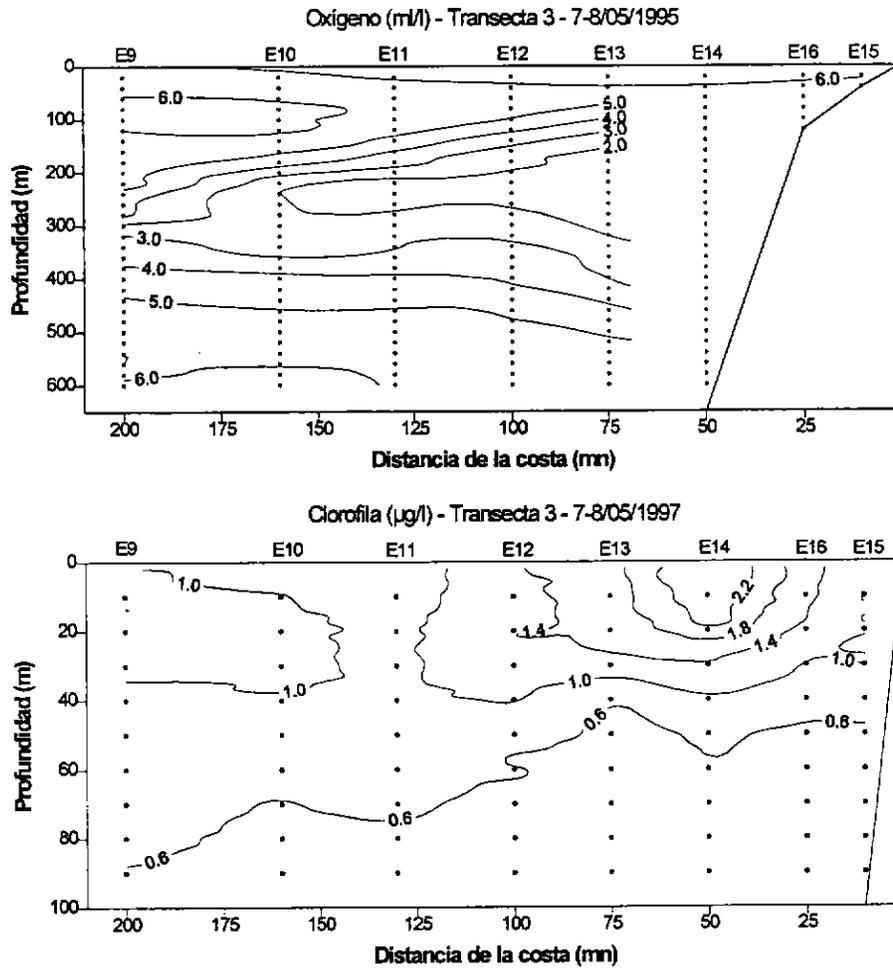


Figura 36 **Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno**
(continuación) **disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 3**

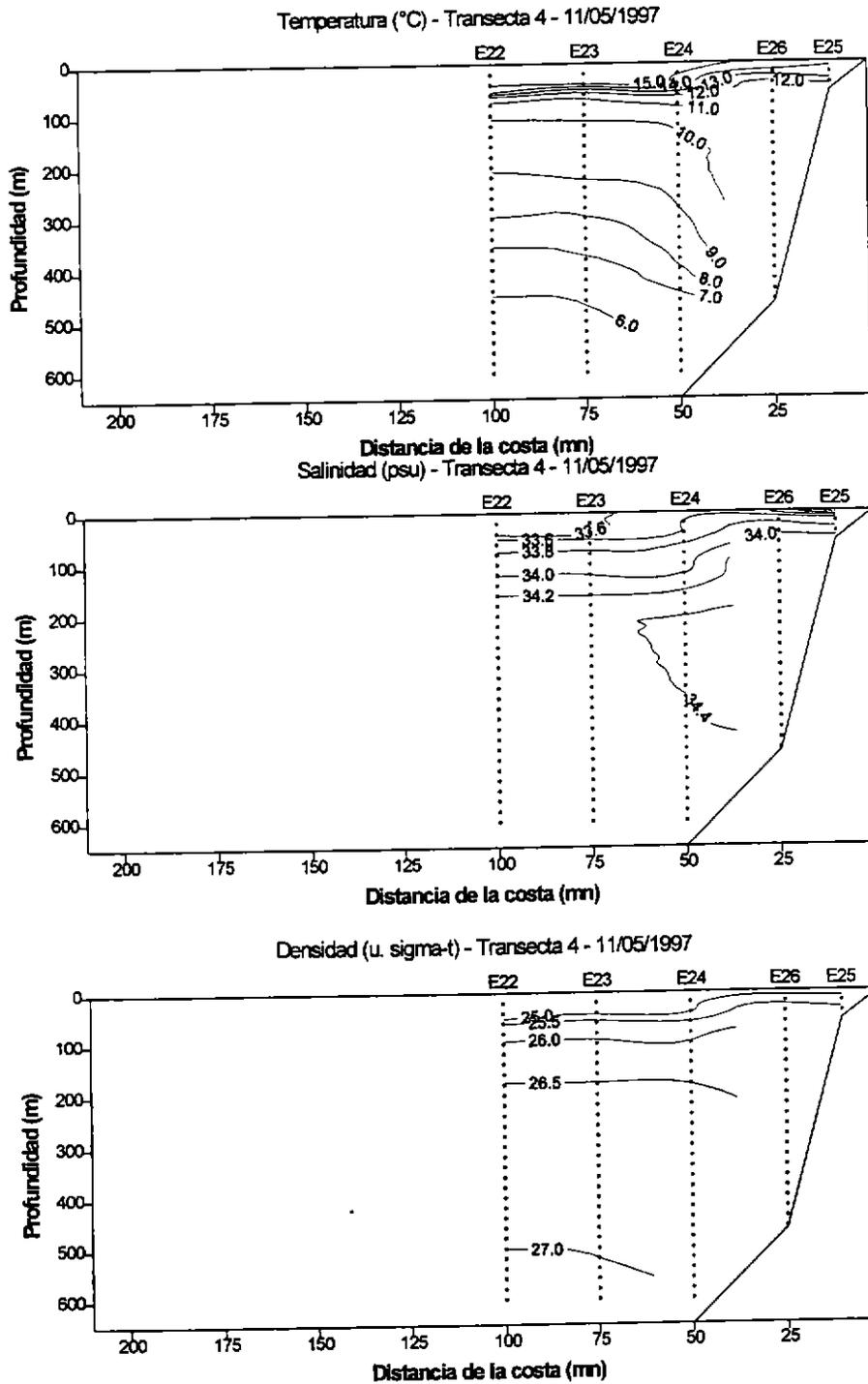


Figura 37 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 4.

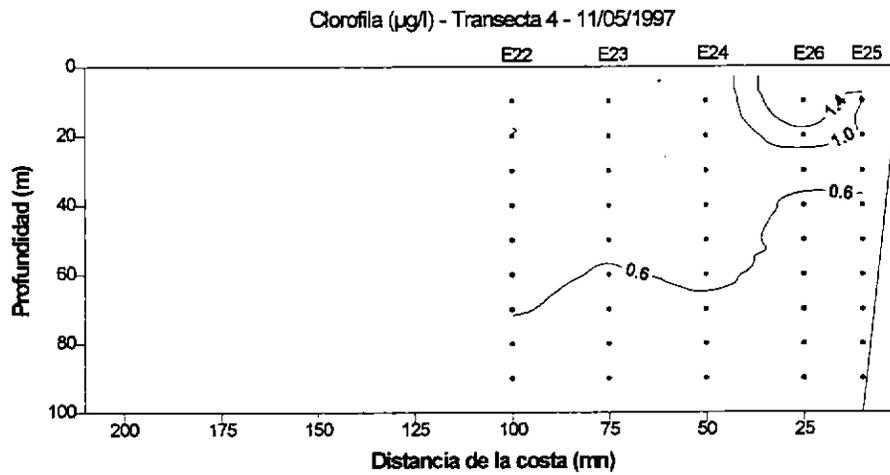
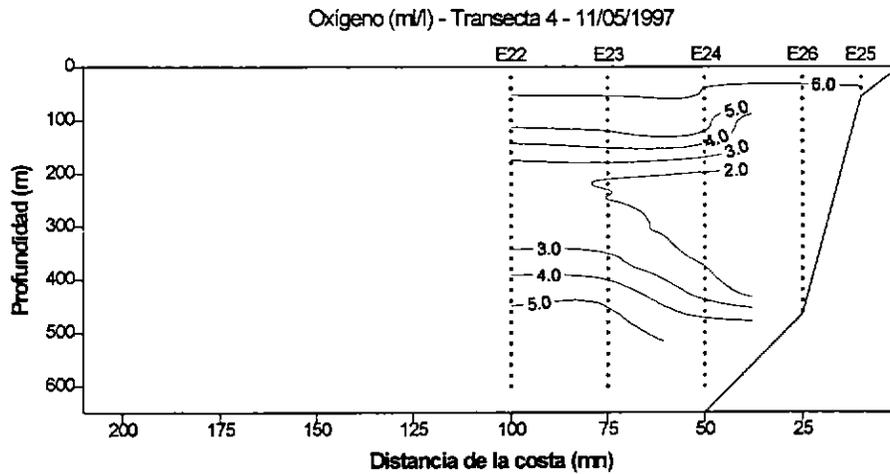


Figura 37 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 4.
(continuación)

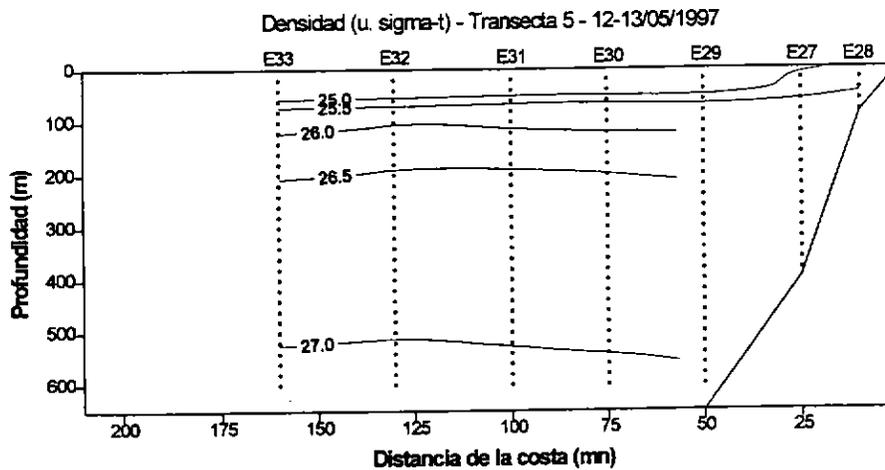
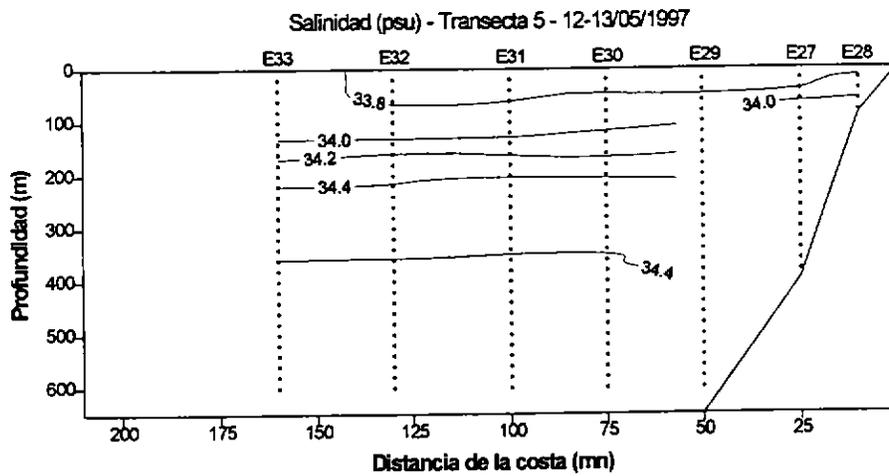
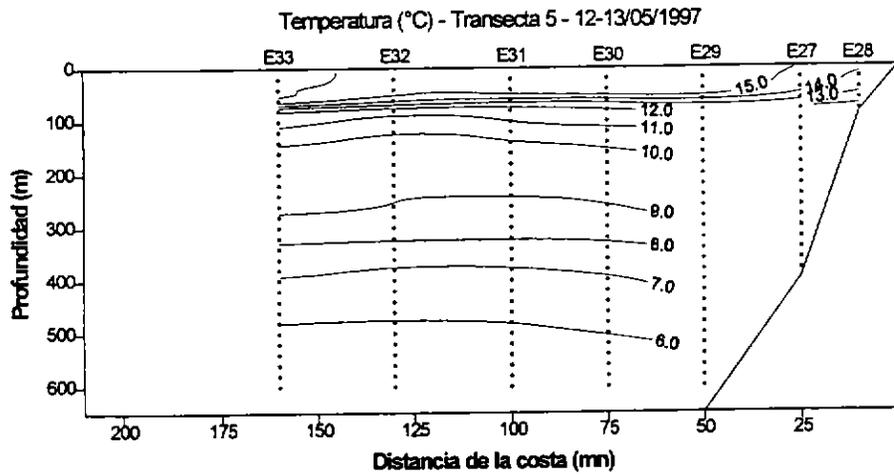


Figura 38

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 5.

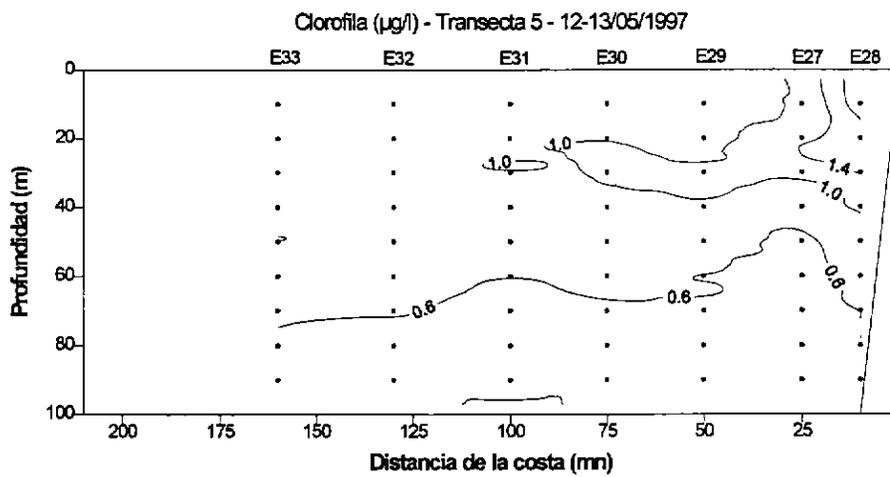
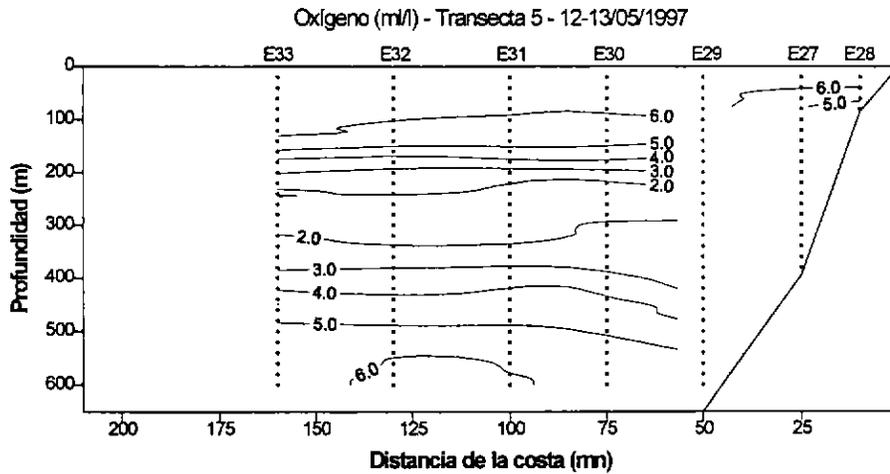


Figura 38 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 5. (continuación)

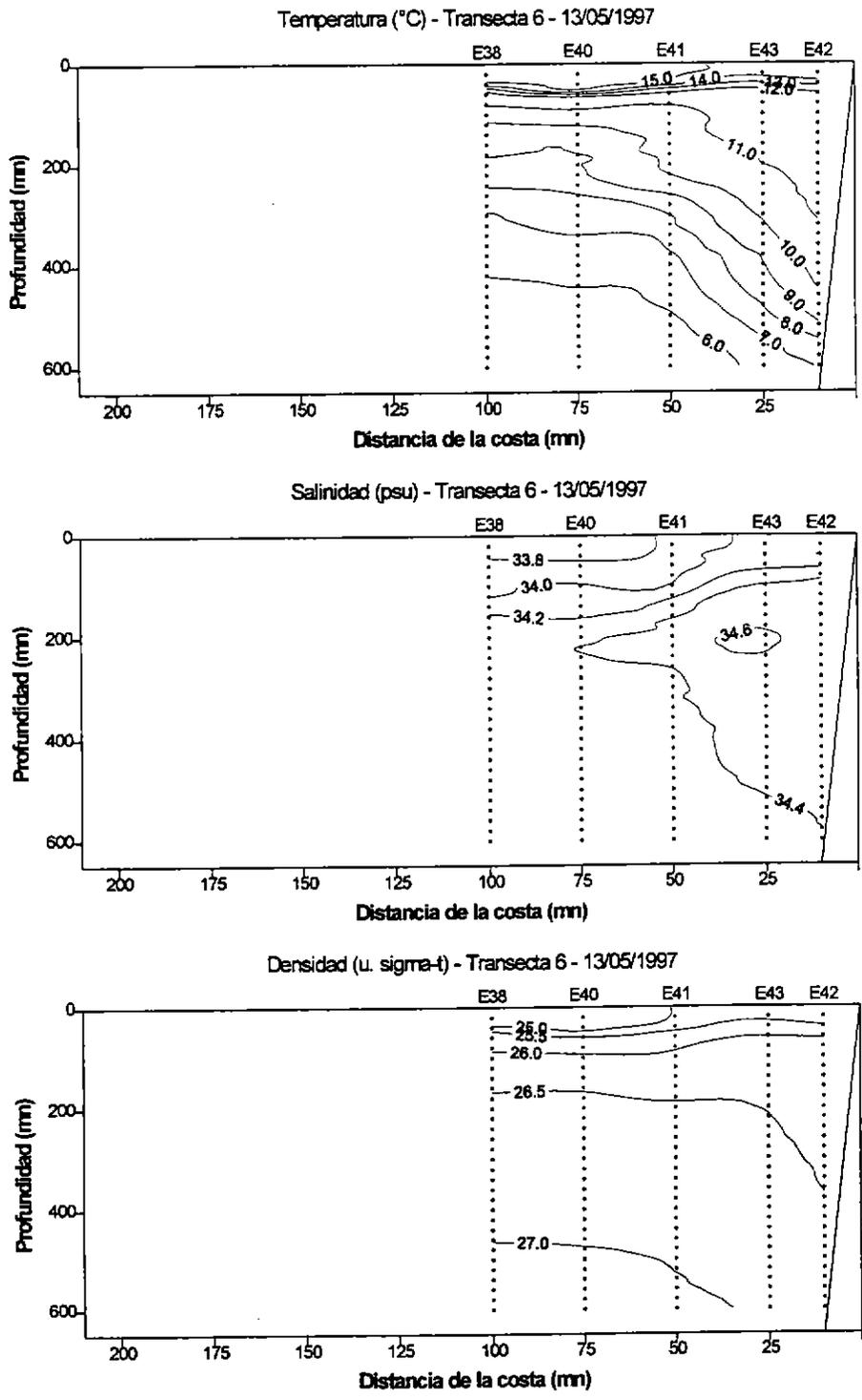


Figura 39 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 6.

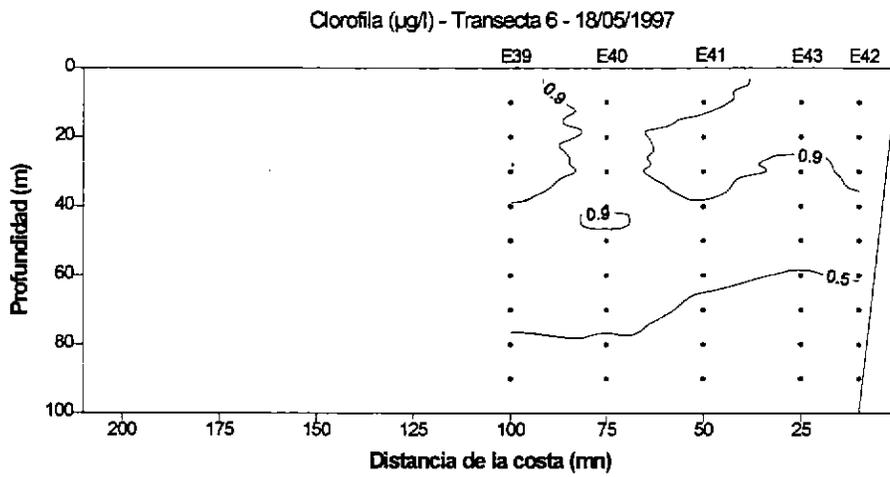
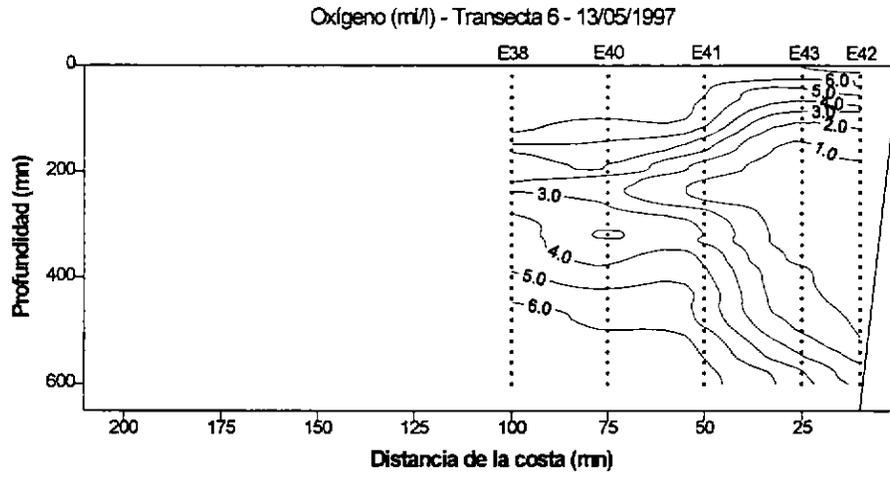


Figura 39 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno (continuación) disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 6.

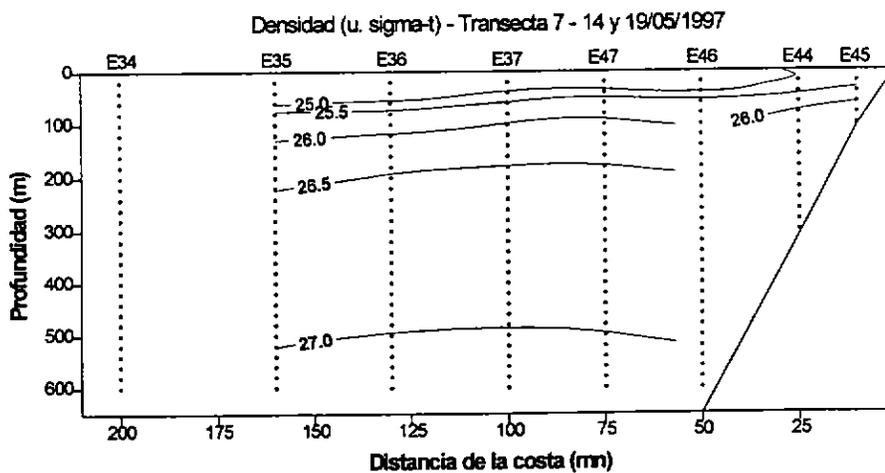
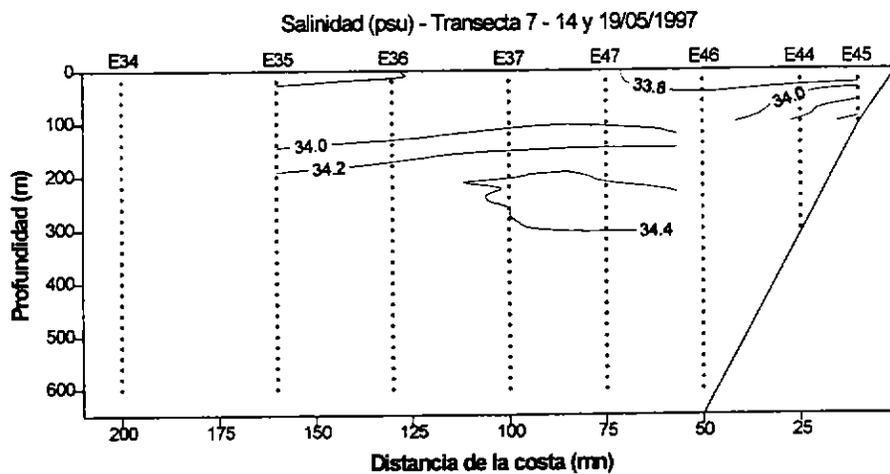
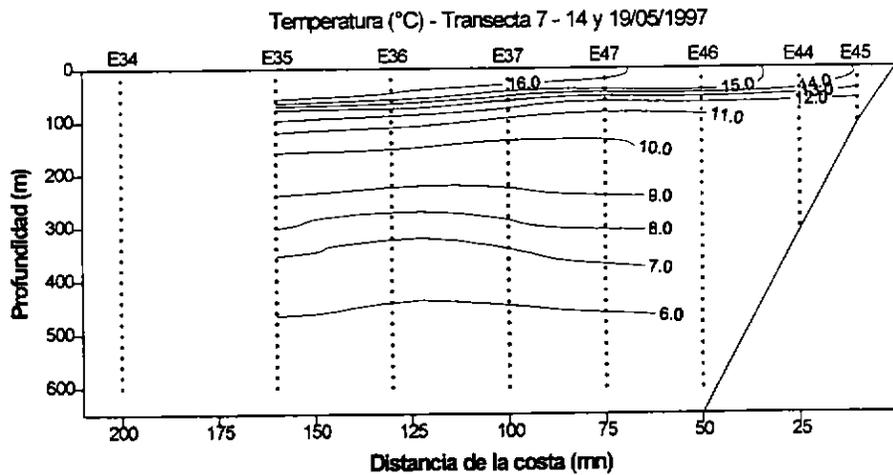


Figura 40 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 7.

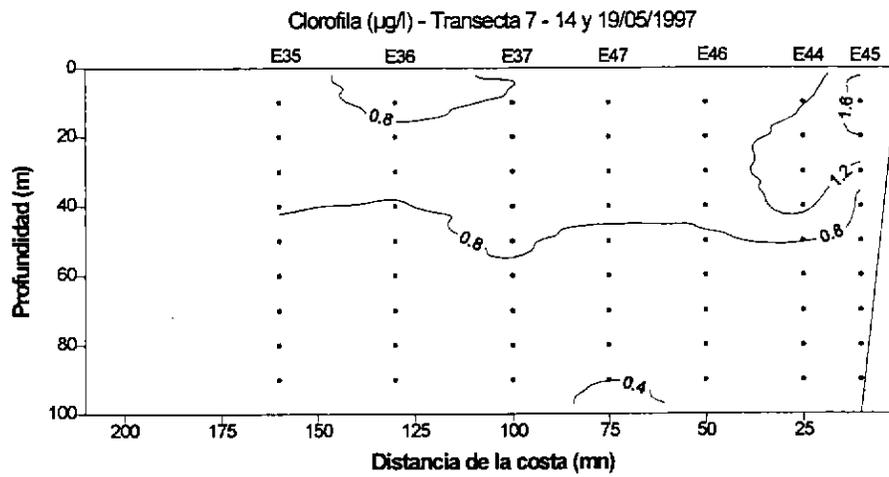
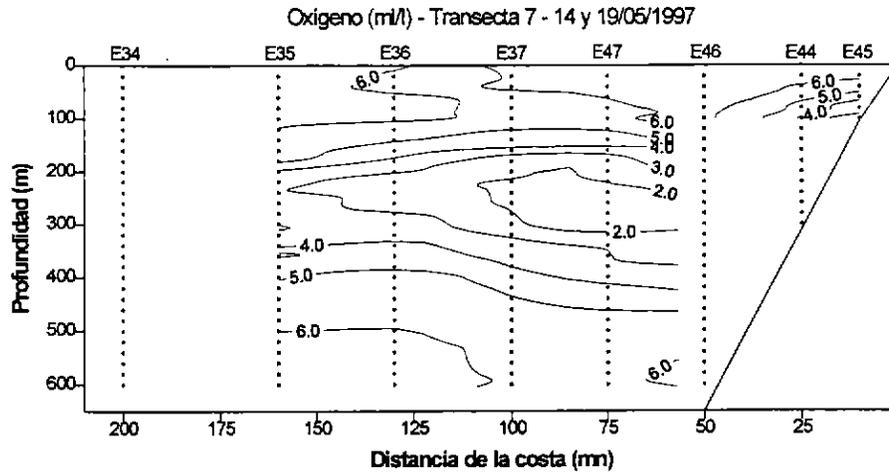


Figura 40 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 7.
 (continuación)

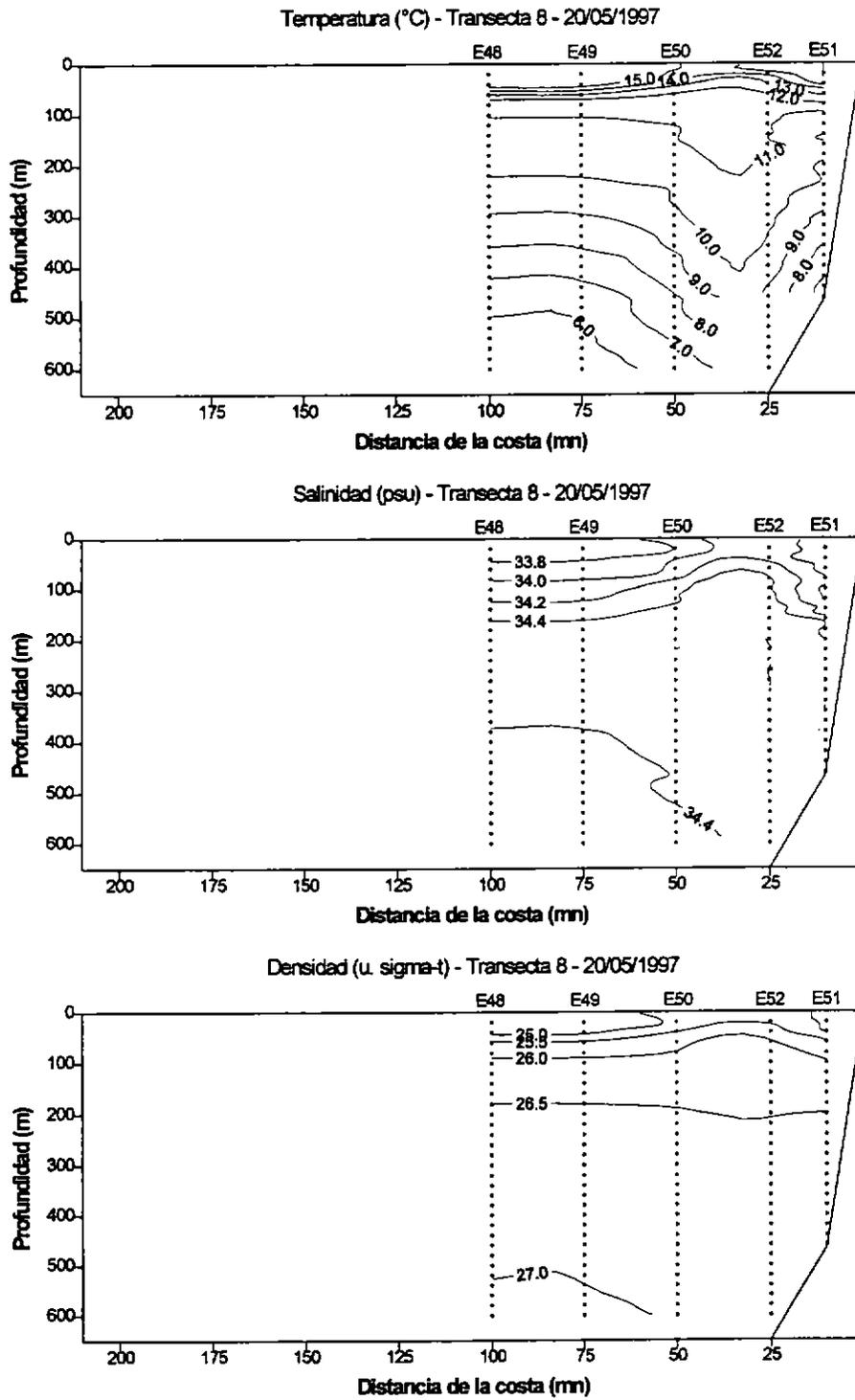


Figura 41 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 8.

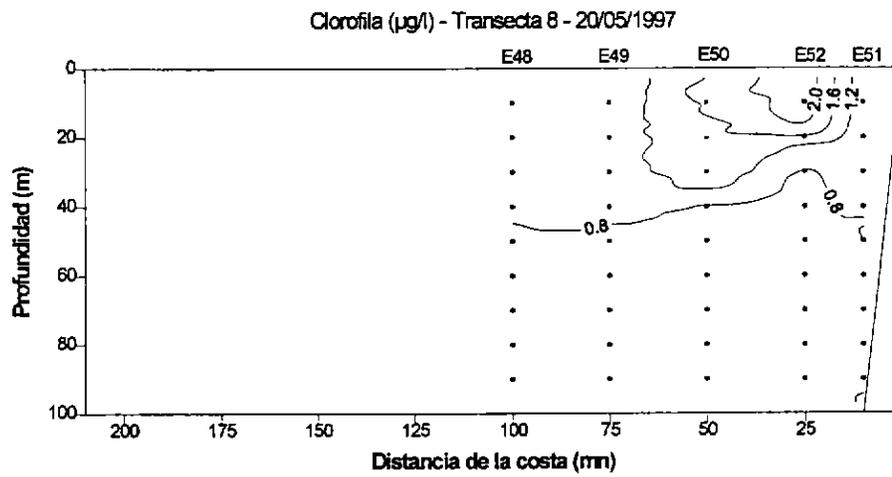
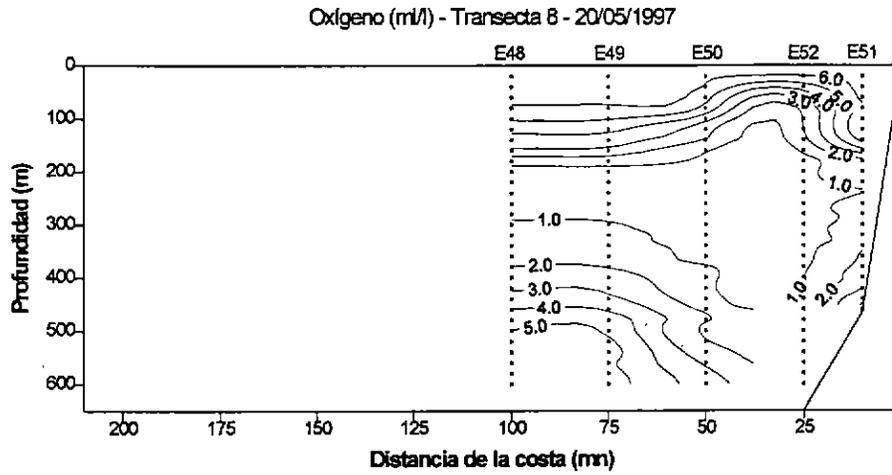


Figura 41 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 8.

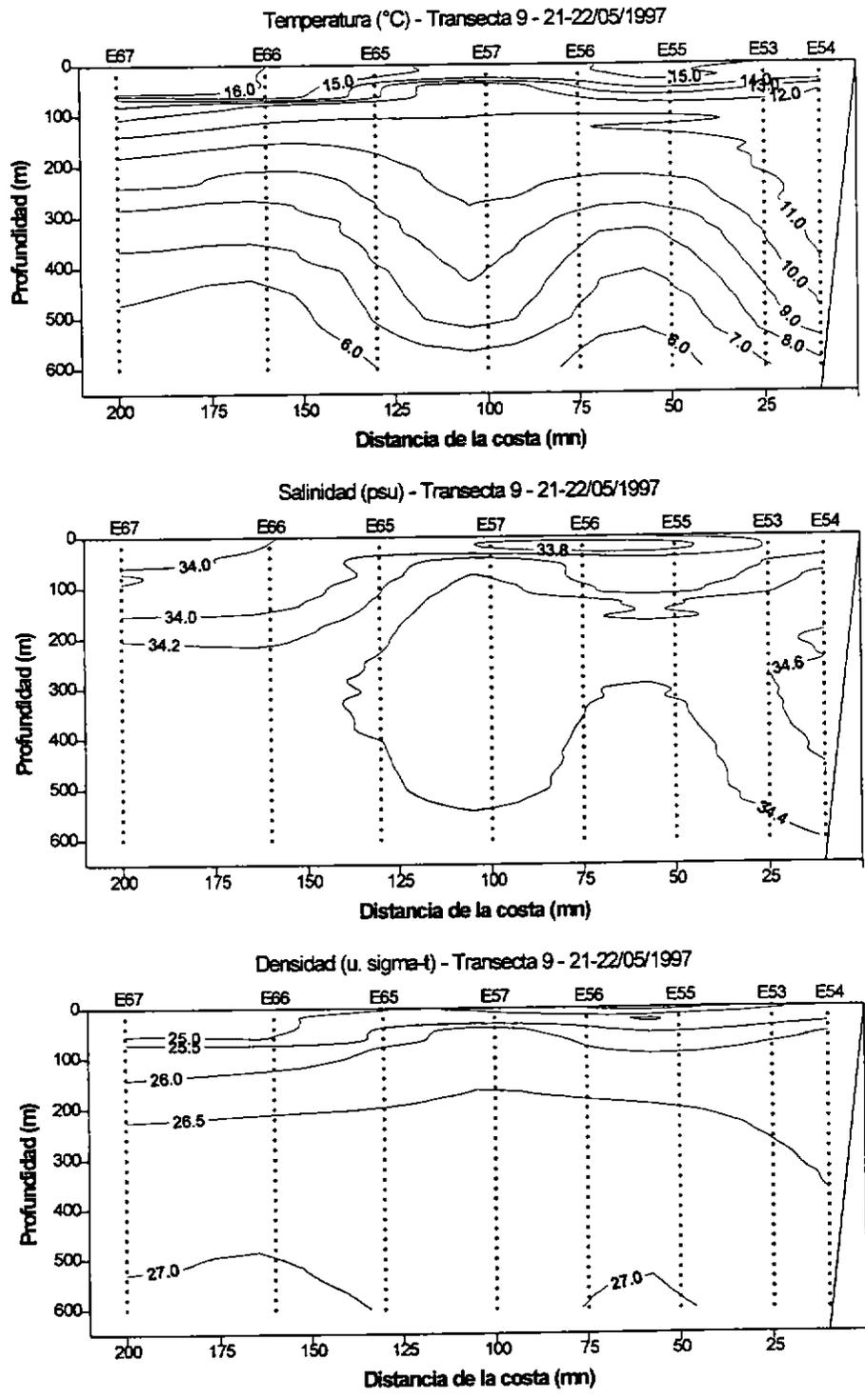


Figura 42 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 9.

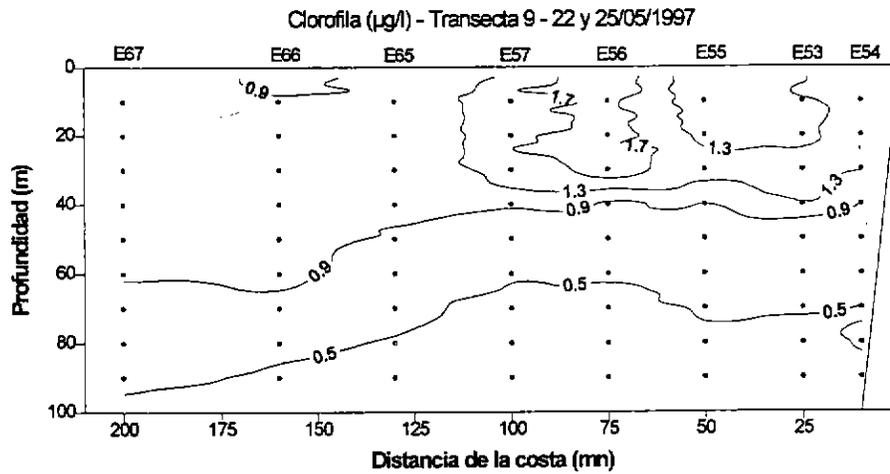
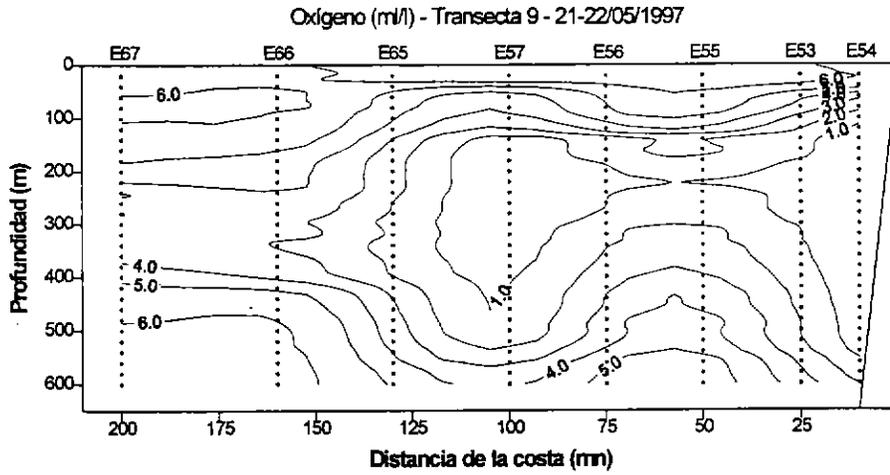


Figura 42
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 9.

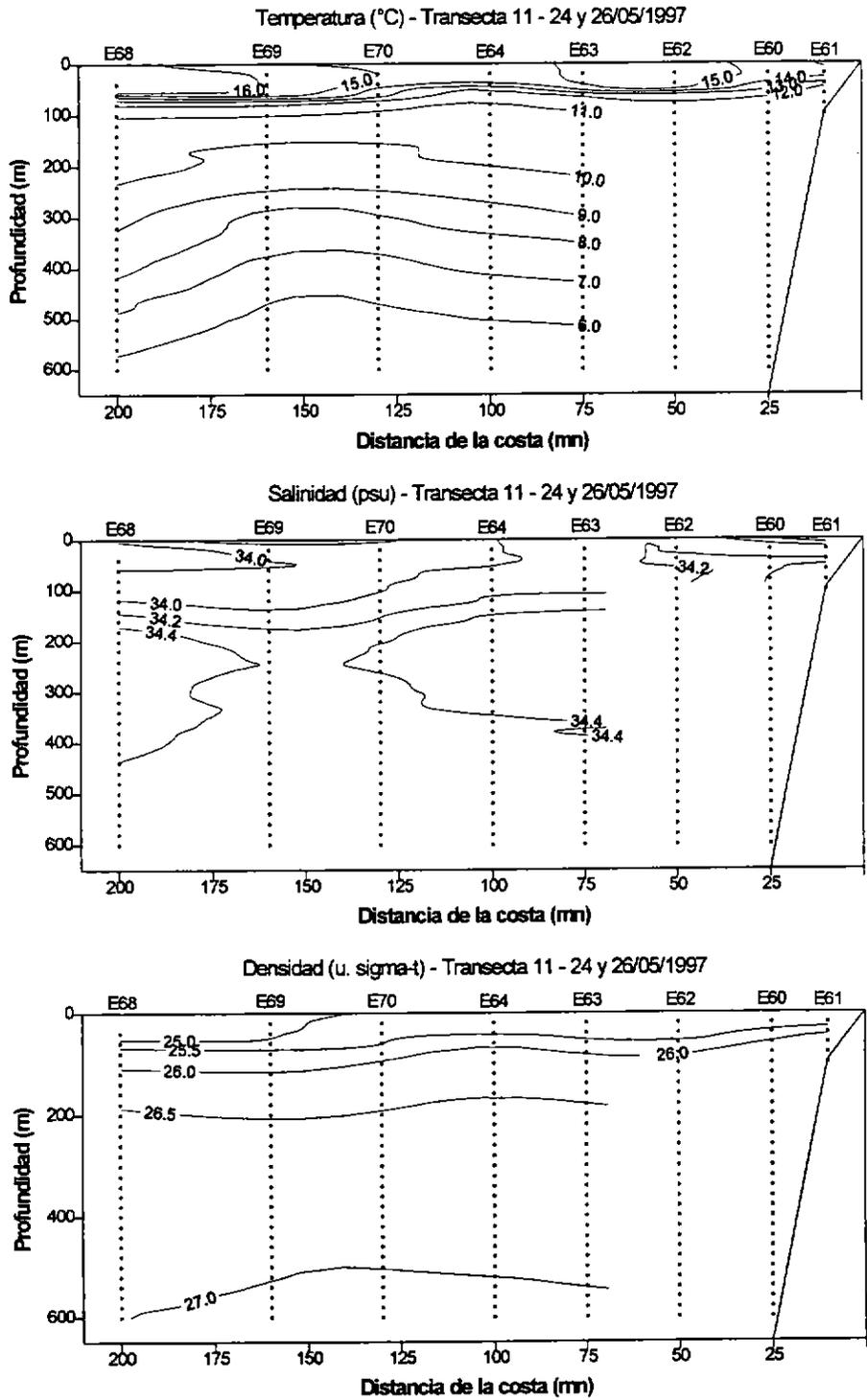


Figura 43 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 11.

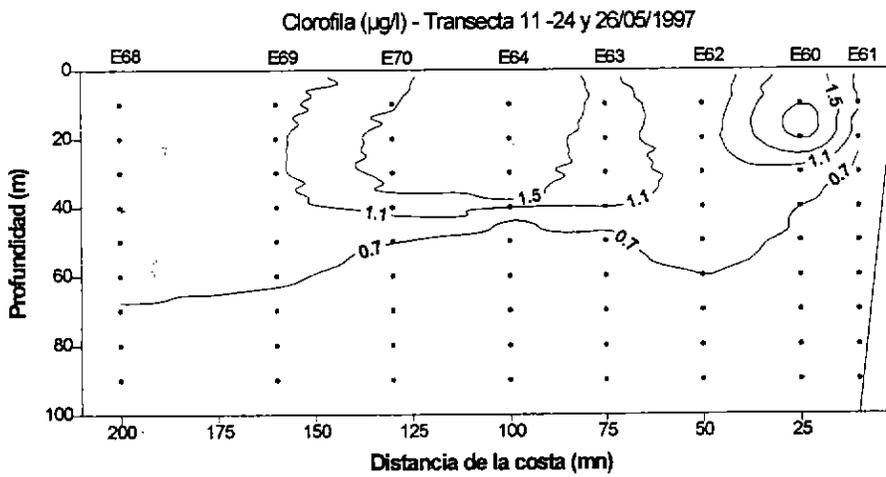
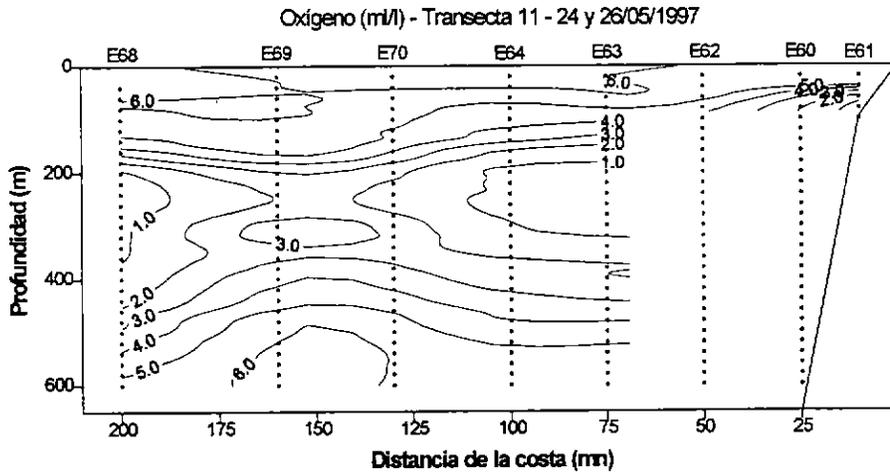


Figura 43
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 11.

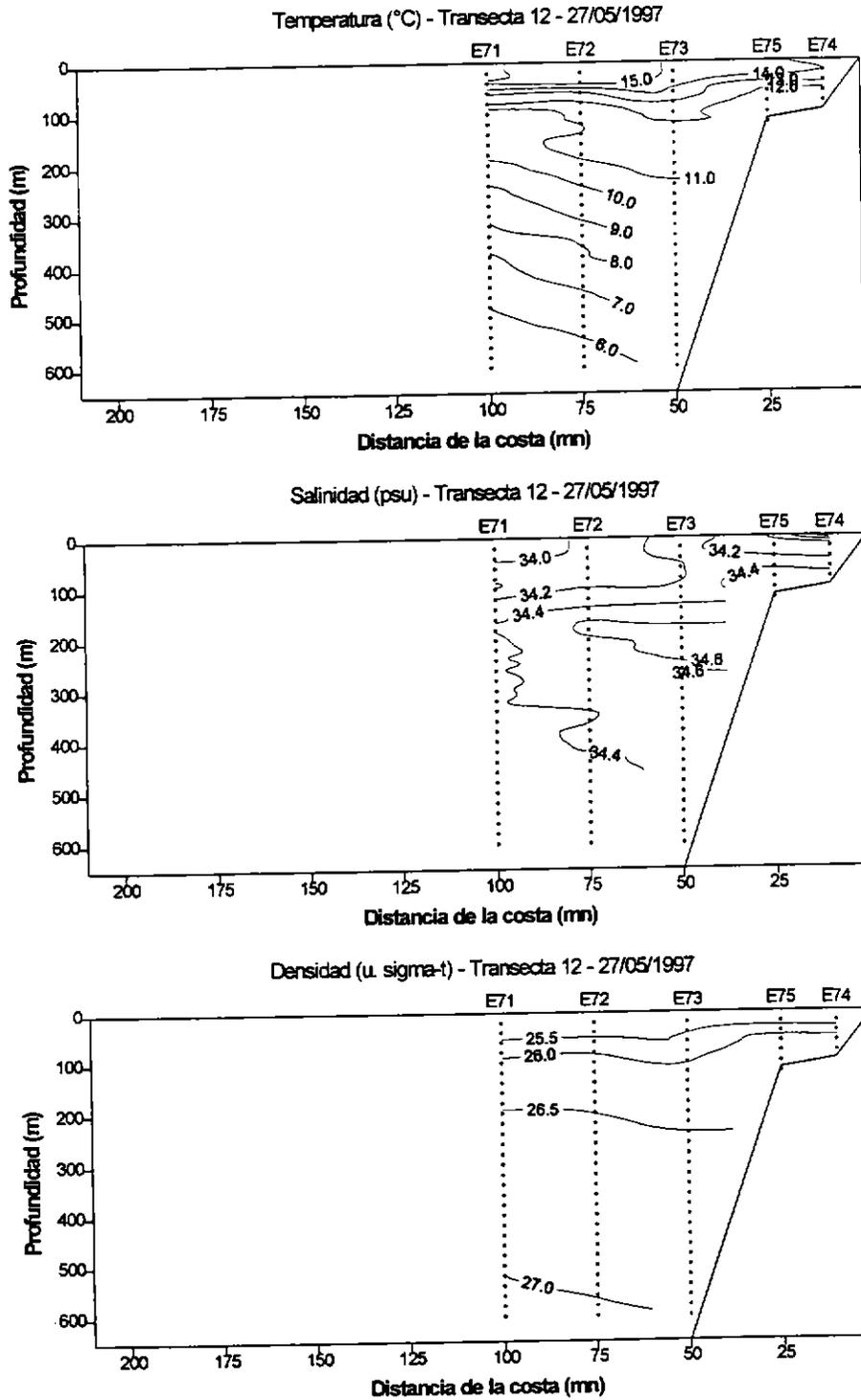


Figura 44 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 12.

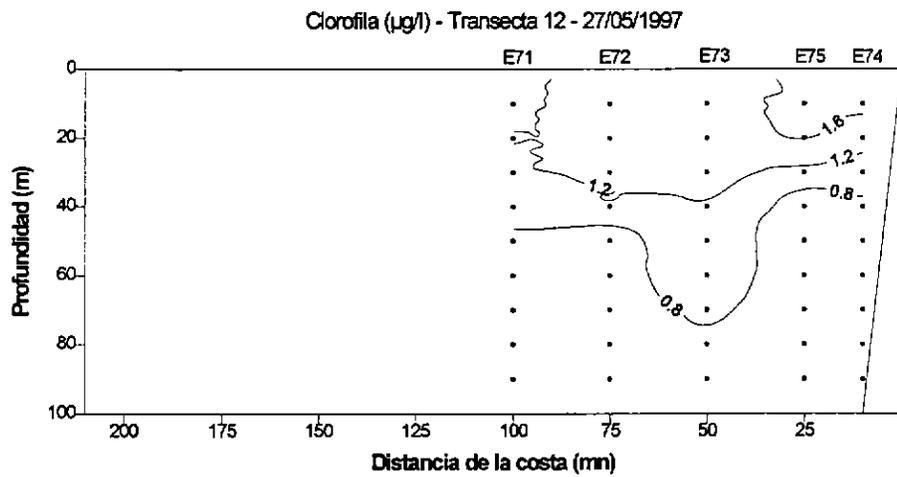
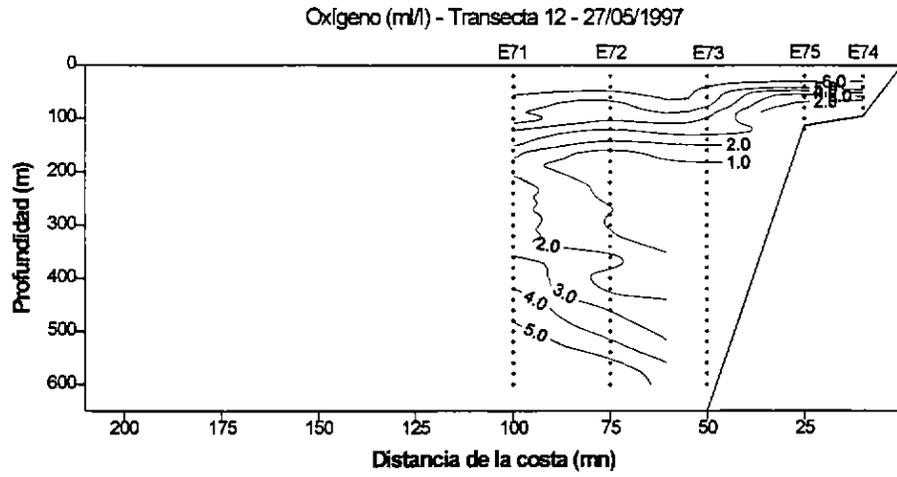


Figura 44
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 12.

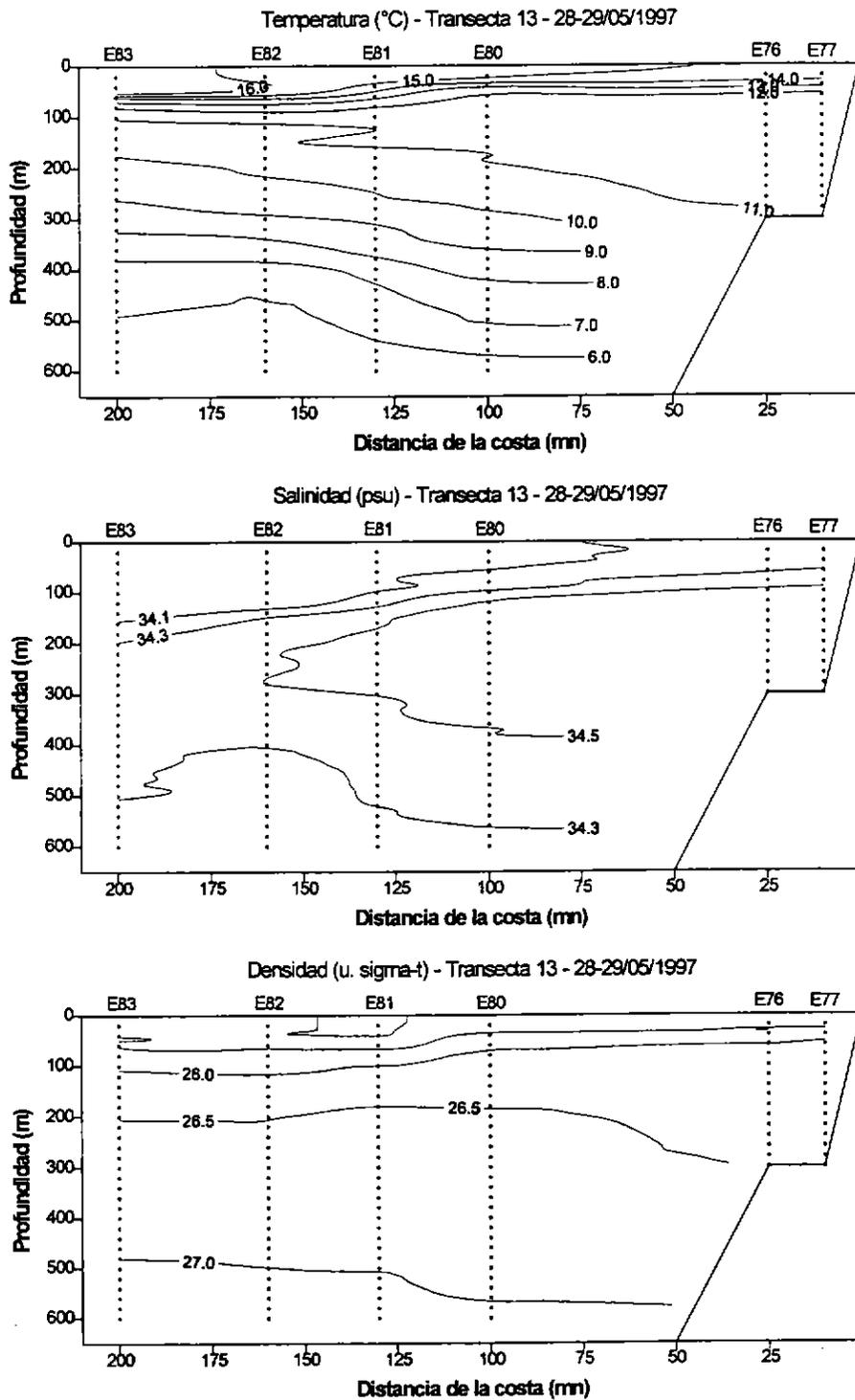


Figura 45 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 13.

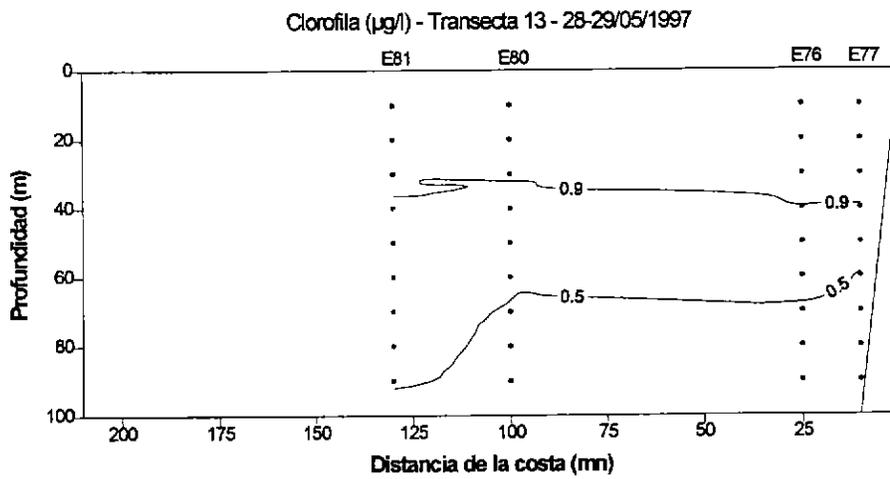
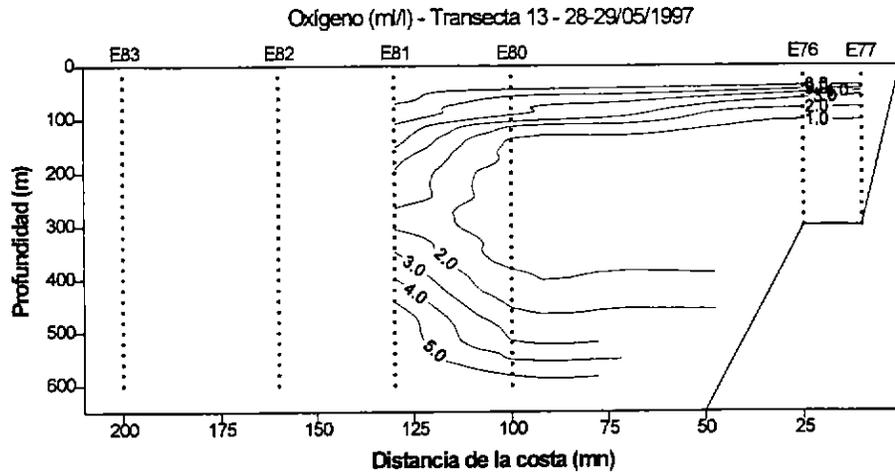


Figura 45
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 13.

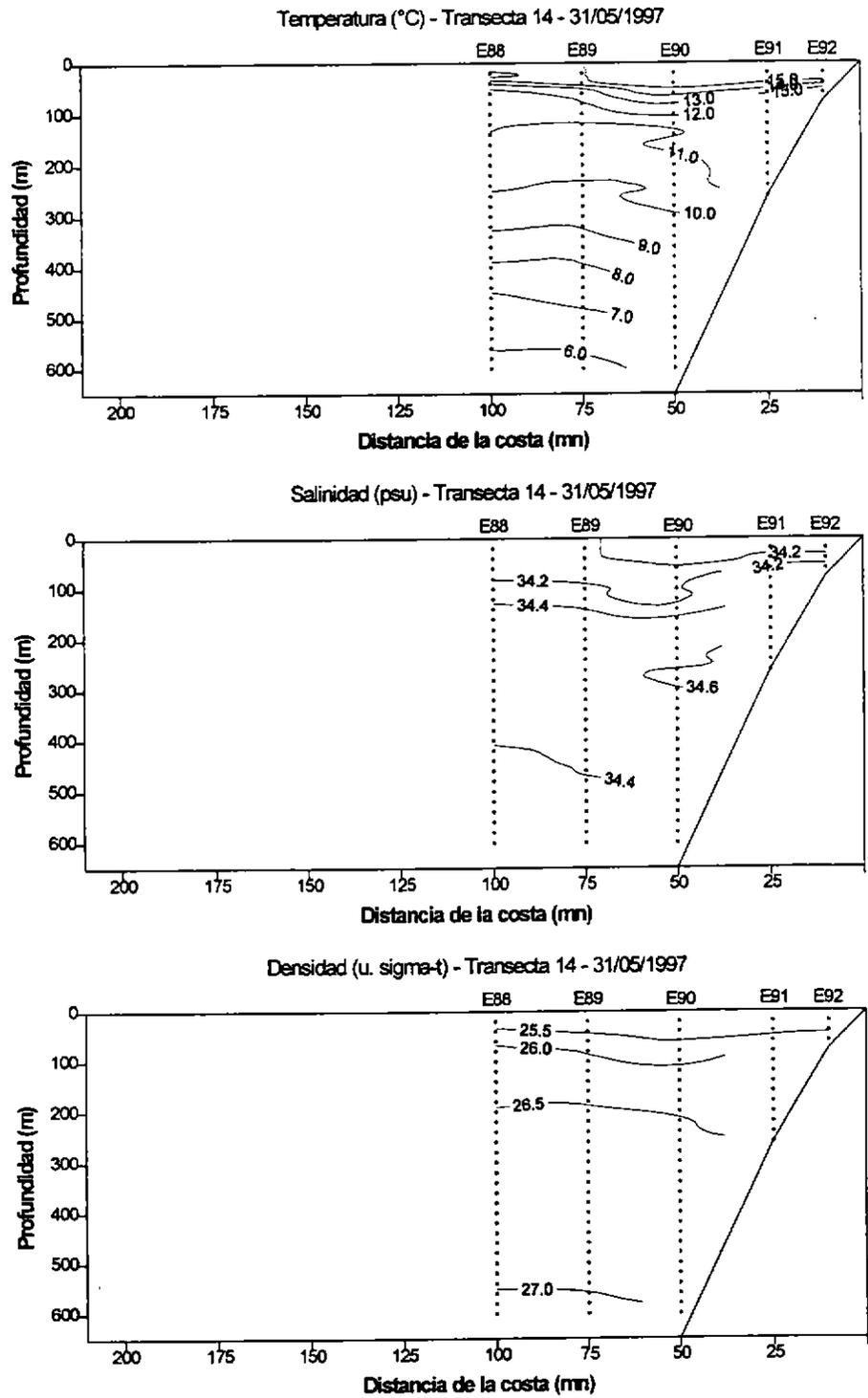


Figura 46 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 14.

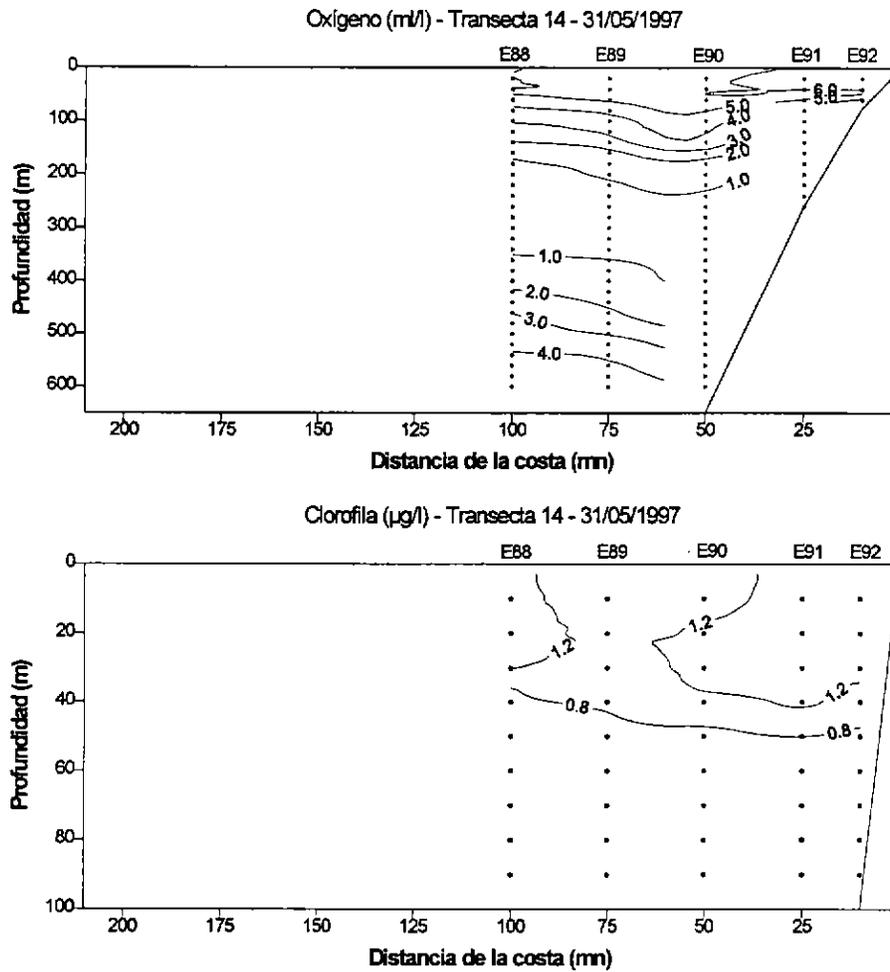


Figura 46
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 14.

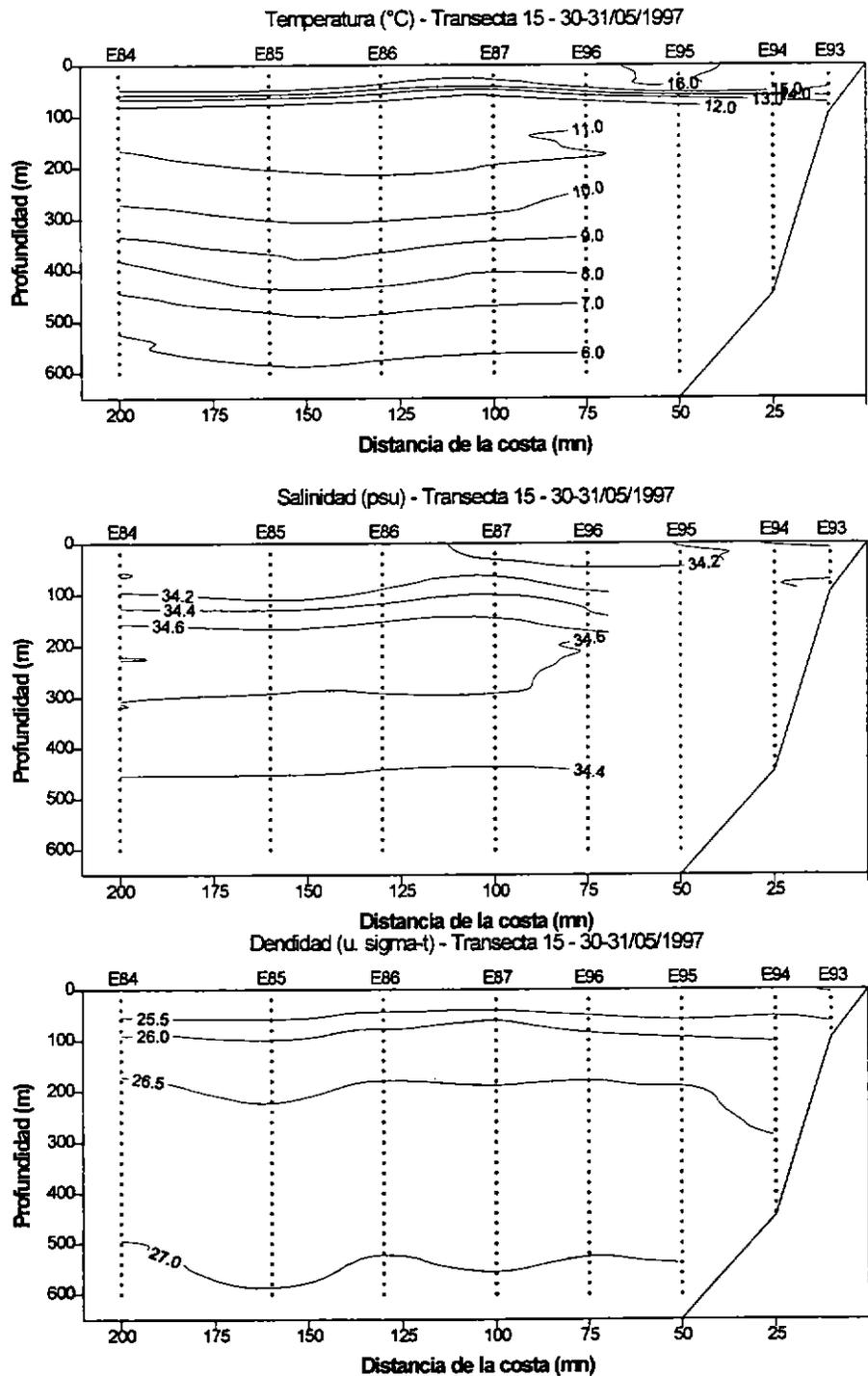


Figura 47 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 15.

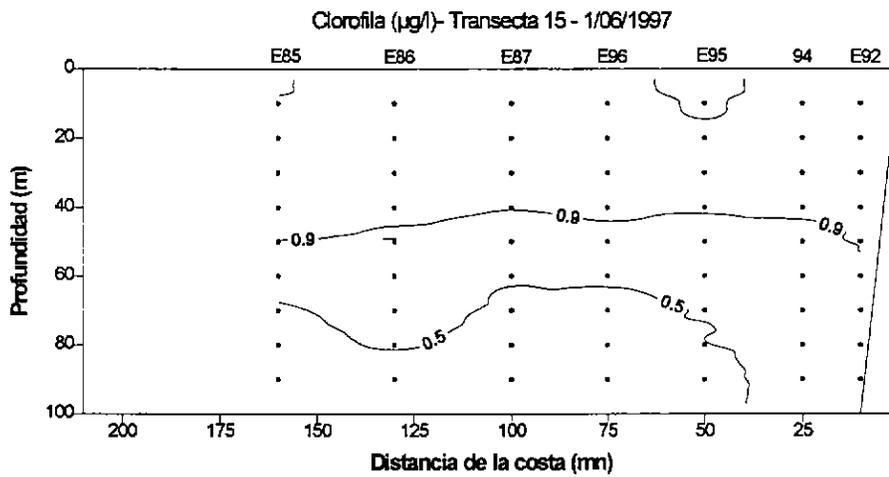
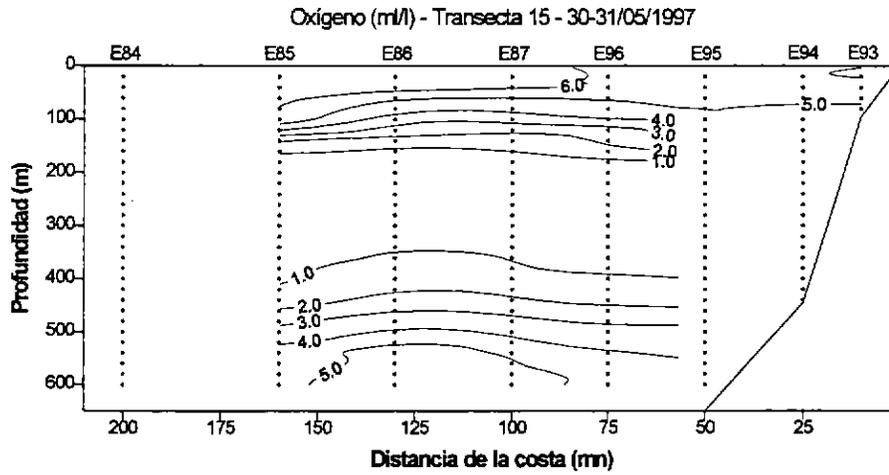


Figura 47
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 15.

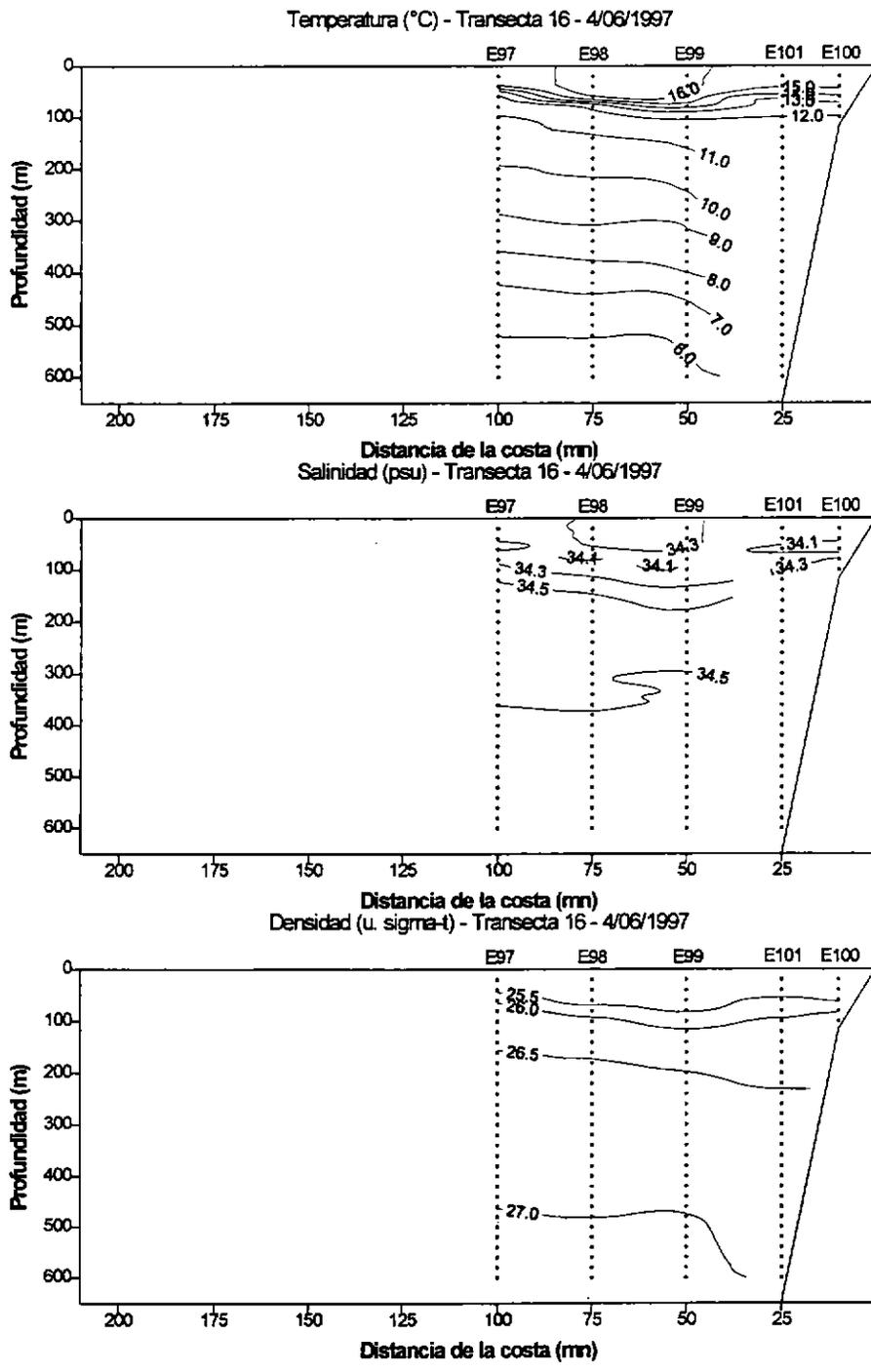


Figura 48 Distribución vertical de temperatura, salinidad y densidad. Secciones oceanográficas de la Transecta 16.

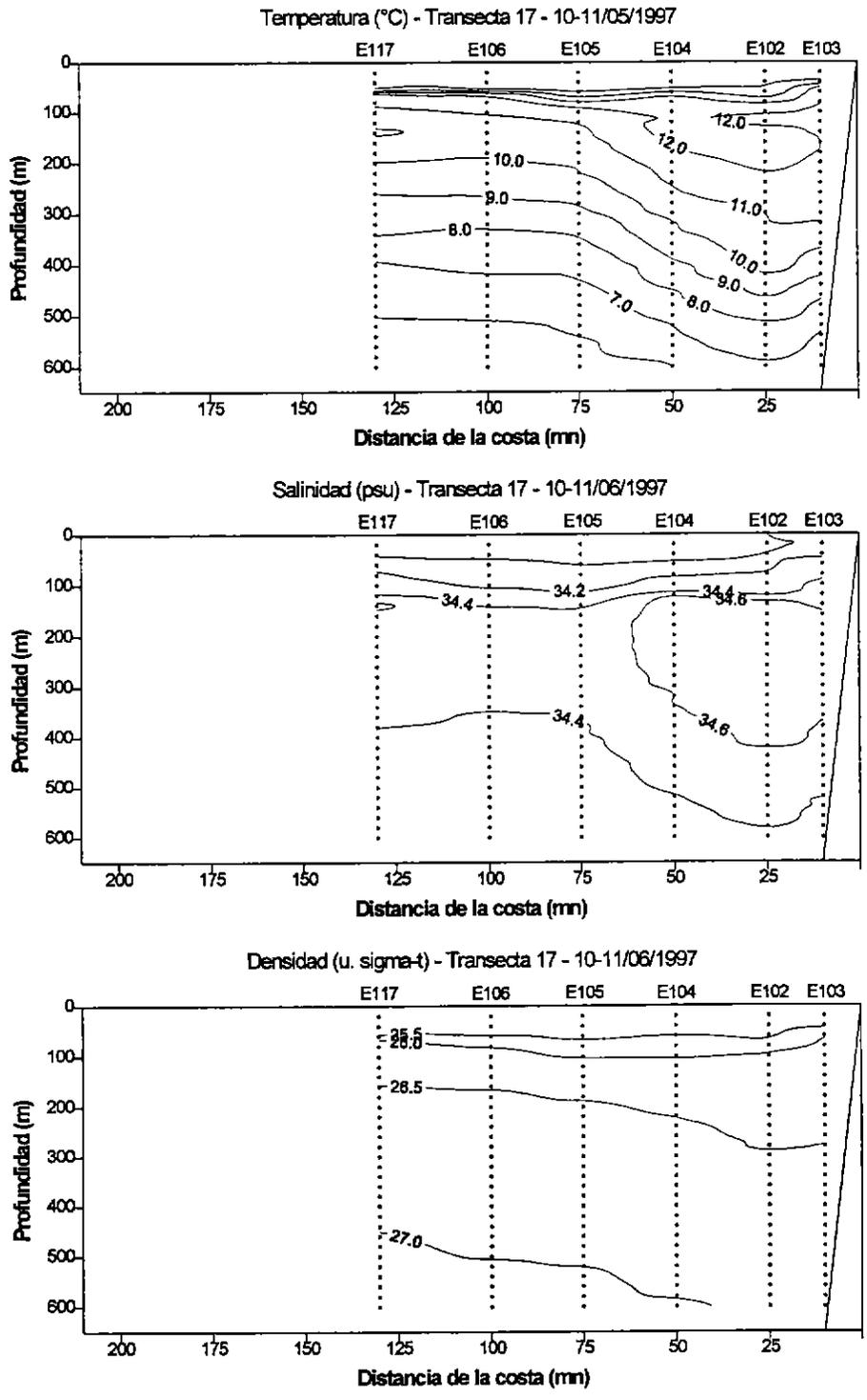


Figura 49 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 17.

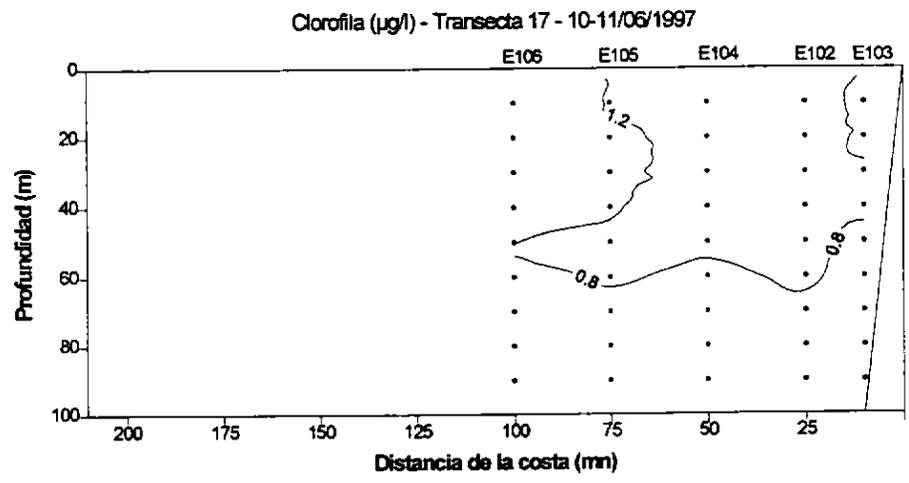
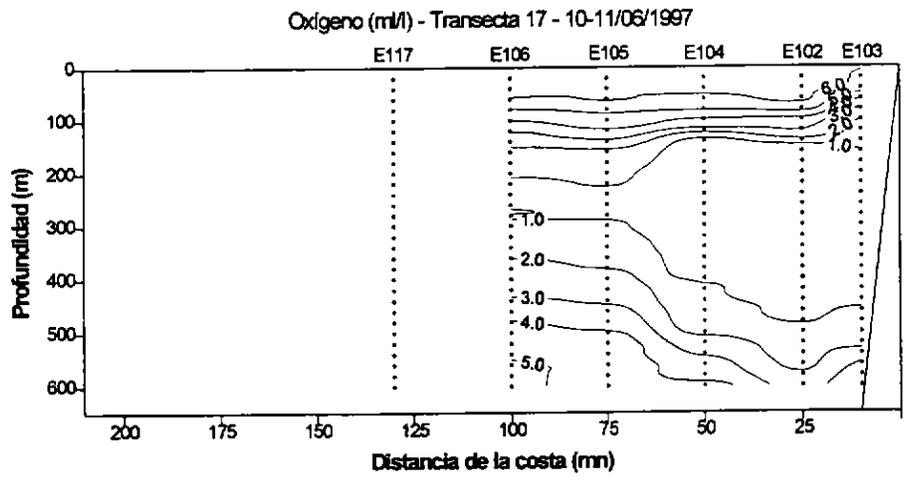


Figura 49
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 17.

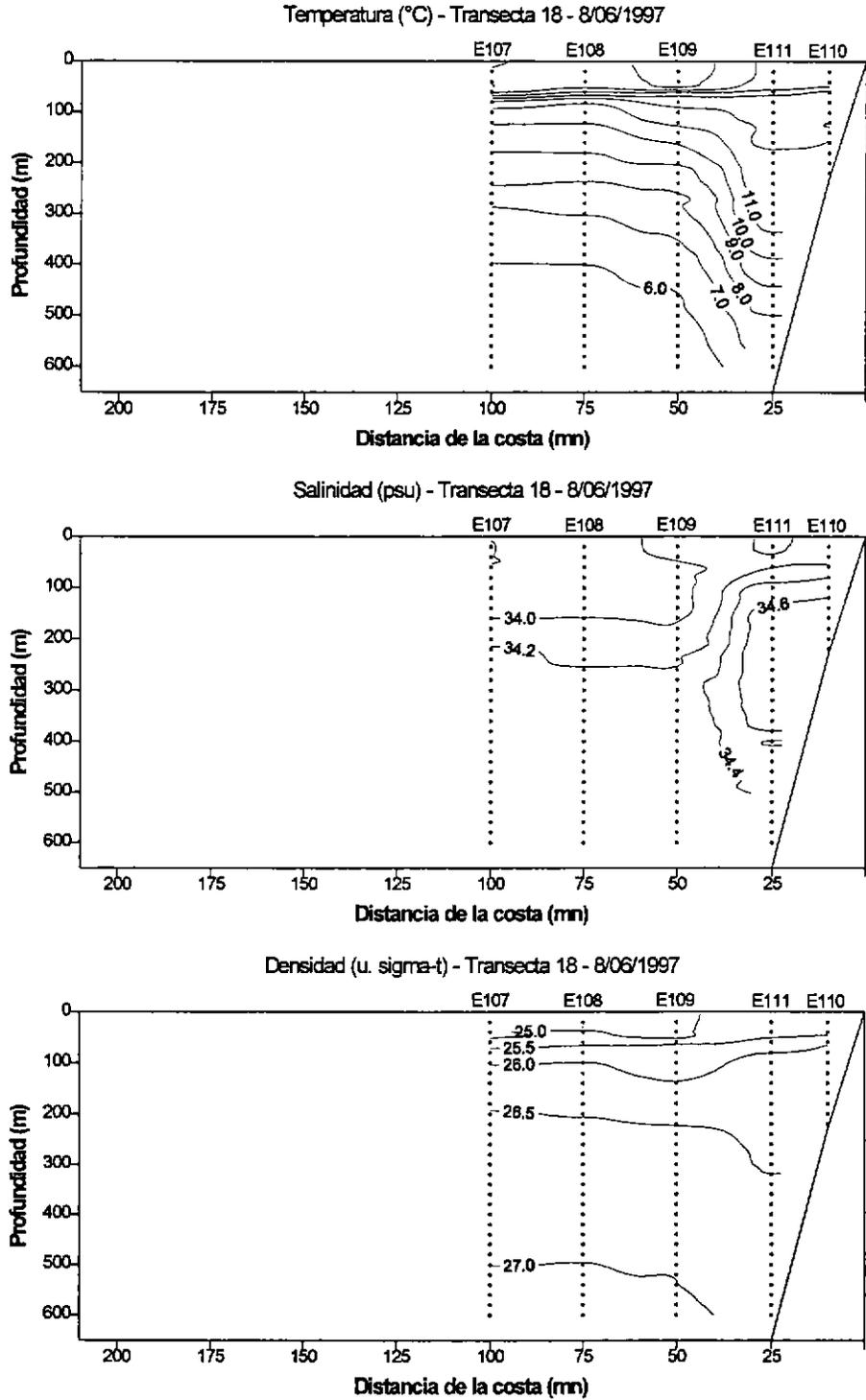


Figura 50 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 18.

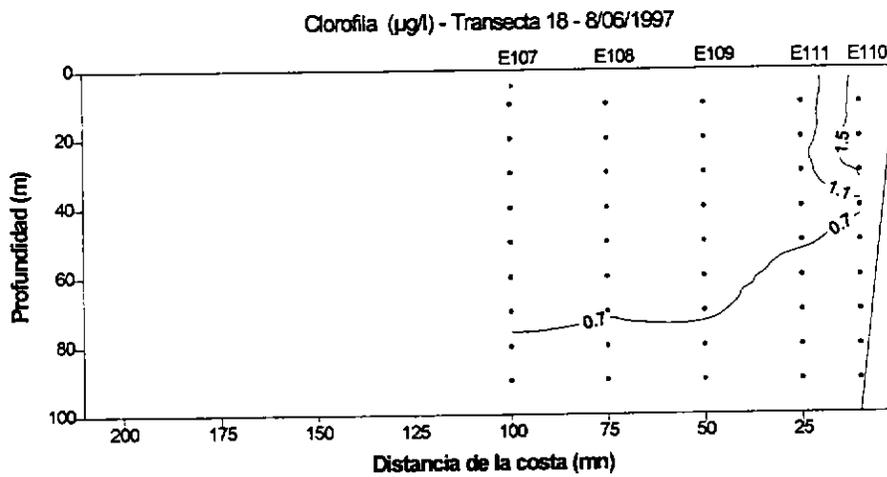
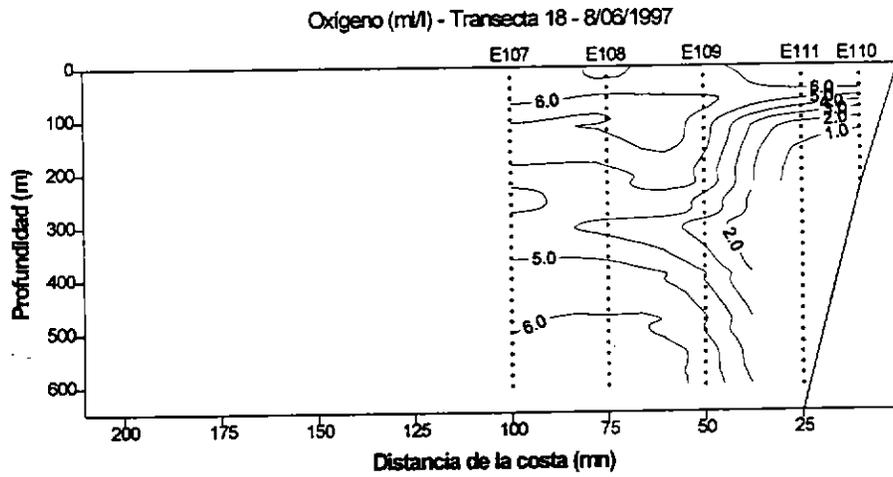


Figura 50
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 18.

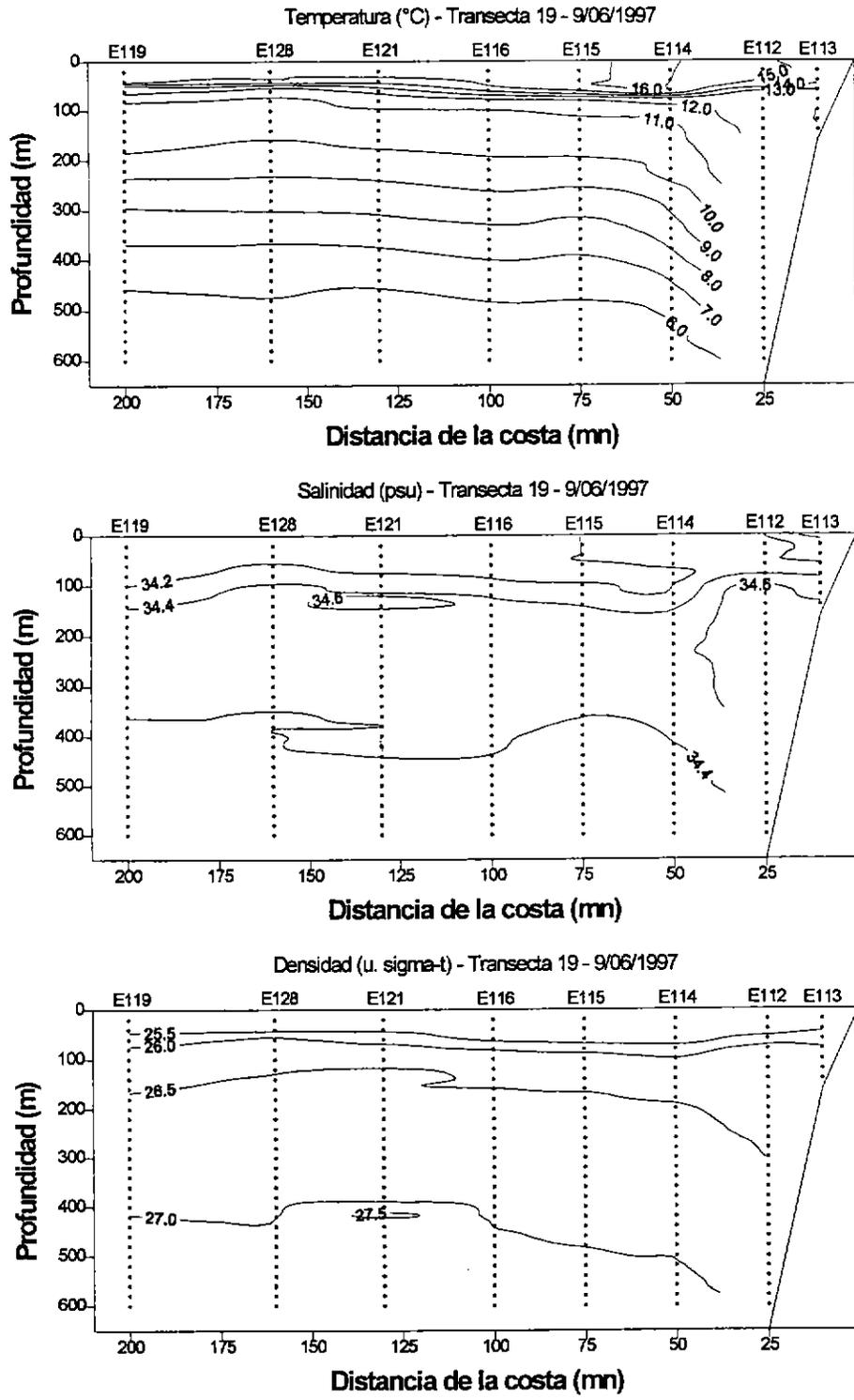


Figura 51 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 19.

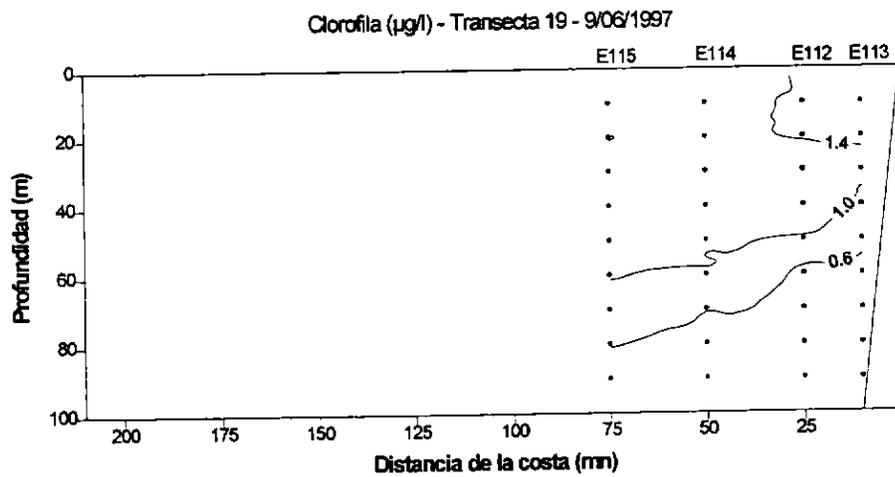
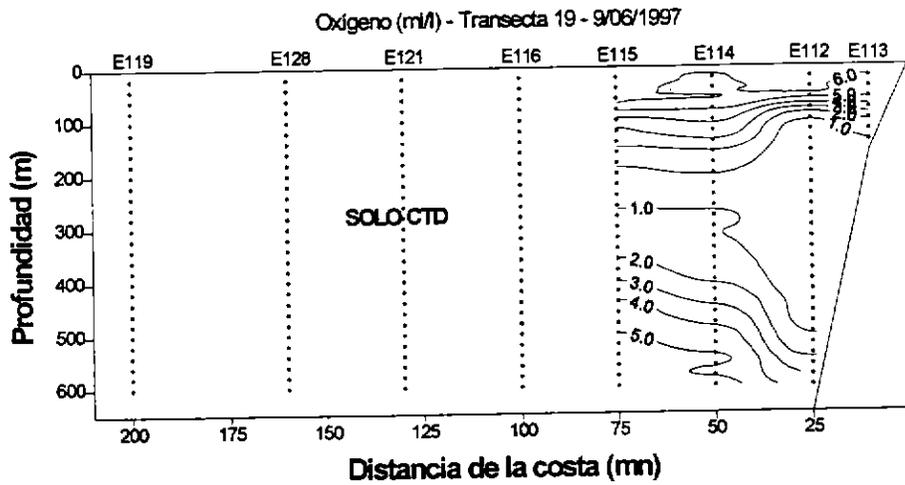


Figura 51
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 19.

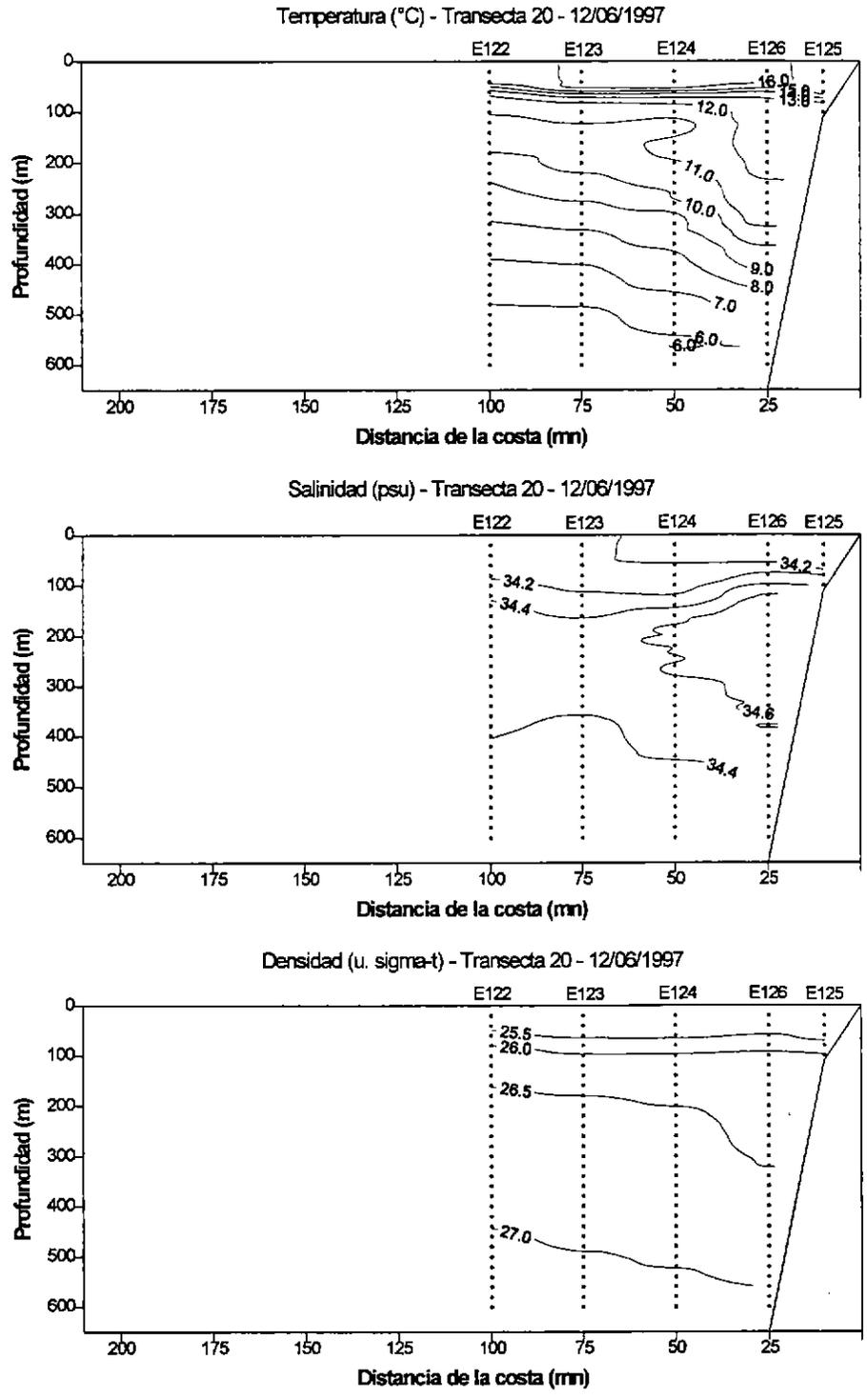


Figura 52 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 20.

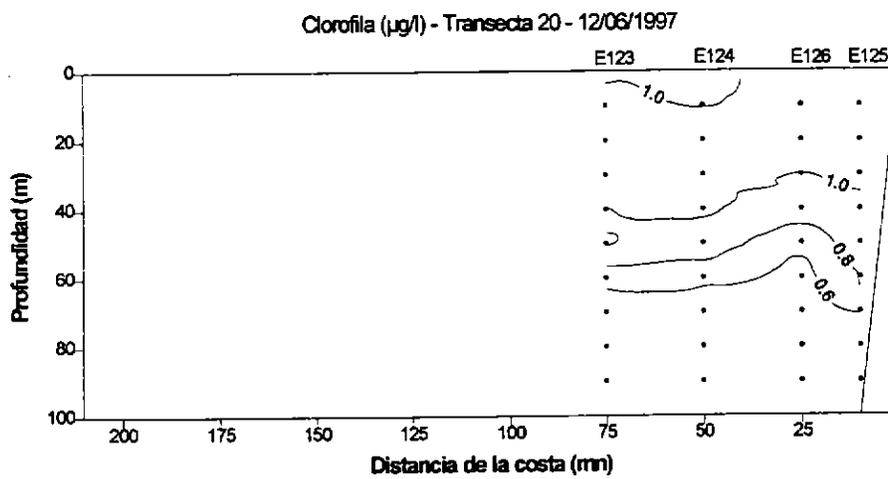
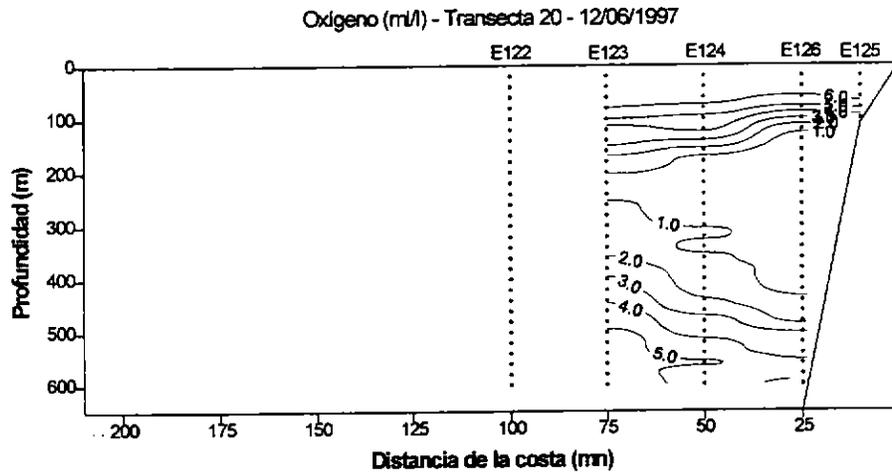


Figura 52
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 20.

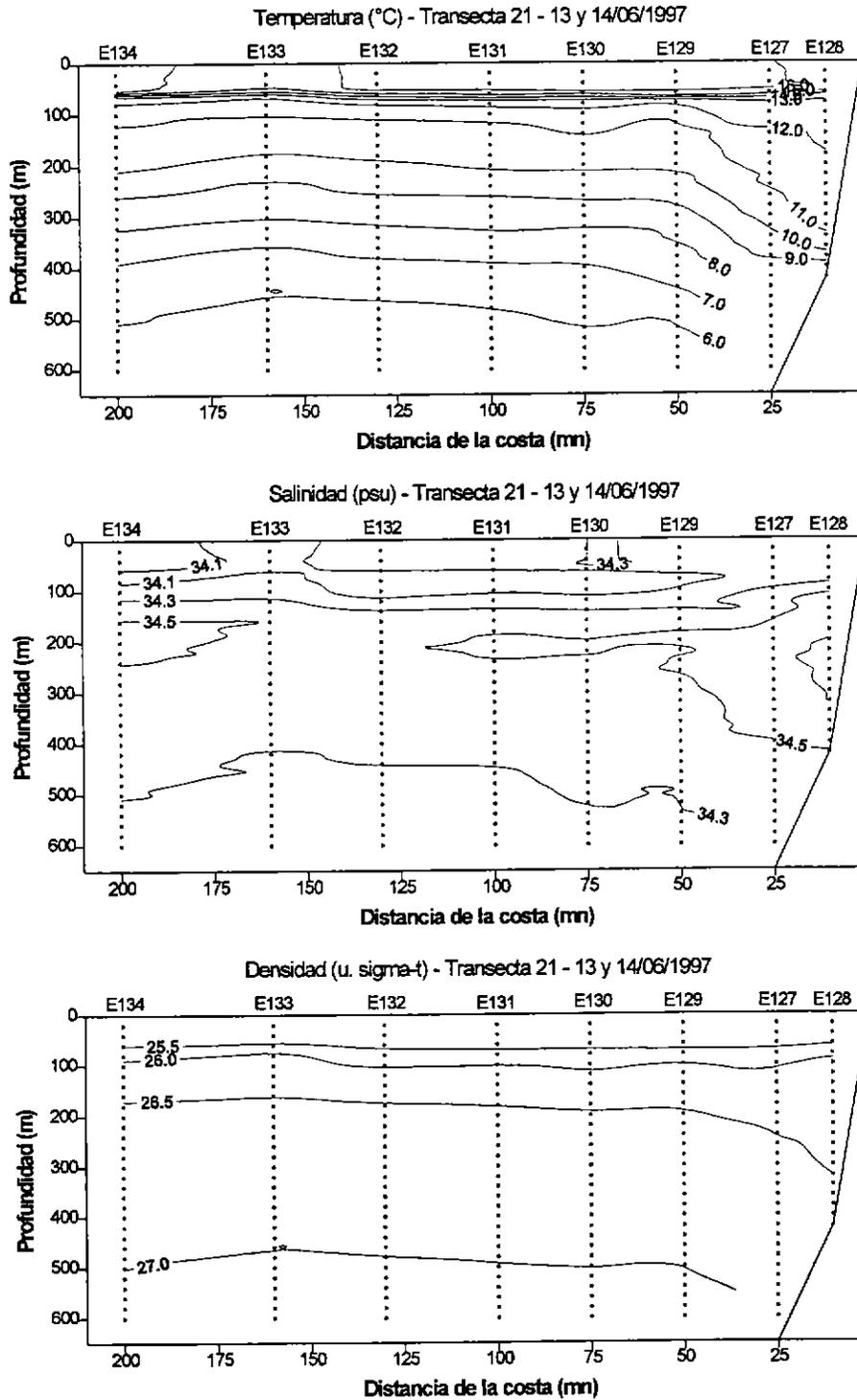


Figura 53 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 21.

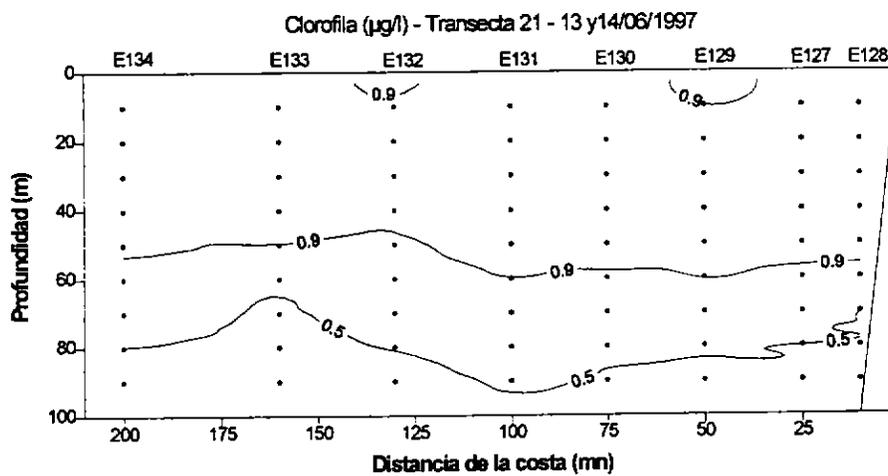
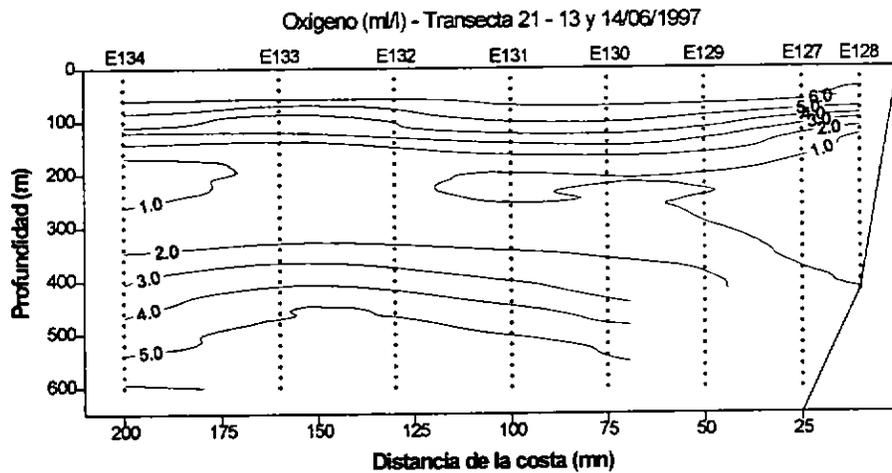


Figura 53
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 21.

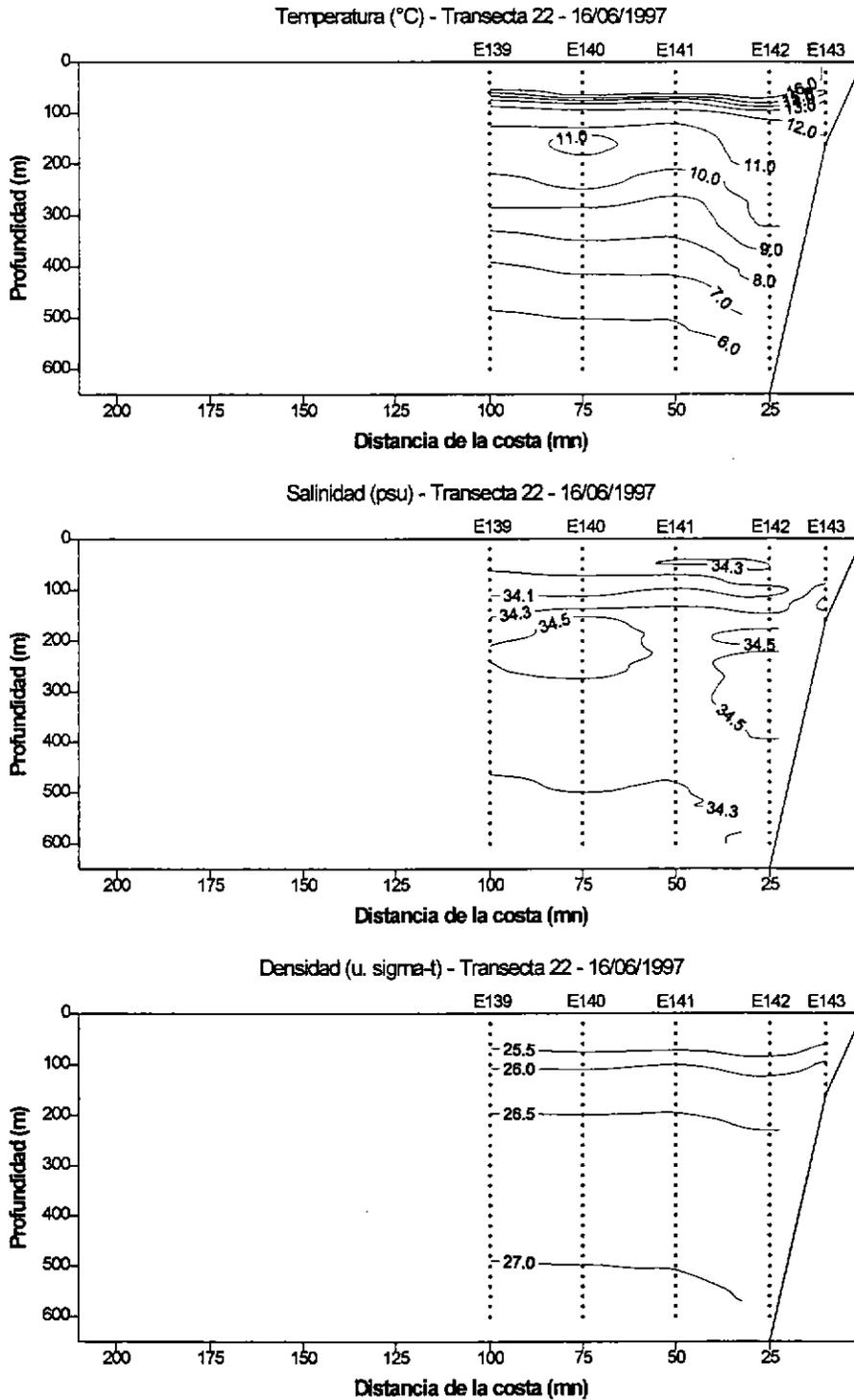


Figura 54 Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 22.

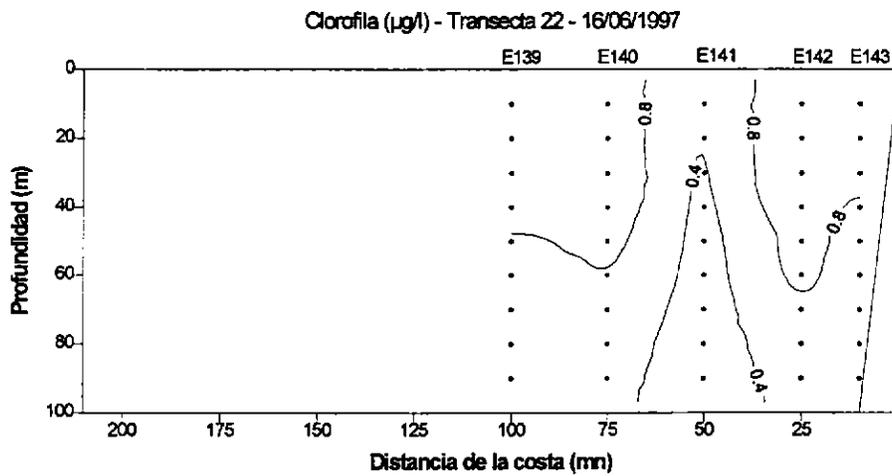
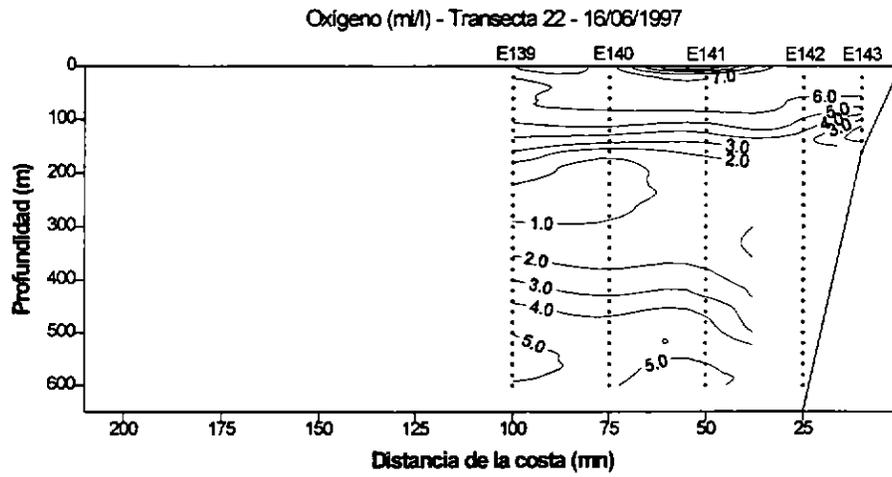


Figura 54
(continuación)

Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila. Secciones oceanográficas de la Transecta 22.

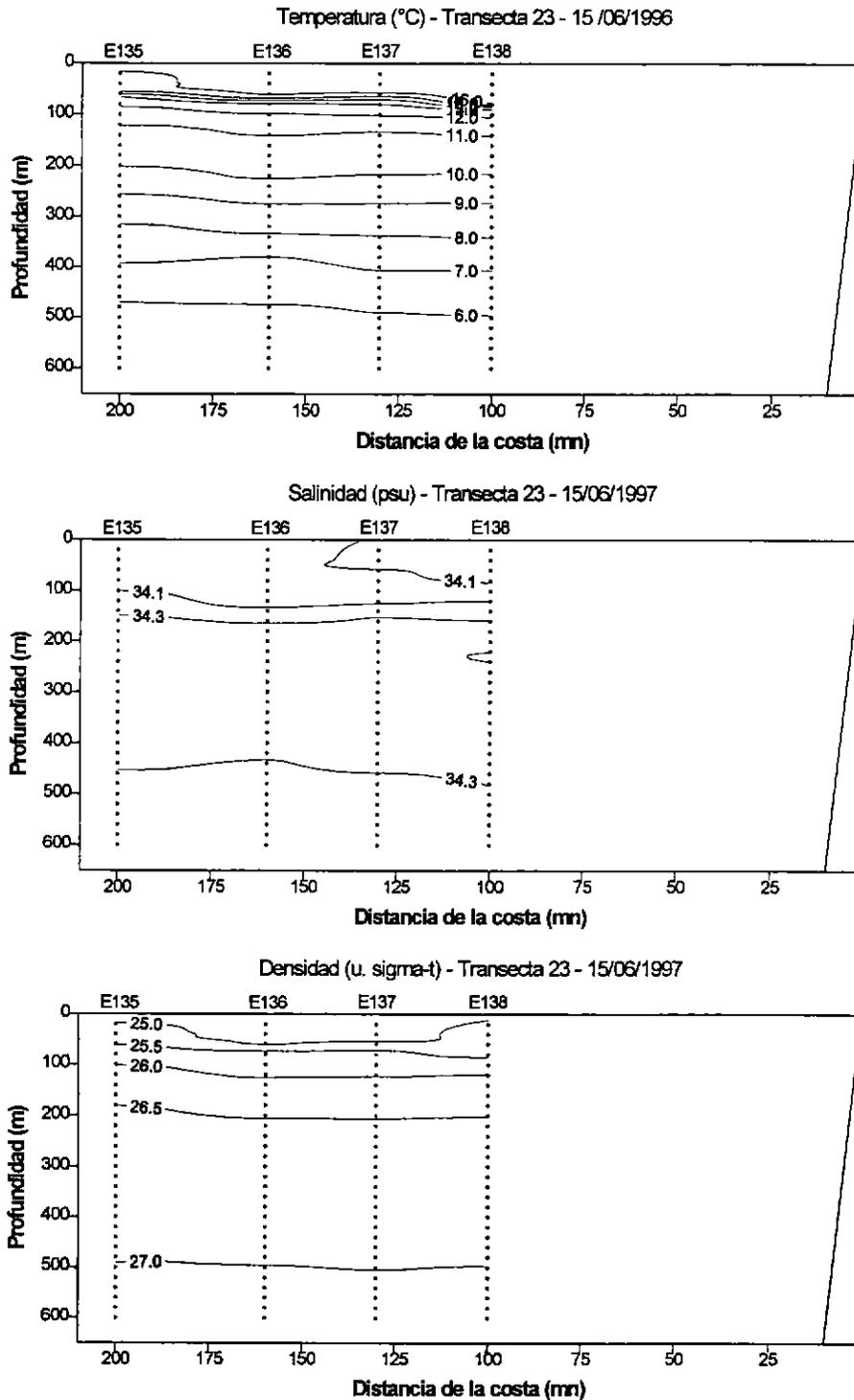


Figura 55 Distribución vertical de temperatura, salinidad y densidad. Secciones oceanográficas de la Transecta 23.

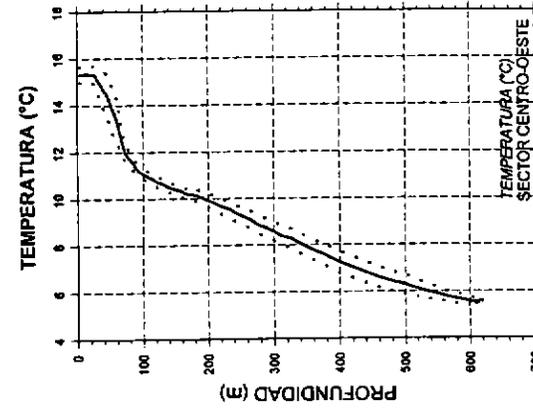
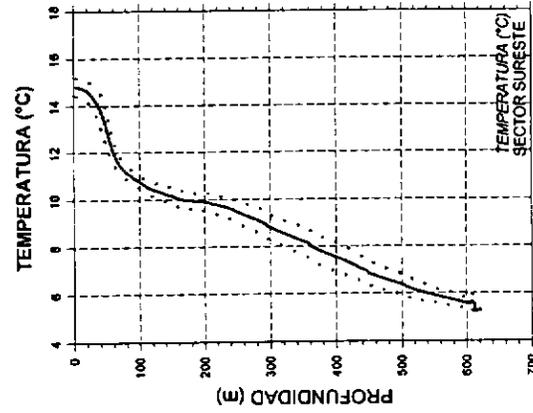
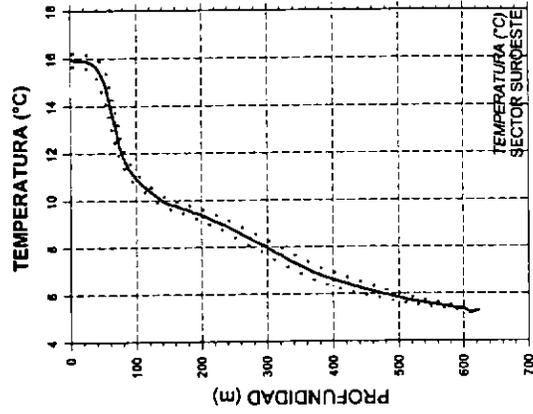
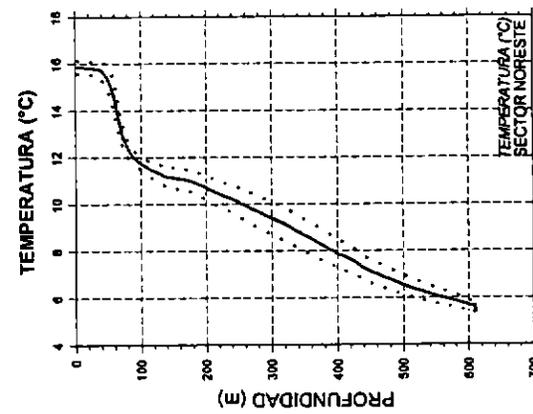
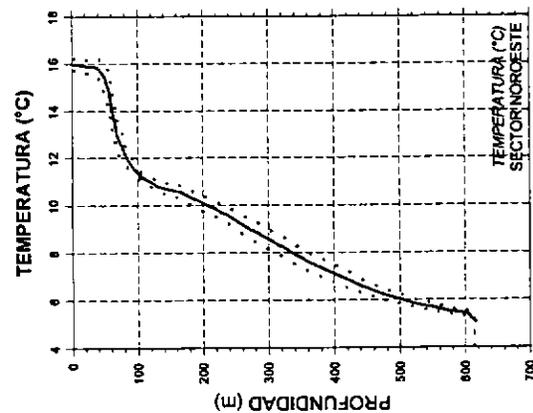
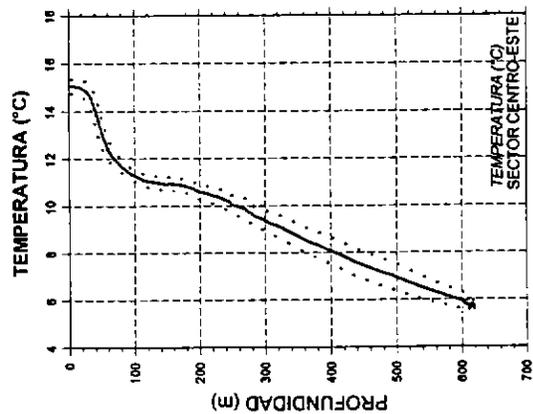


Figura 56 Perfiles verticales promedio de temperatura (línea continua) y su desviación estándar (línea discontinua), para los sectores noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio.

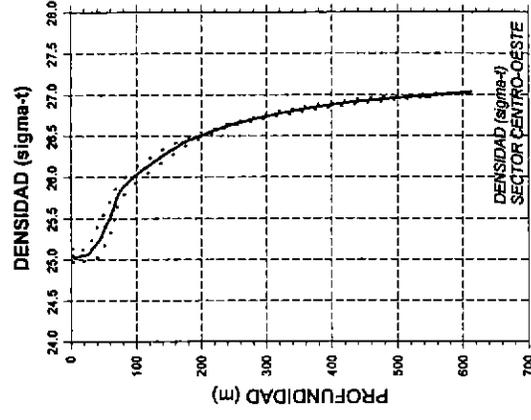
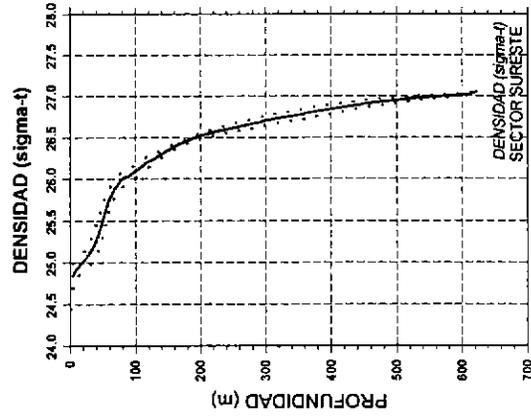
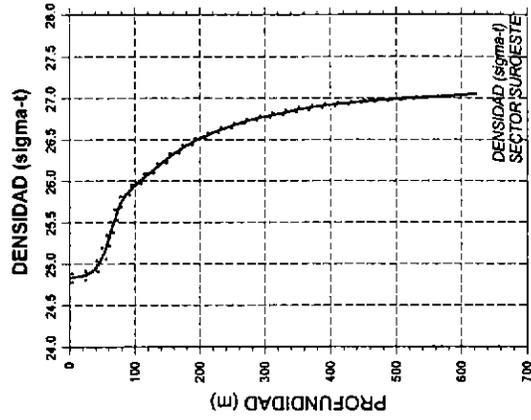
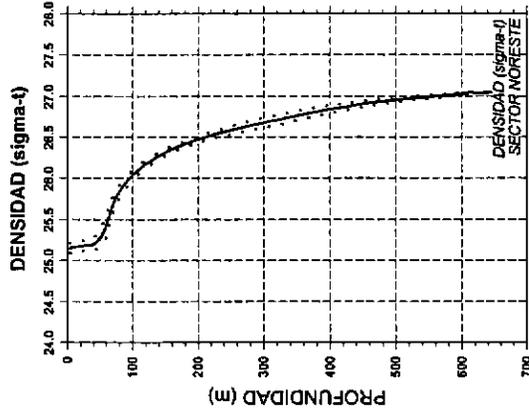
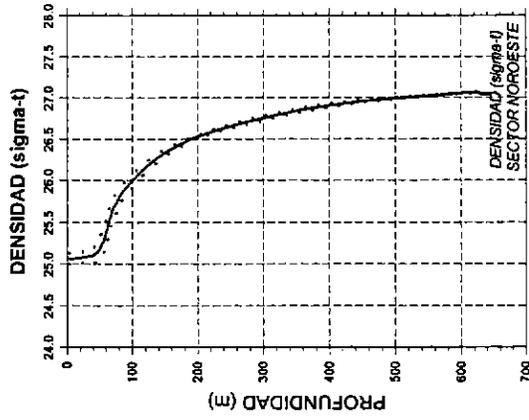
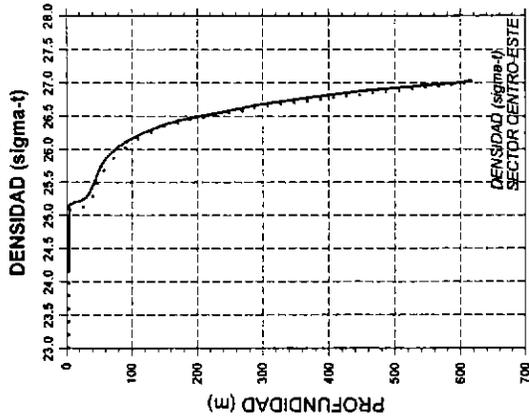


Figura 57 Perfiles verticales promedio de densidad (línea continua) y su desviación estándar (línea discontinua), para los sectores noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio.

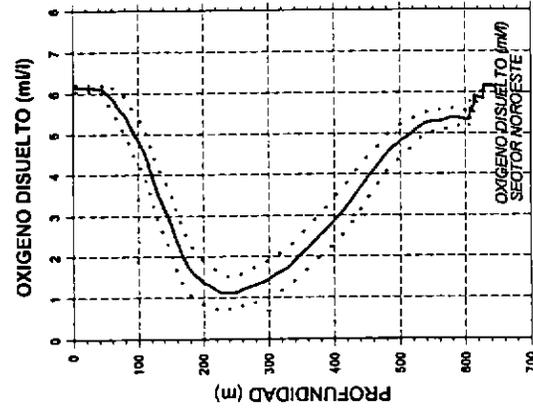
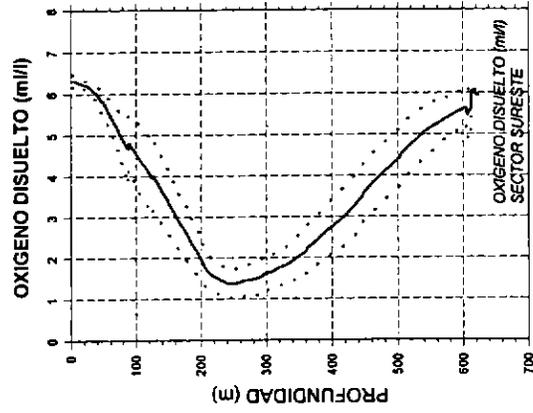
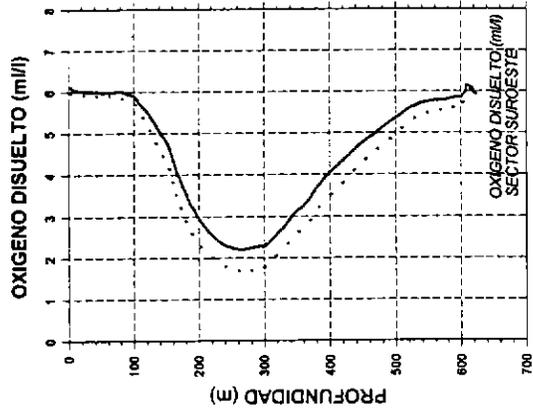
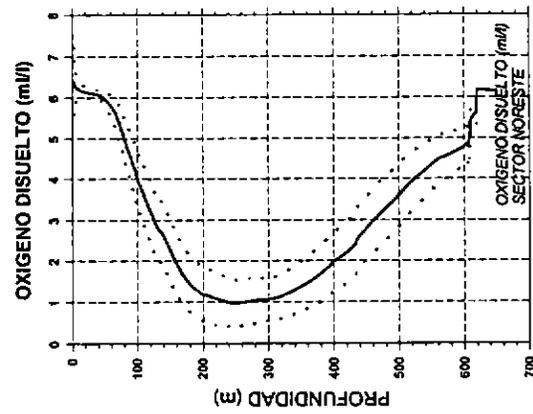
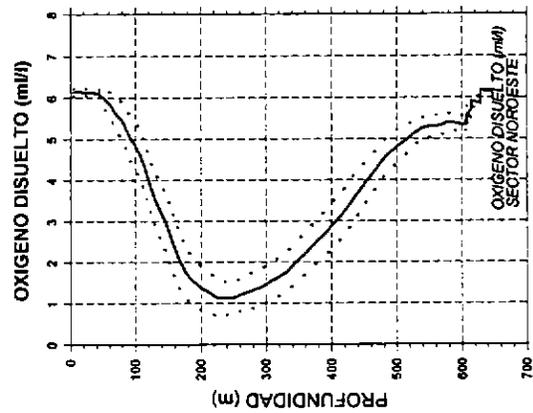
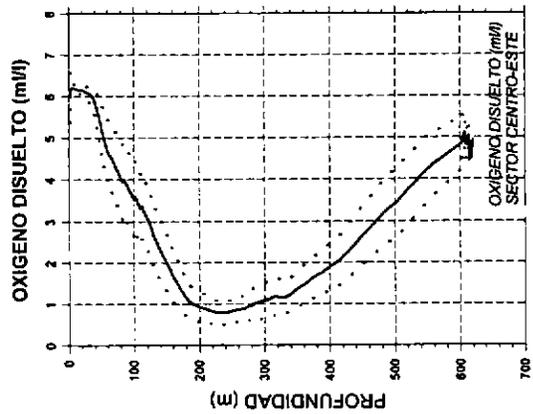


Figura 58 Perfiles verticales promedio de oxígeno disuelto (línea continua) y su desviación estándar (línea discontinua), para los sectores noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio.

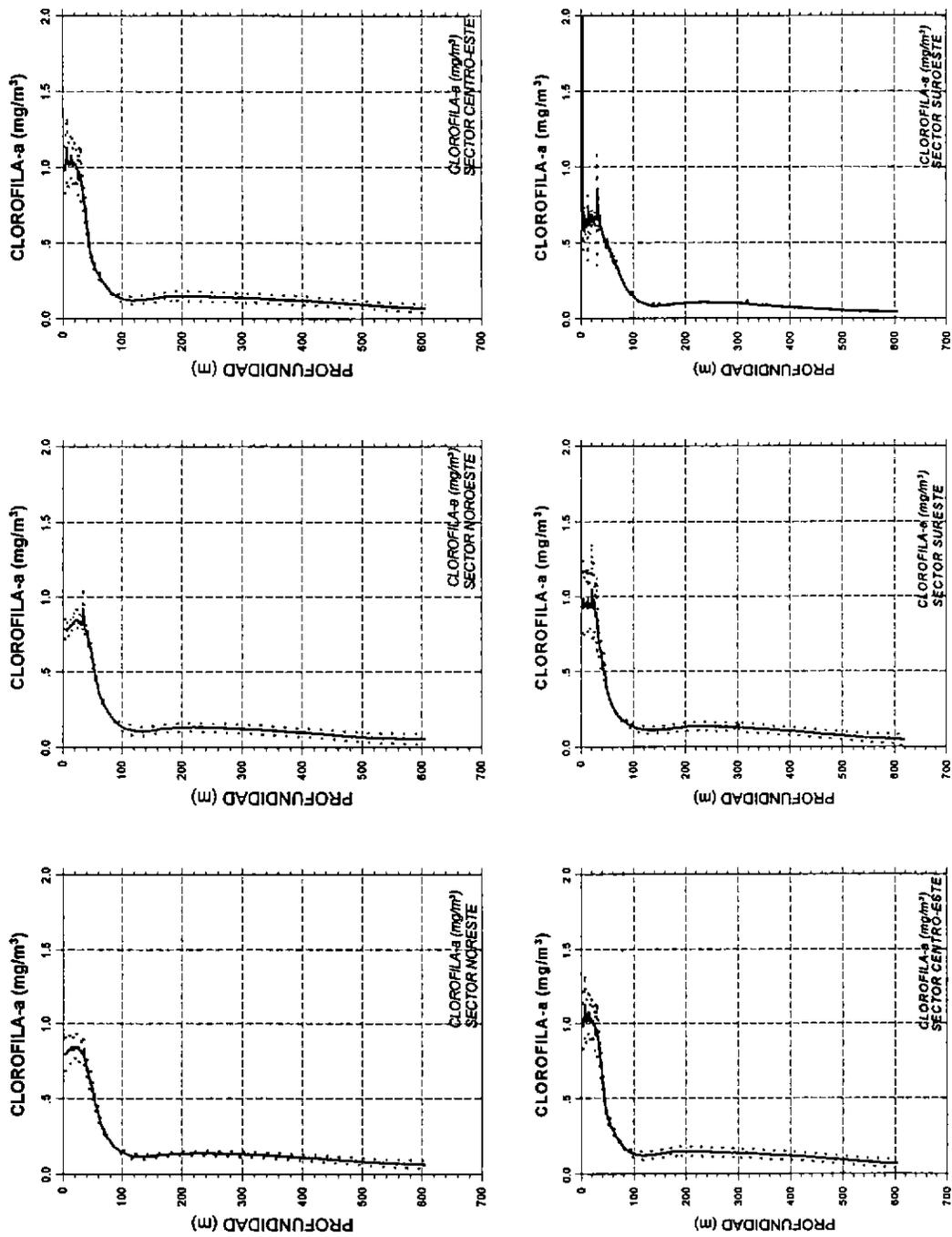


Figura 59 Perfiles verticales promedio de clorofila-a (línea continua) y su desviación estándar (línea discontinua), para los sectores noreste, noroeste, centro-este, centro-oeste, sureste y suroeste del área de estudio.

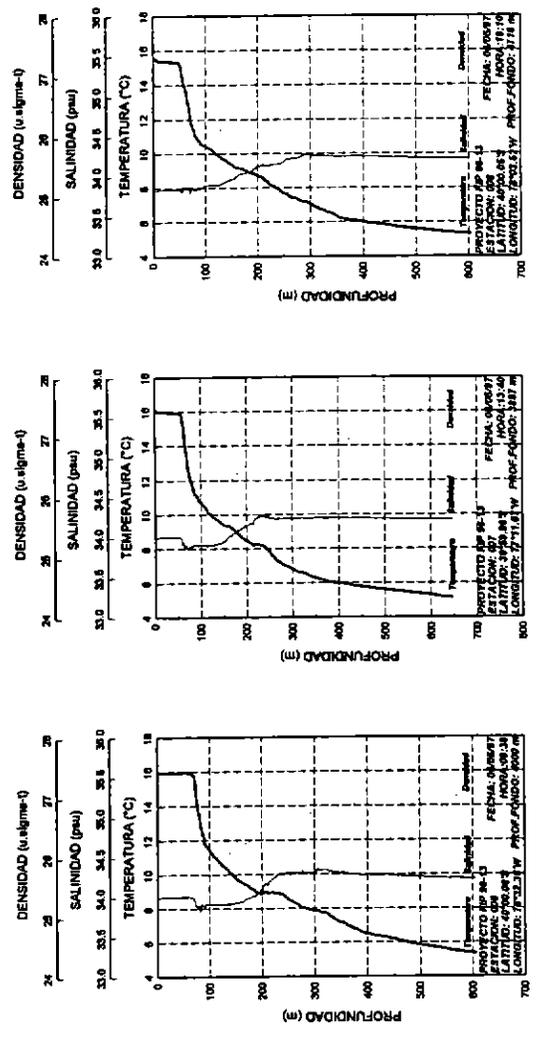
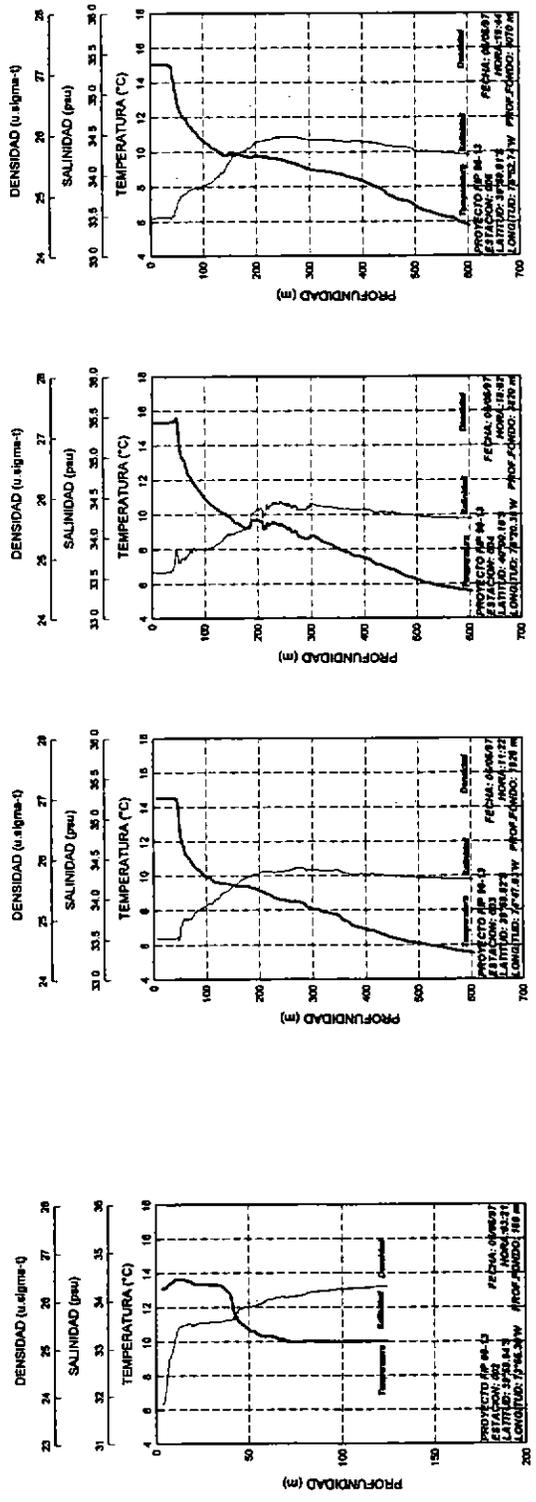


Figura 60 Perfiles verticales individuales de temperatura, salinidad y densidad. Transecta 1.

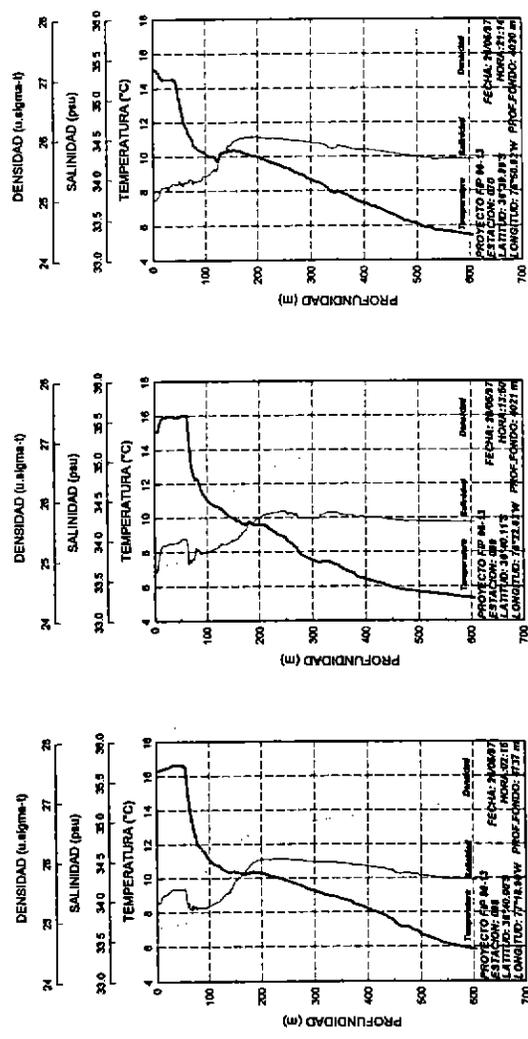
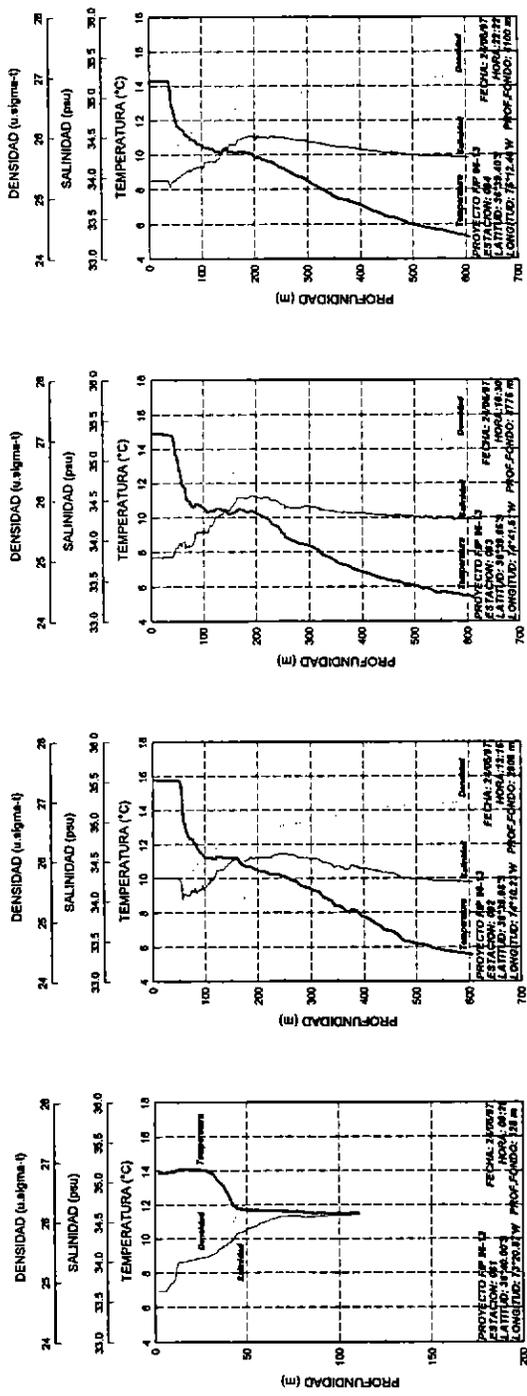


Figura 61 Perfiles verticales individuales de temperatura, salinidad y densidad. Transecta 11.

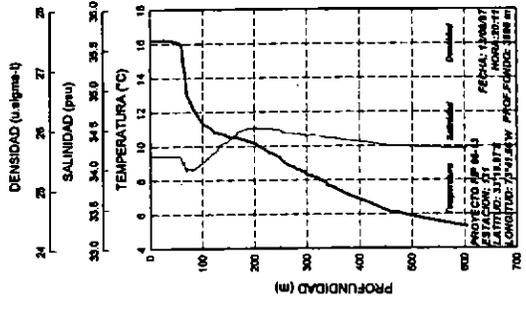
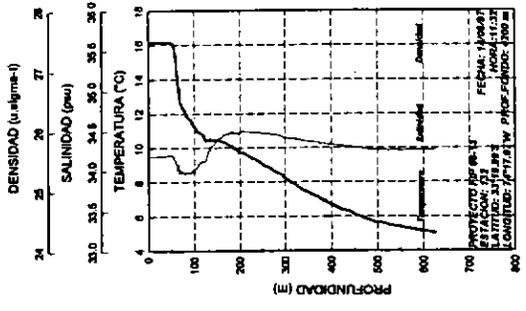
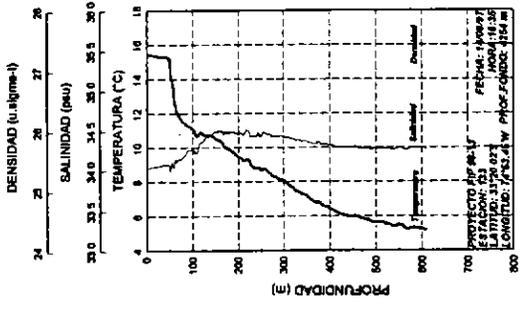
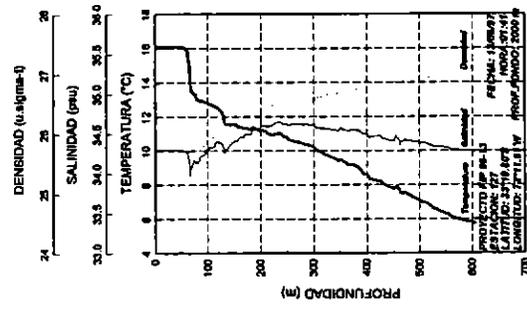
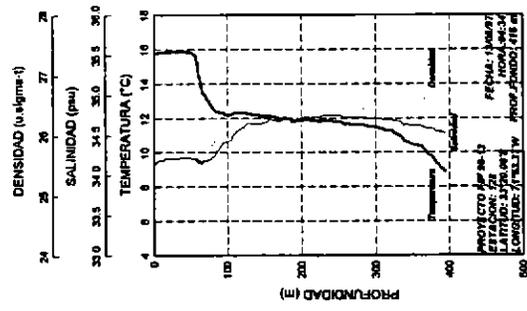
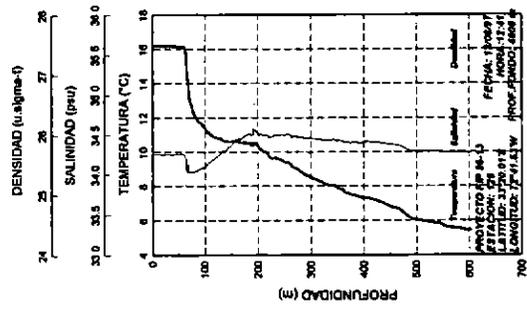
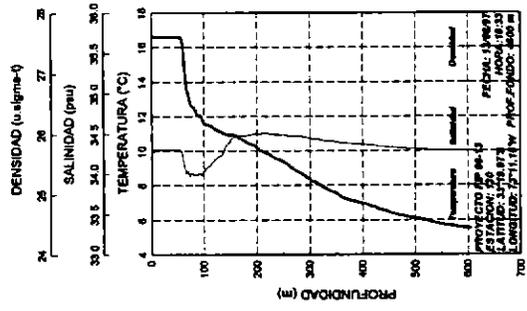


Figura 62 Perfiles verticales individuales de temperatura, salinidad y densidad. Transecta 21.

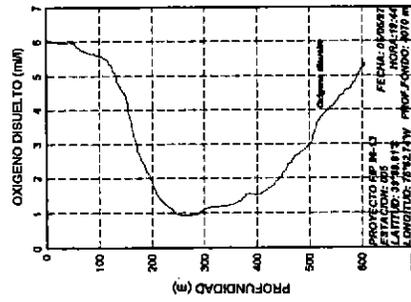
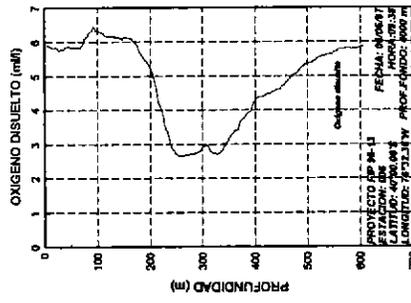
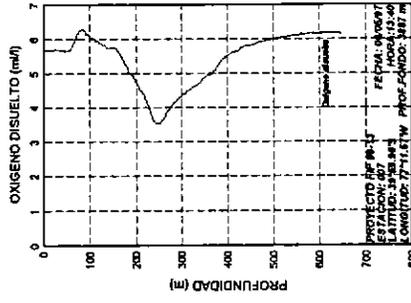
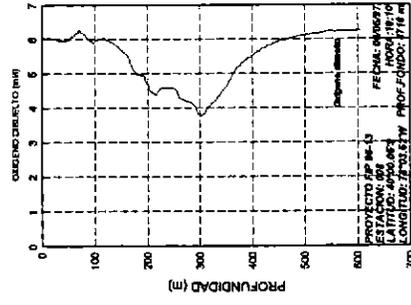
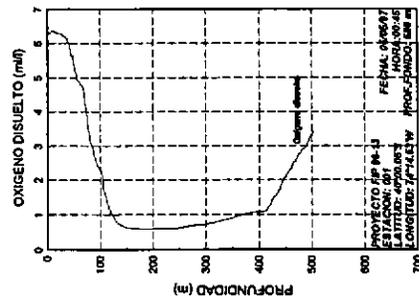
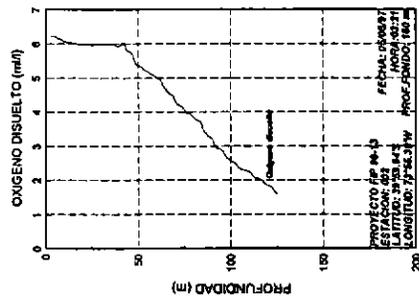
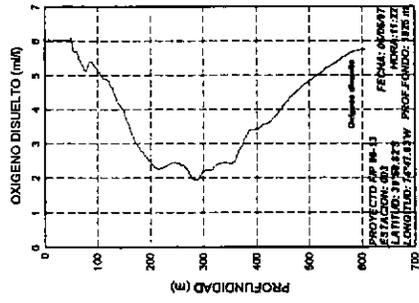
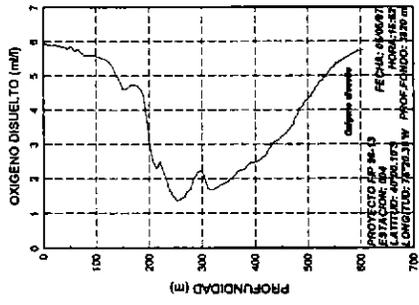


Figura 63 Perfiles verticales individuales de oxígeno disuelto. Transecta 1.

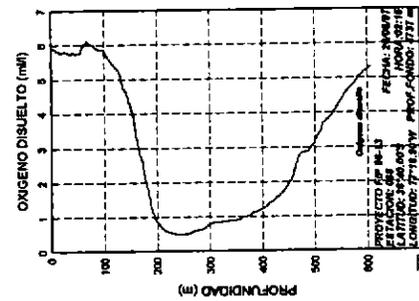
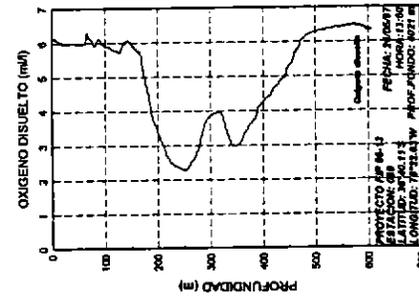
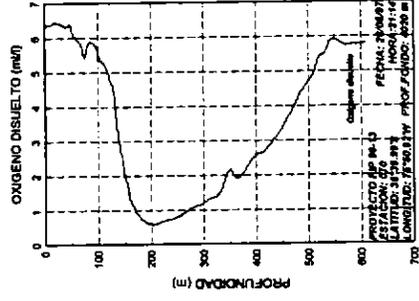
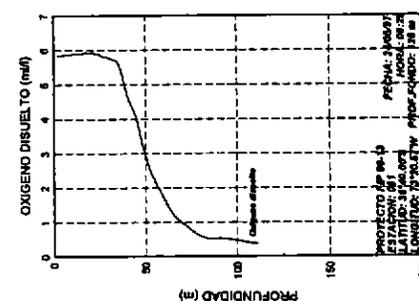
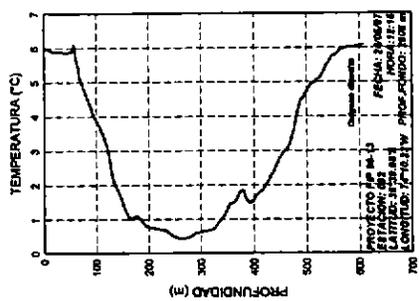
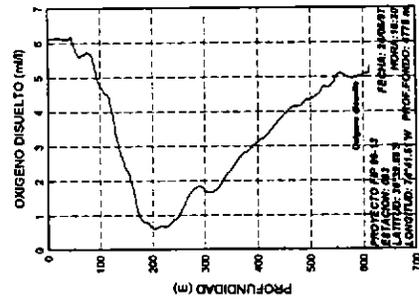
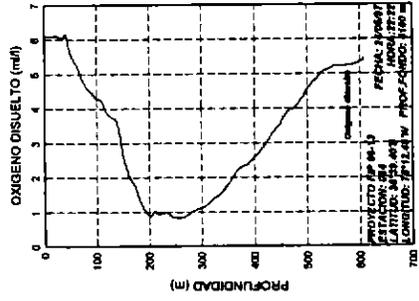


Figura 64 Perfiles verticales individuales de oxígeno disuelto. Transecta 11.

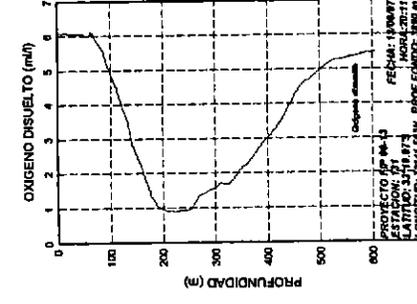
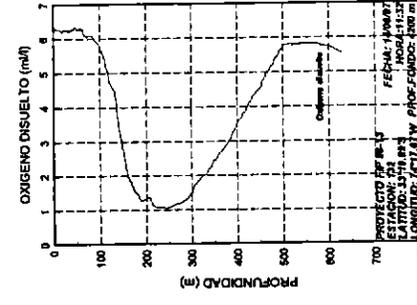
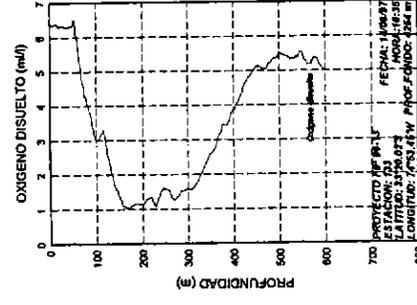
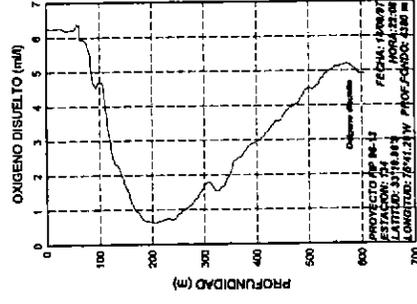
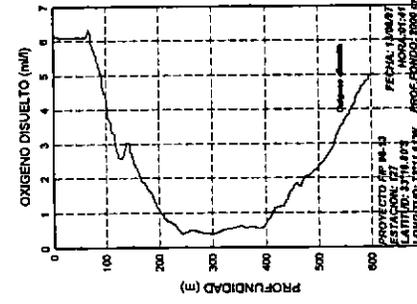
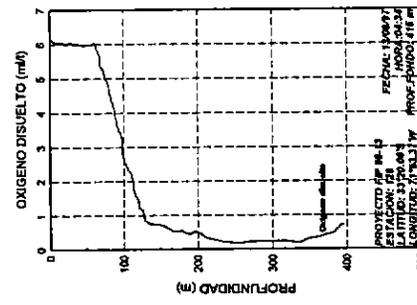
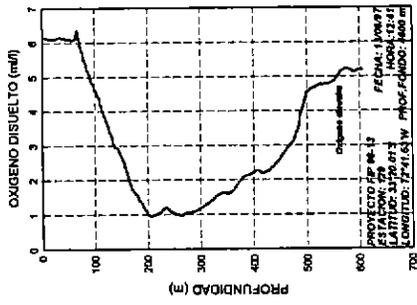
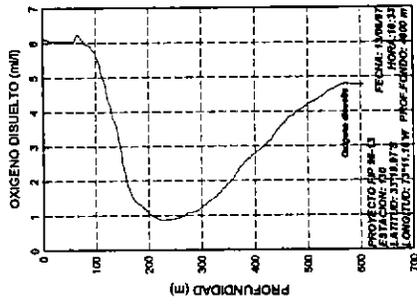


Figura 65 Perfiles verticales individuales de oxígeno disuelto. Transecta 21.

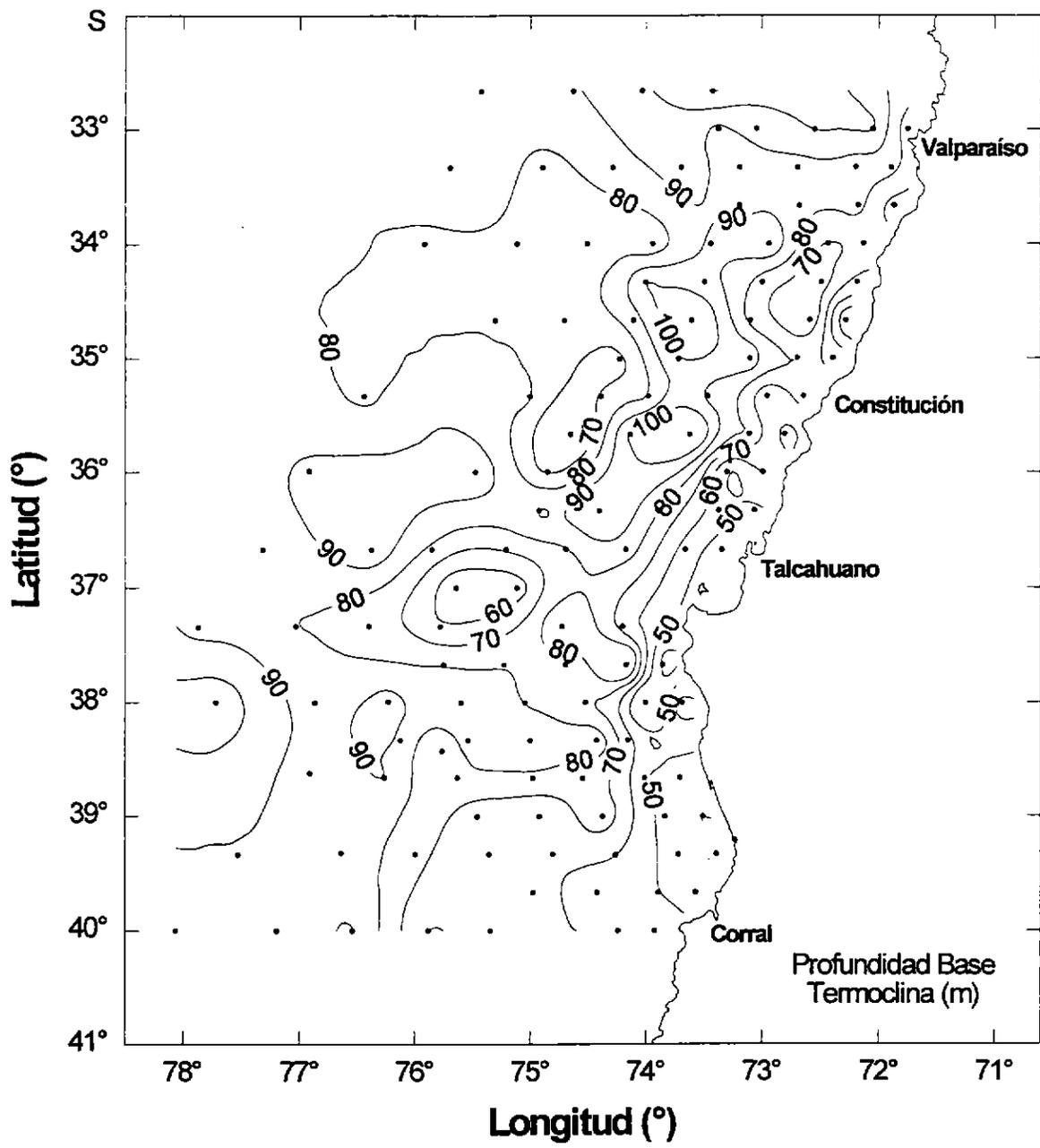


Figura 66 Distribución horizontal de la profundidad base de la termoclinea.

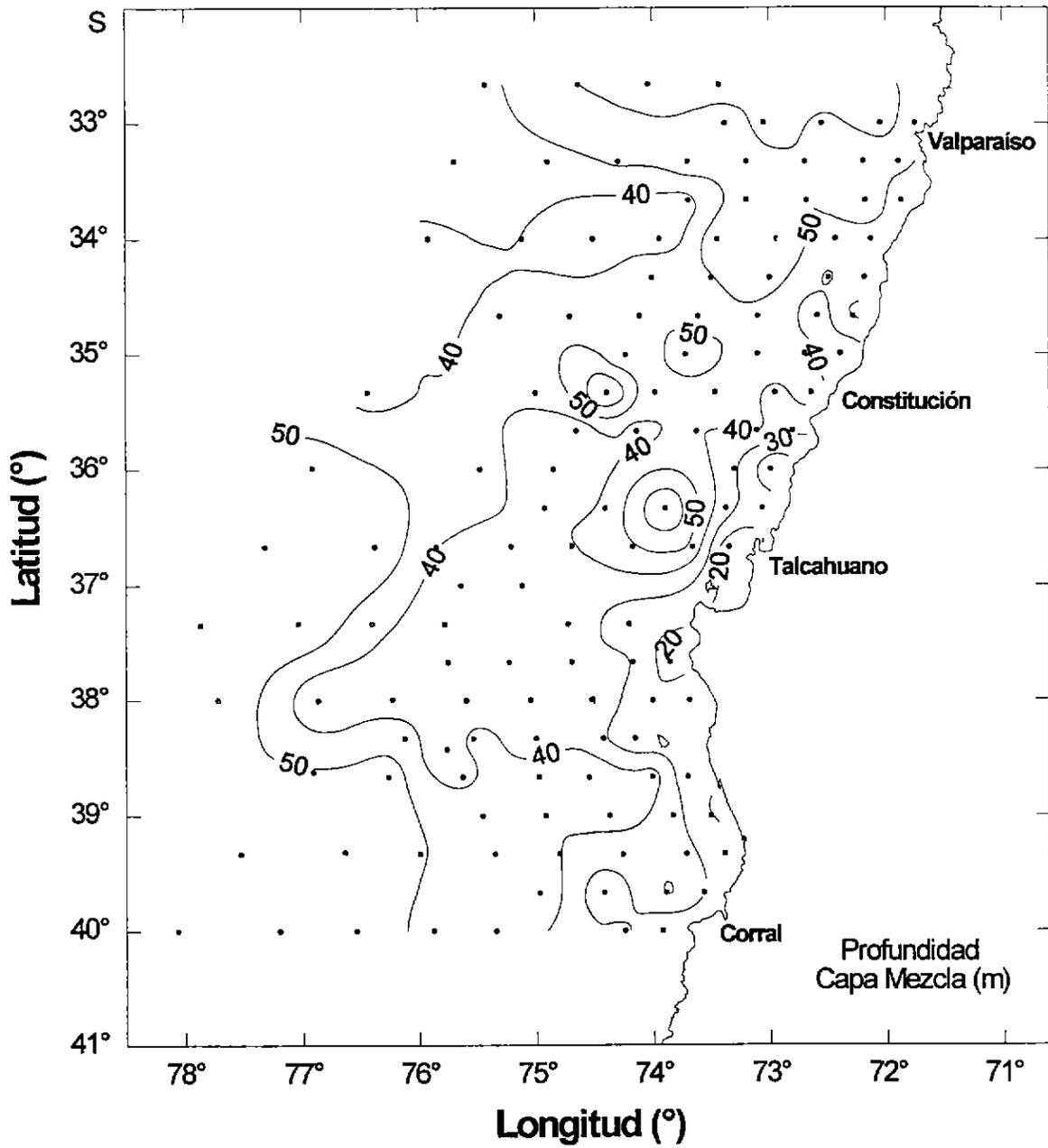


Figura 67 Distribución horizontal de la profundidad de la capa de mezcla

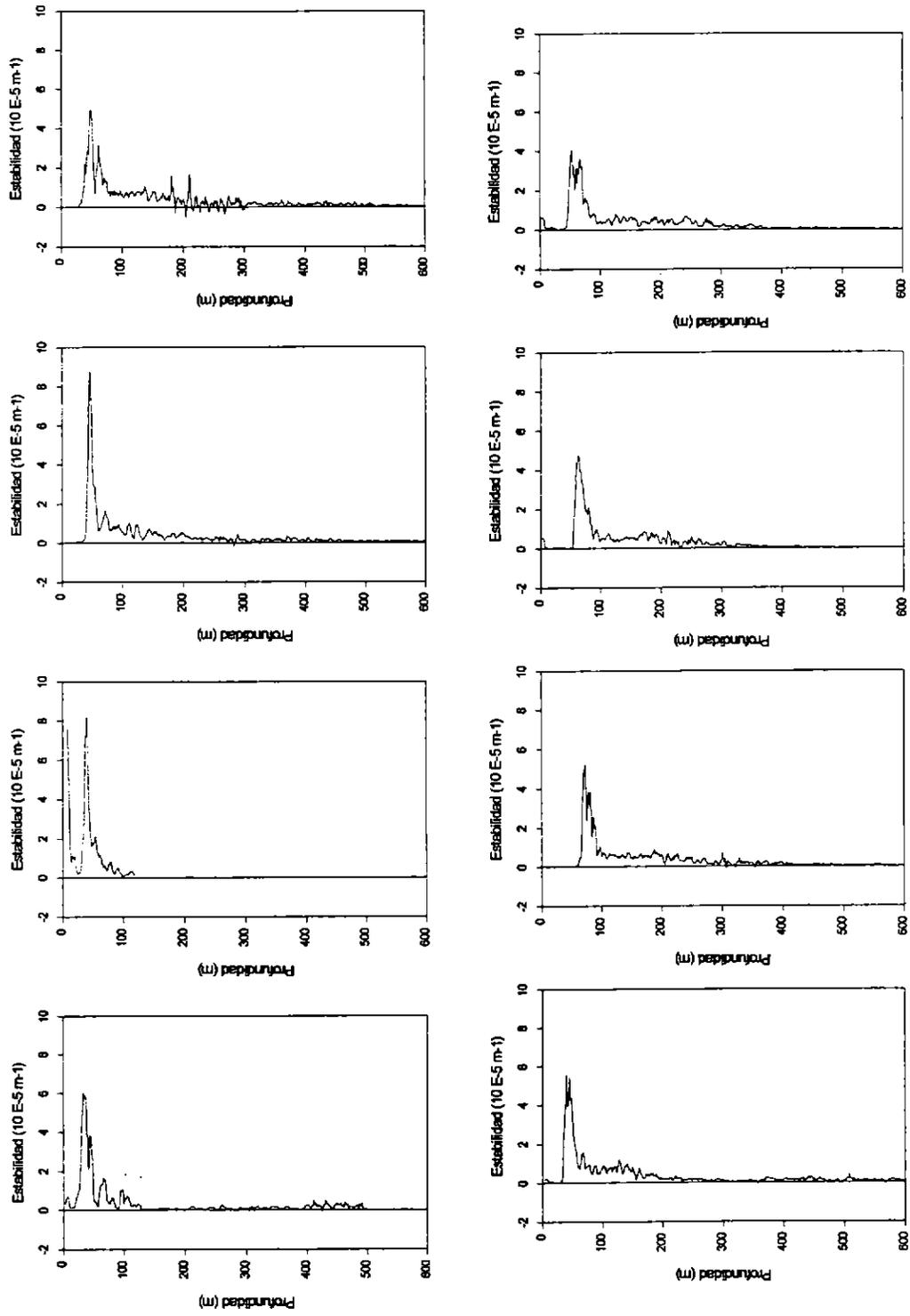


Figura 68 Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. transecta 1.

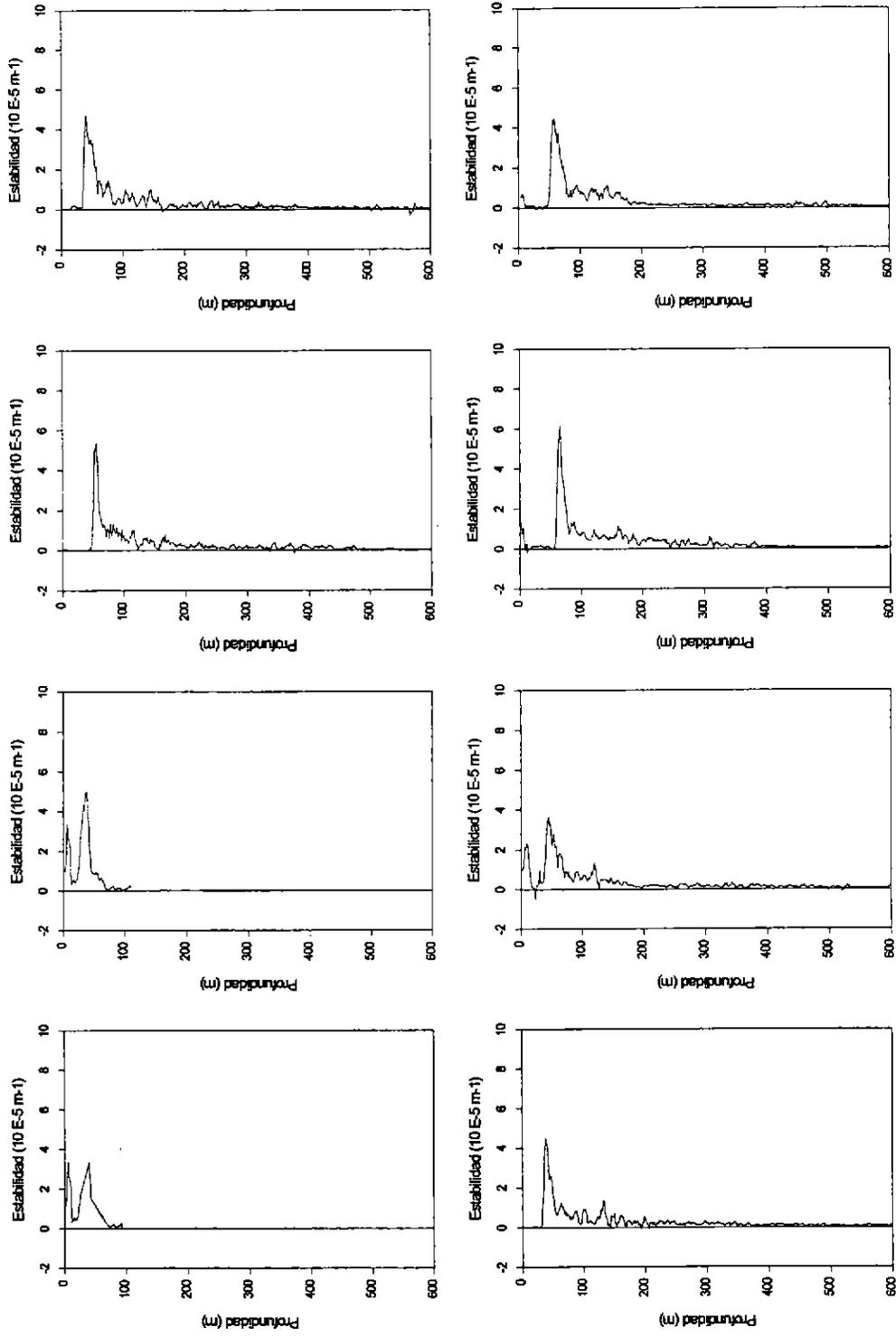


Figura 69 Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. transecta 11.

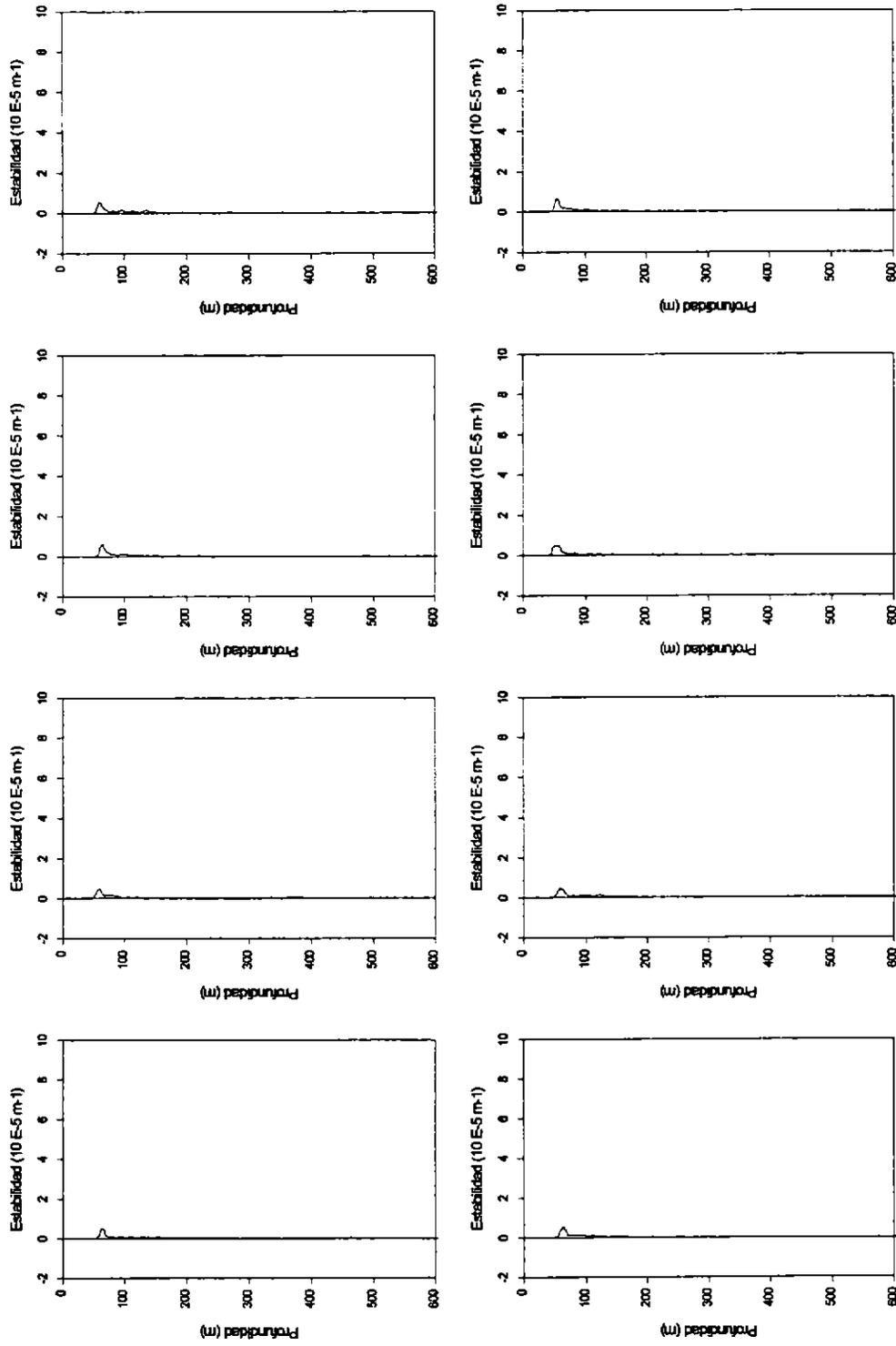


Figura 70 Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Transecto 21

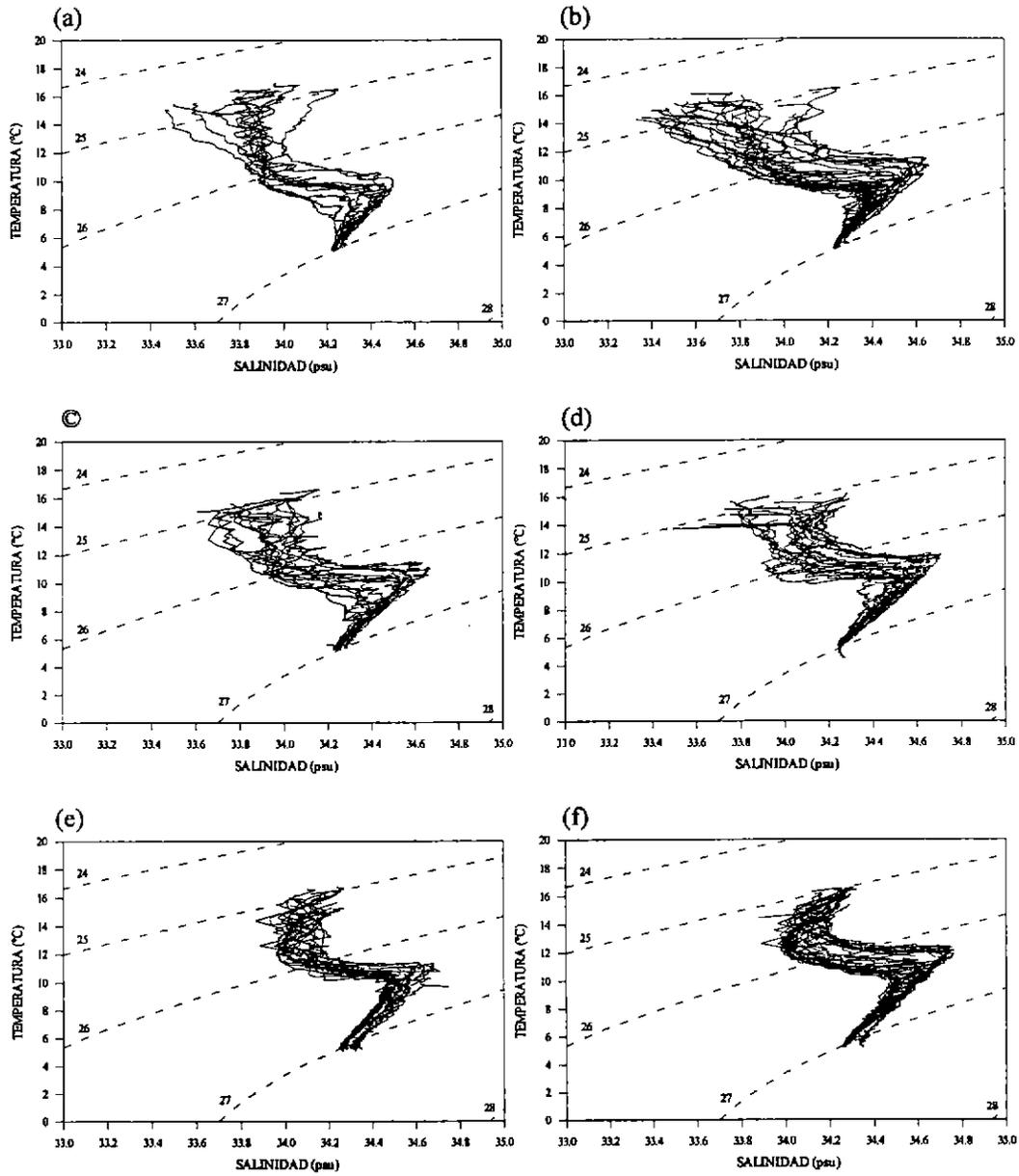


Figura 71 Diagramas T-S para los sectores: a) Noroeste, b) Noreste, c) Centroeste, d) Centroeste, e) Suroeste y f) Sureste.

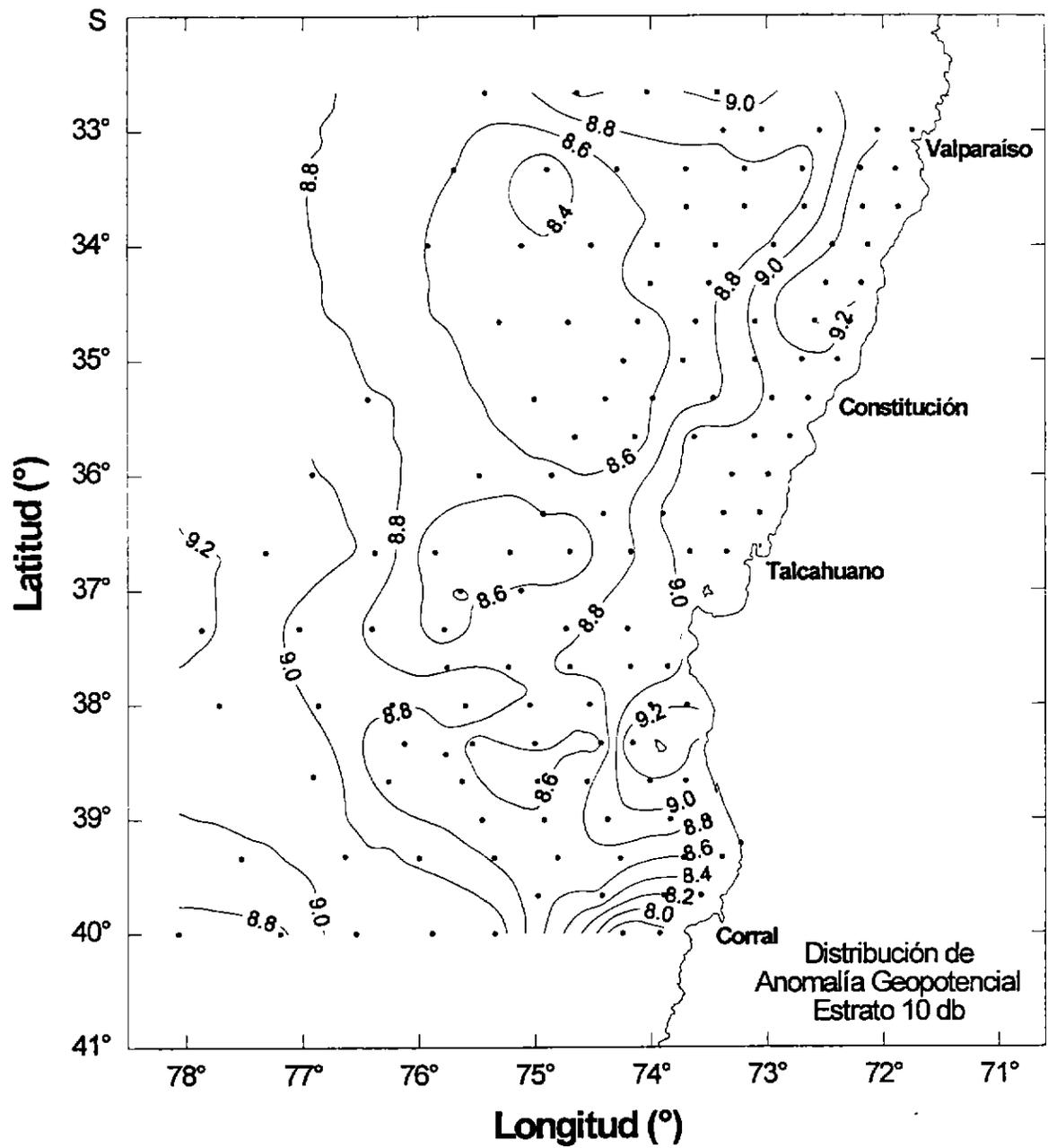


Figura 72

Topografía dinámica en el área de estudio. Distribución horizontal de la anomalía geopotencial a 10 db, referida a 600 db.

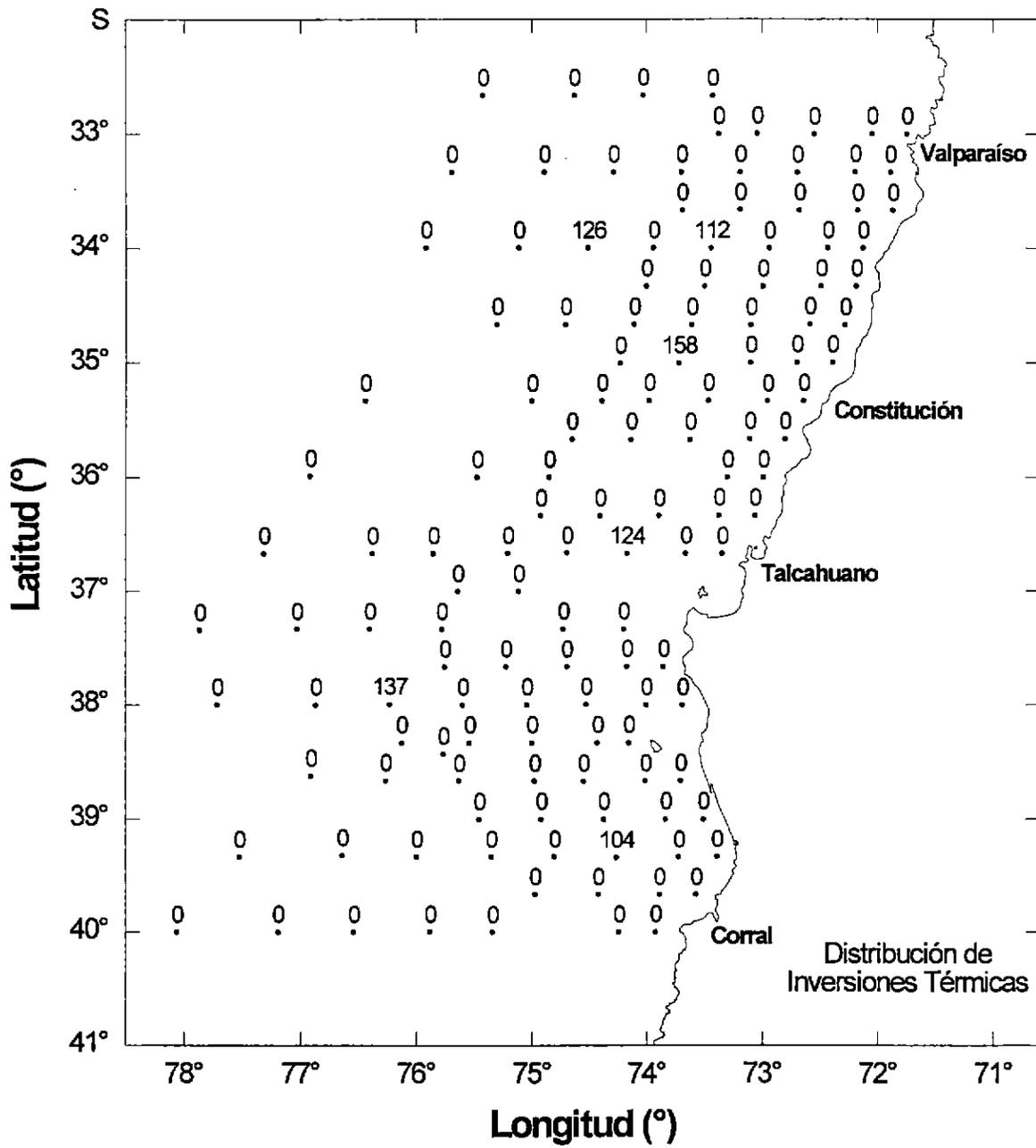


Figura 73. Distribución de inversiones térmicas en la zona de estudio. Los números 0 indican ausencia de inversiones térmicas, mientras que los números distintos de 0 representan la profundidad a que se encontraba la inversión térmica.

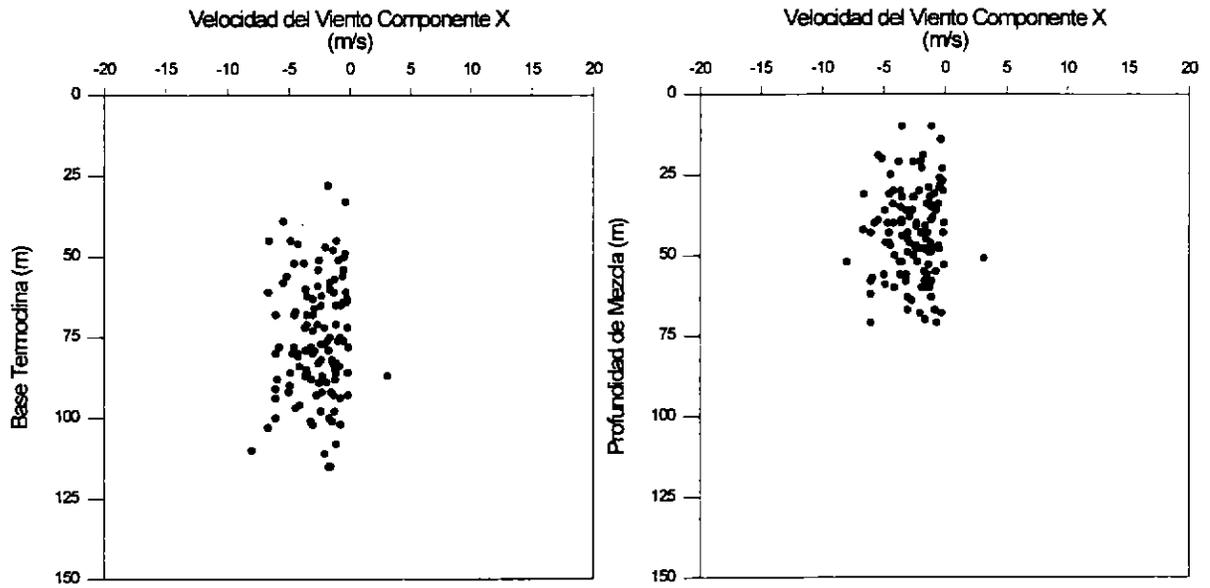


Figura 74 Relación entre la componente este-oeste de la velocidad del viento y las profundidades de mezcla y base de la termoclina

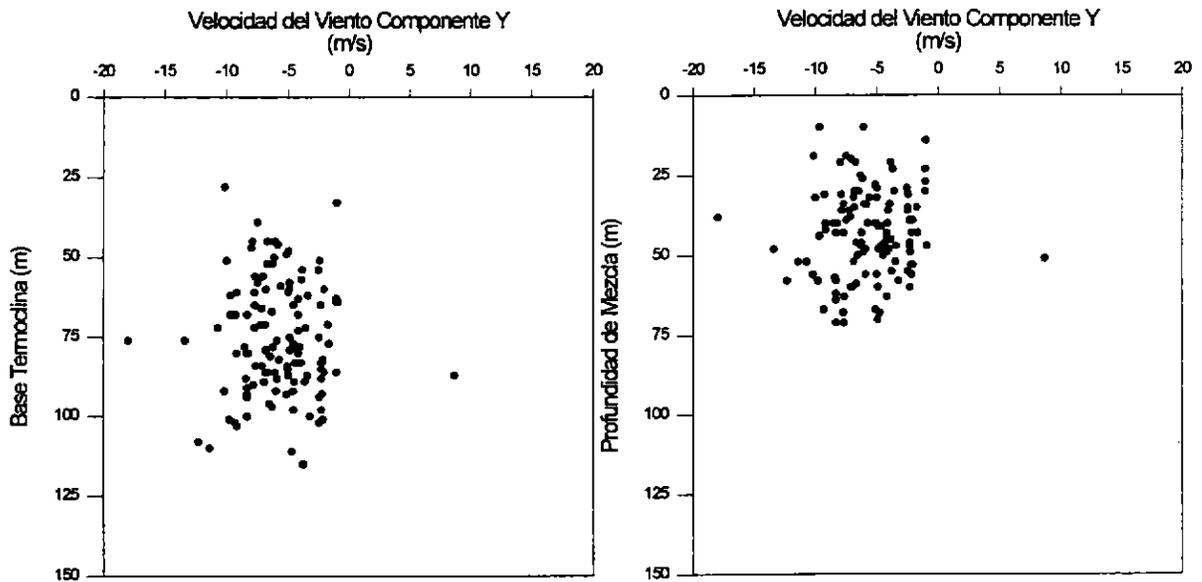


Figura 75 Relación entre la componente norte-sur de la velocidad del viento y las profundidades de mezcla y base de la termoclina

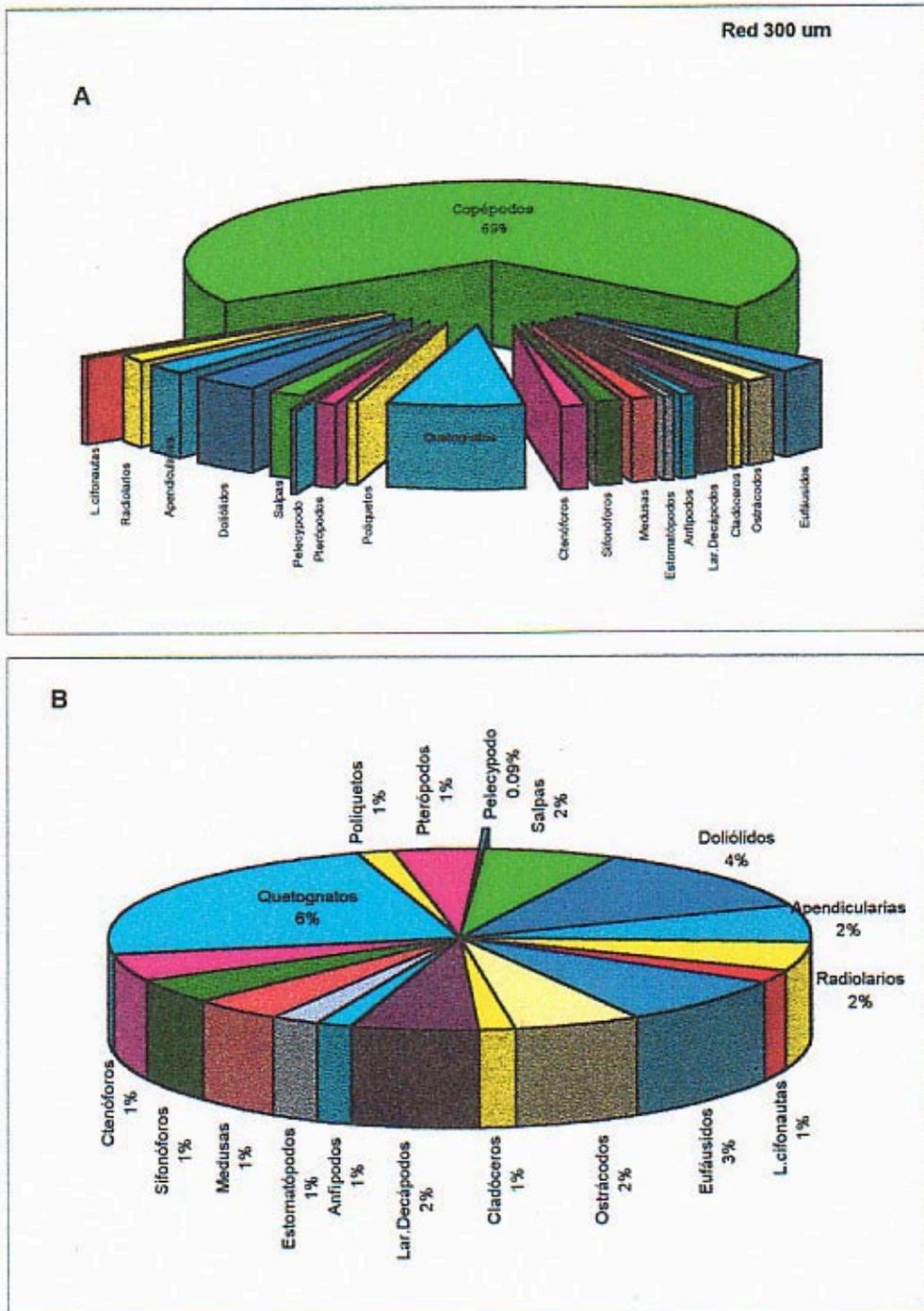


Fig. 76 Porcentaje de la abundancia promedio de los grupos zooplanctónicos. A Grupos totales analizados. B Los mismos grupos, excluyendo a los copépodos.

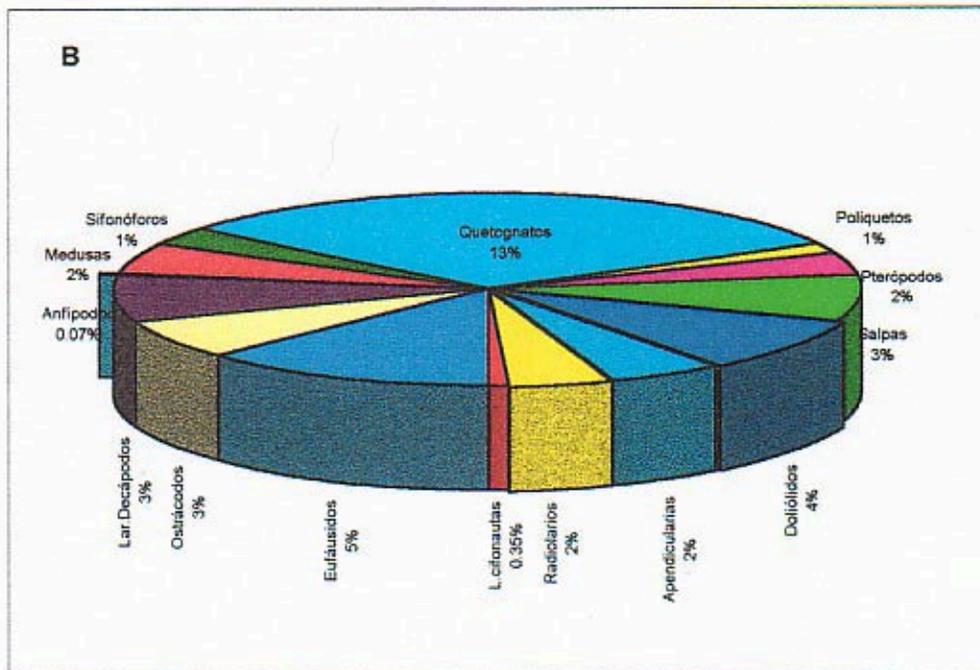
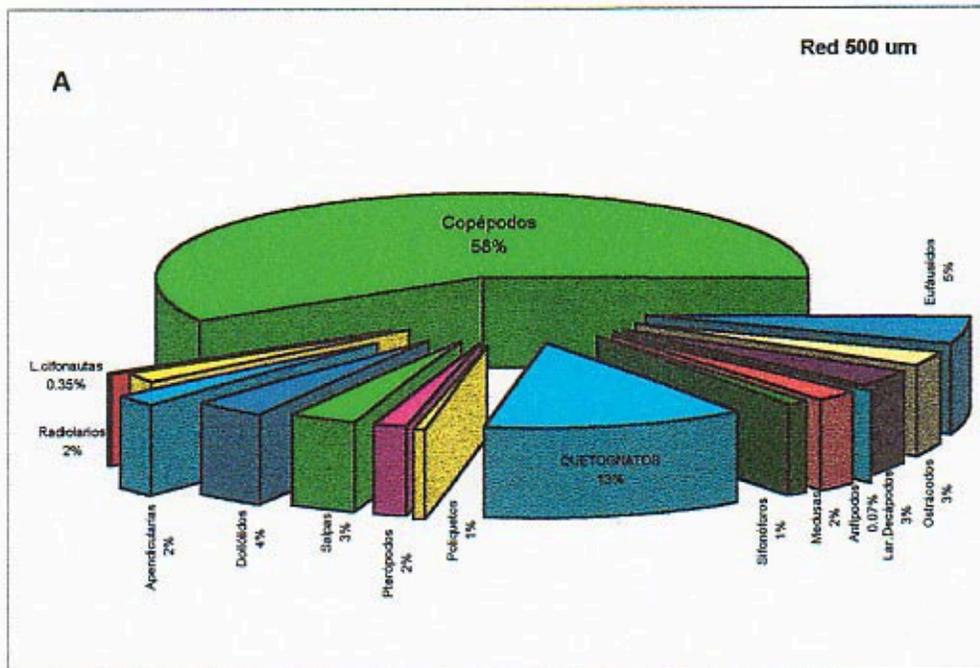


Fig. 77 Porcentaje de la abundancia promedio de los grupos zooplanctónicos. A Grupos totales analizados. B Los mismos grupos, excluyendo a los copépodos.

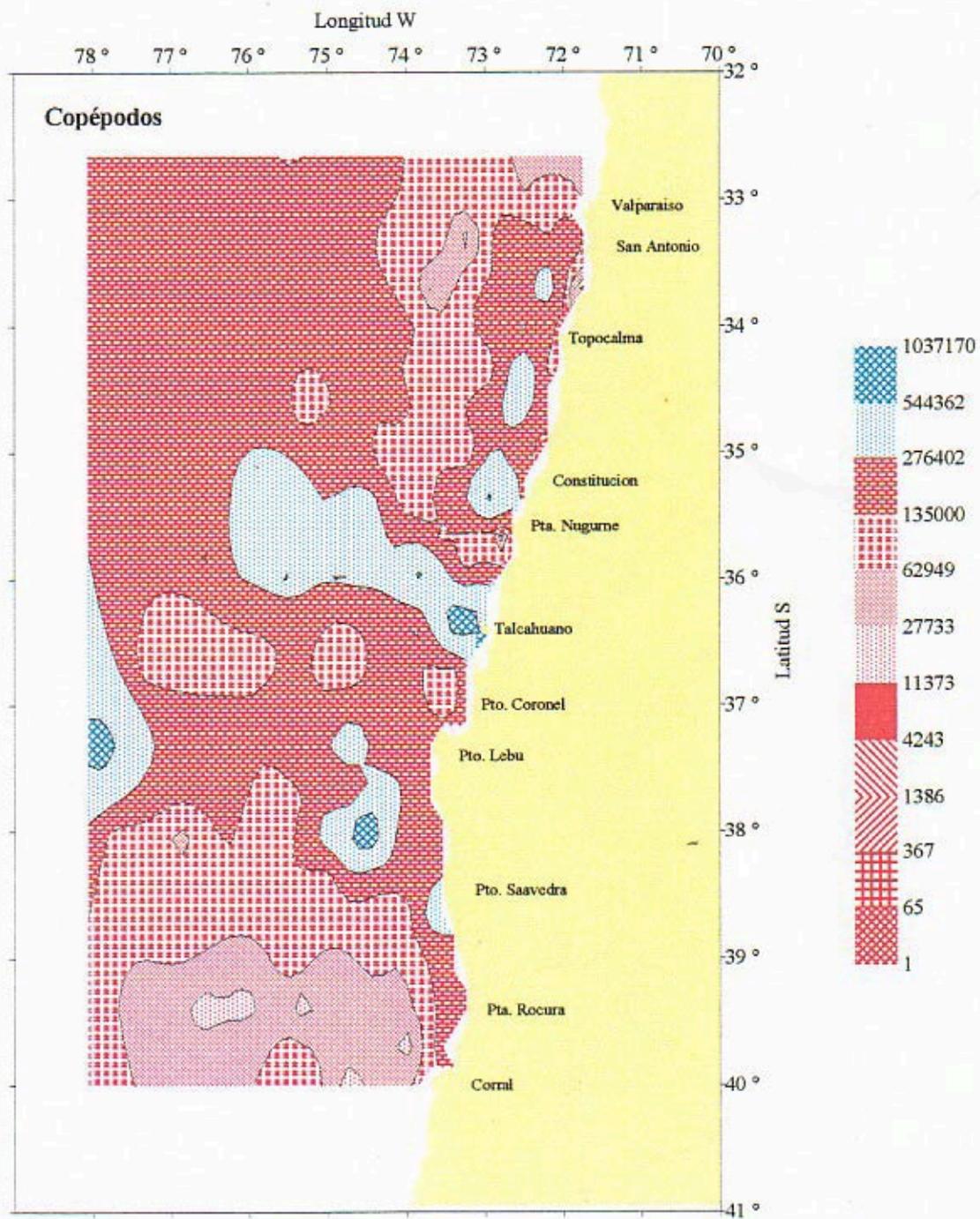


Fig. 78 Distribución y abundancia de los **copéodos** en el área de estudio, proveniente de las muestras colectadas con red de 300 μ m.

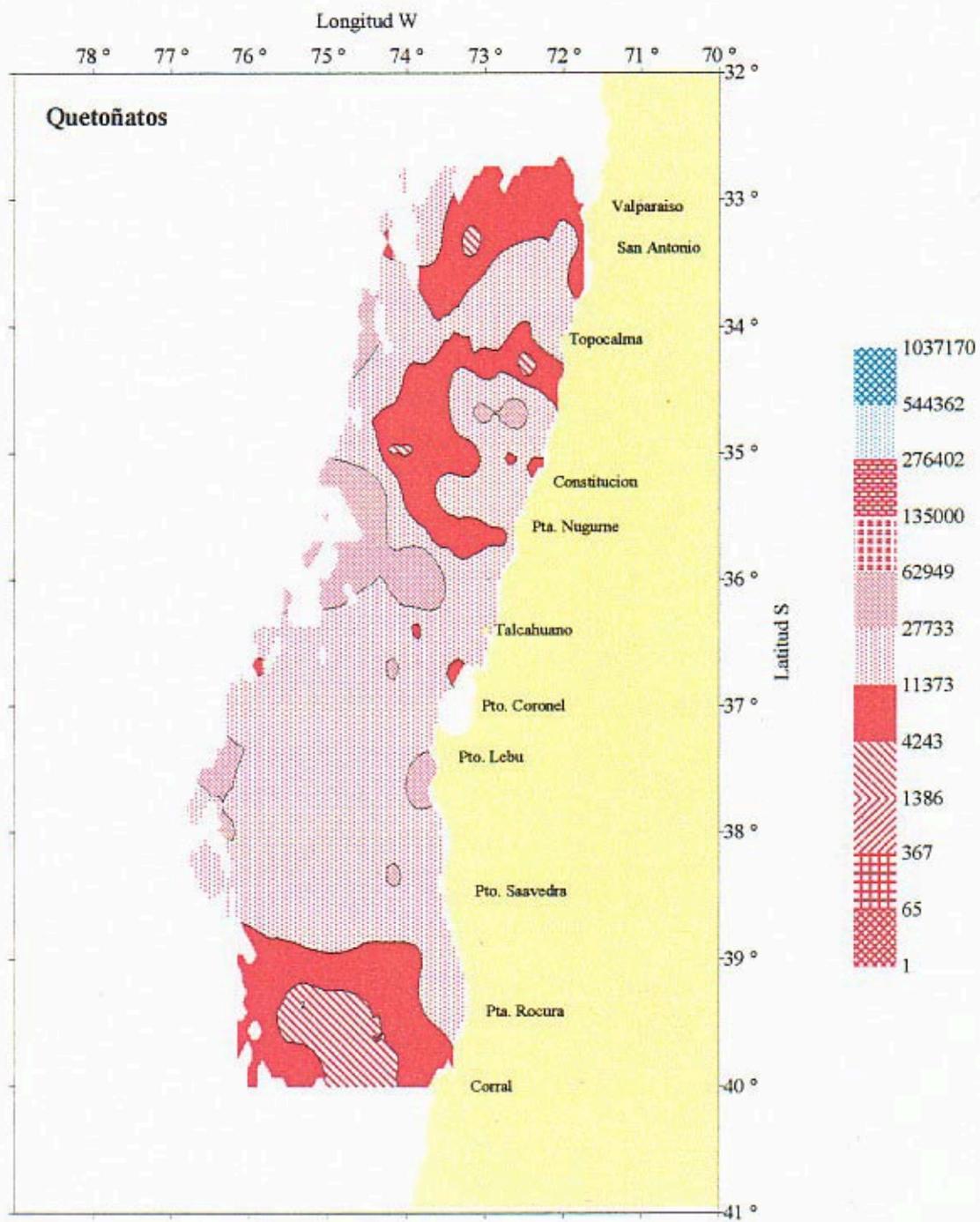


Fig. 79 Distribución y abundancia de los **quetoñatos** en el área de estudio, proveniente de las muestras colectadas con red de 300 μ m.

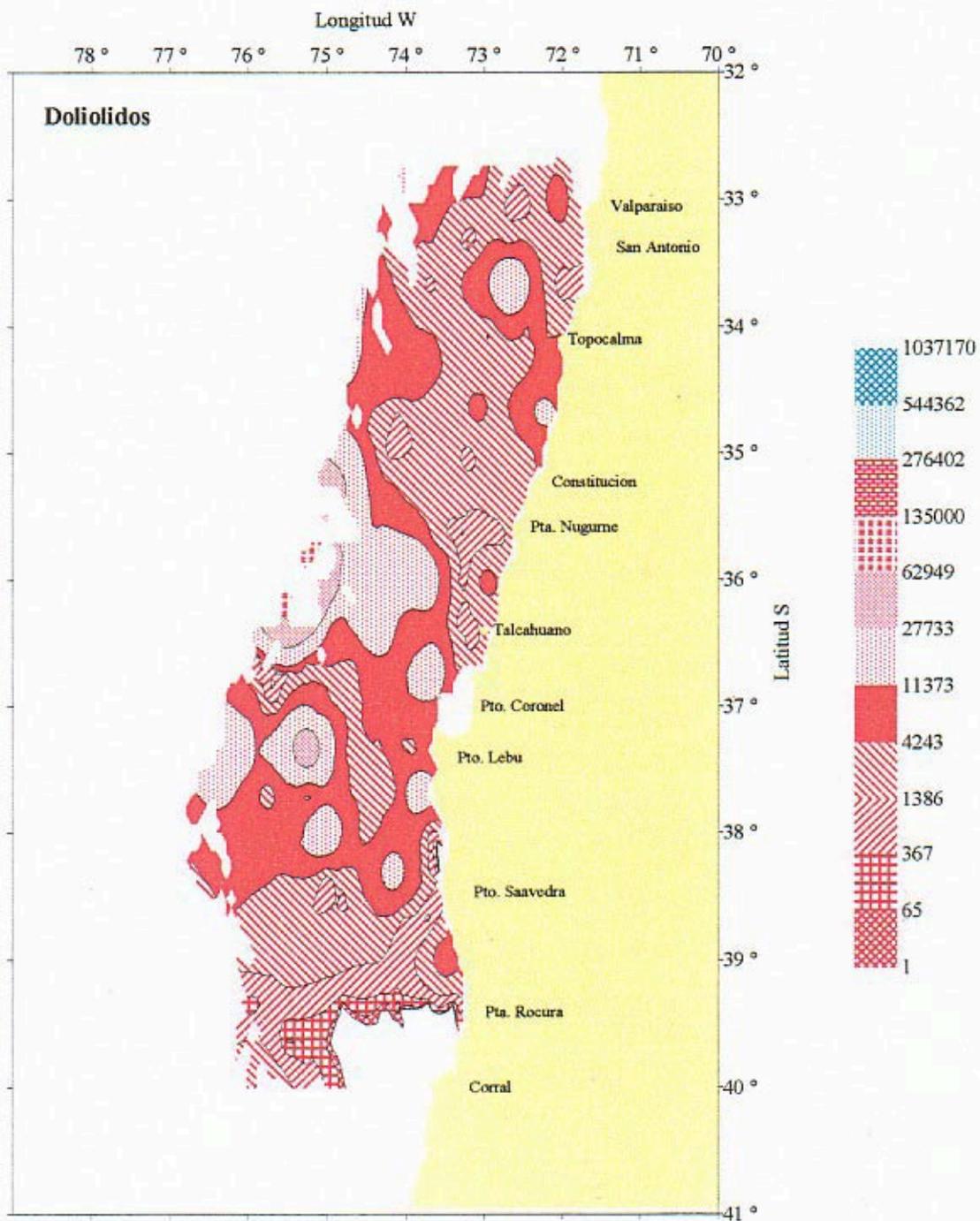


Fig. 80 Distribución y abundancia de los **doliólidos** en el área de estudio, proveniente de las muestras colectadas con red de 300 μ m.

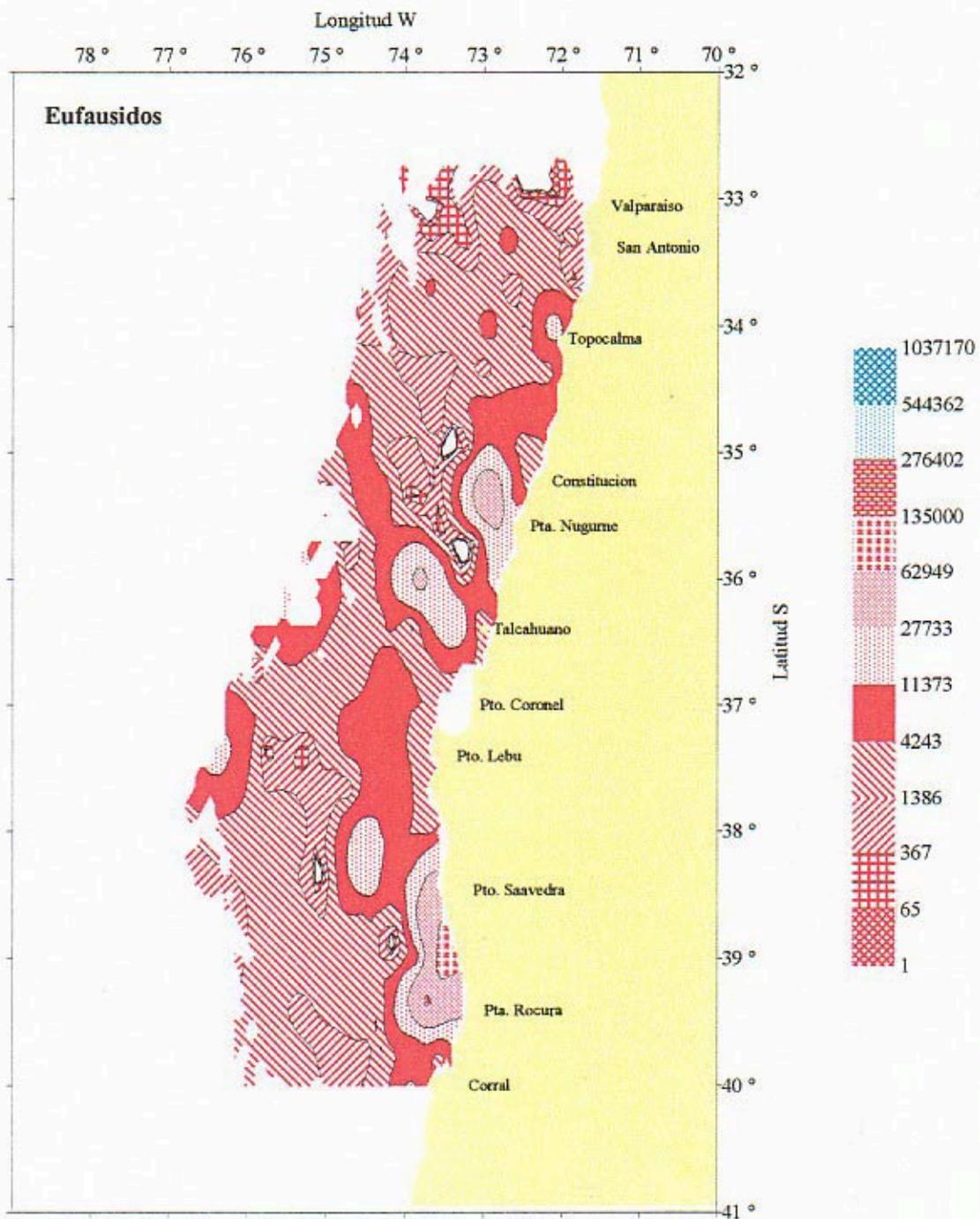


Fig. 81 Distribución y abundancia de los **eufáusidos** en el área de estudio, proveniente de las muestras colectadas con red de 300 μ m.

RED 300 μm

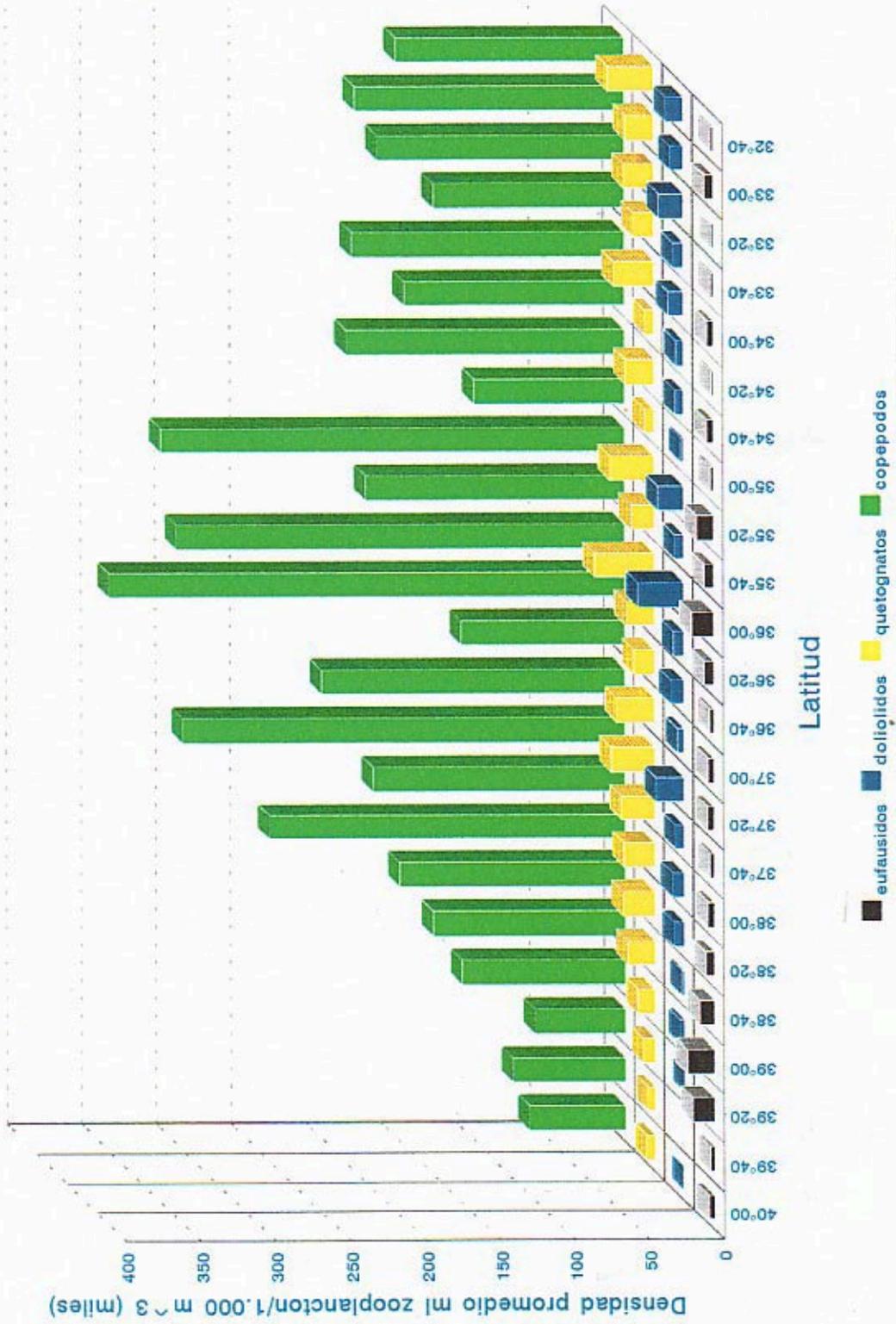


Fig. 82 Comparación entre la densidad promedio de los principales grupos zooplanctónicos con relación a la latitud.

RED 500 μm

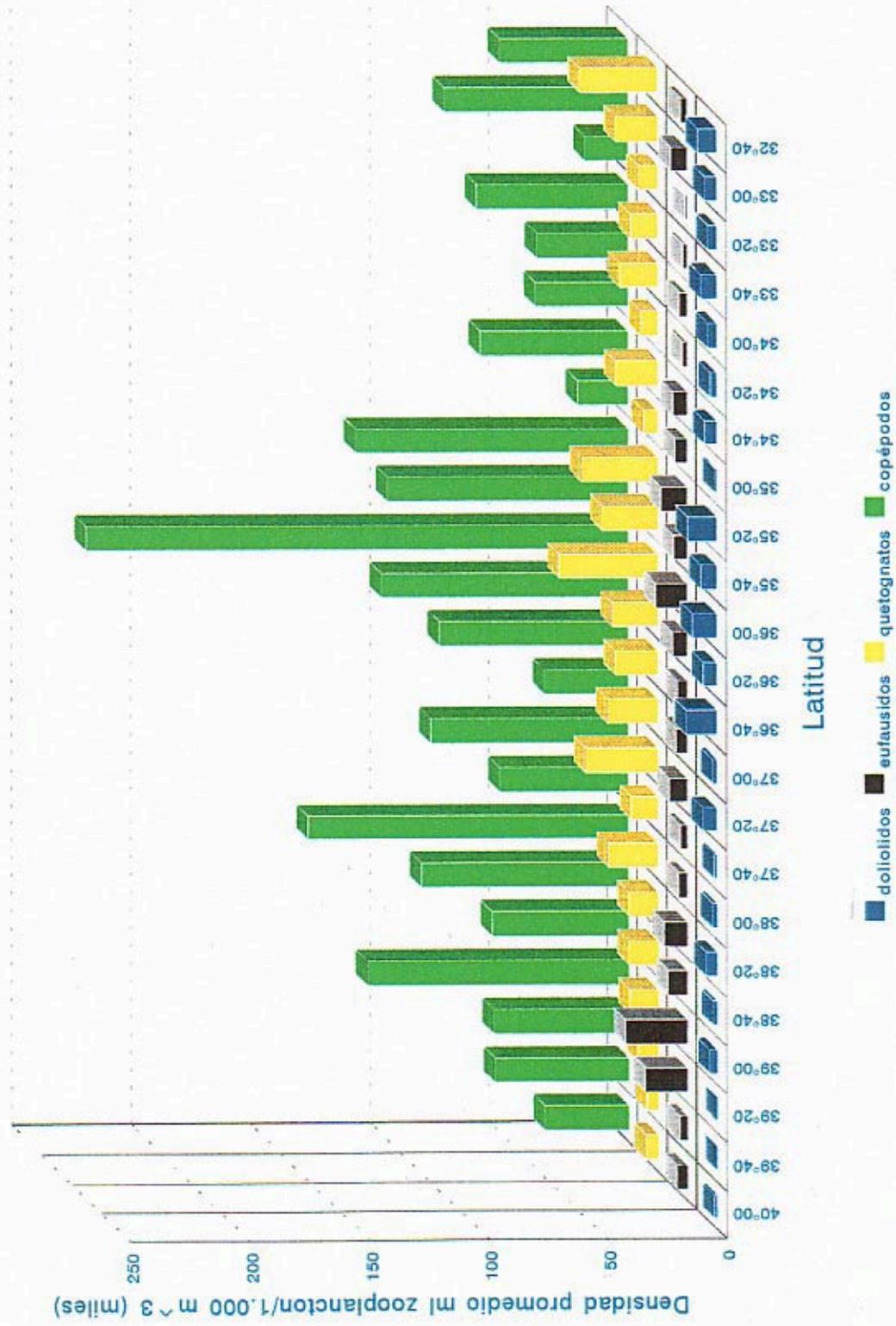


Fig. 83 Comparación entre la densidad promedio de los principales grupos zooplancónicos con relación a la latitud.

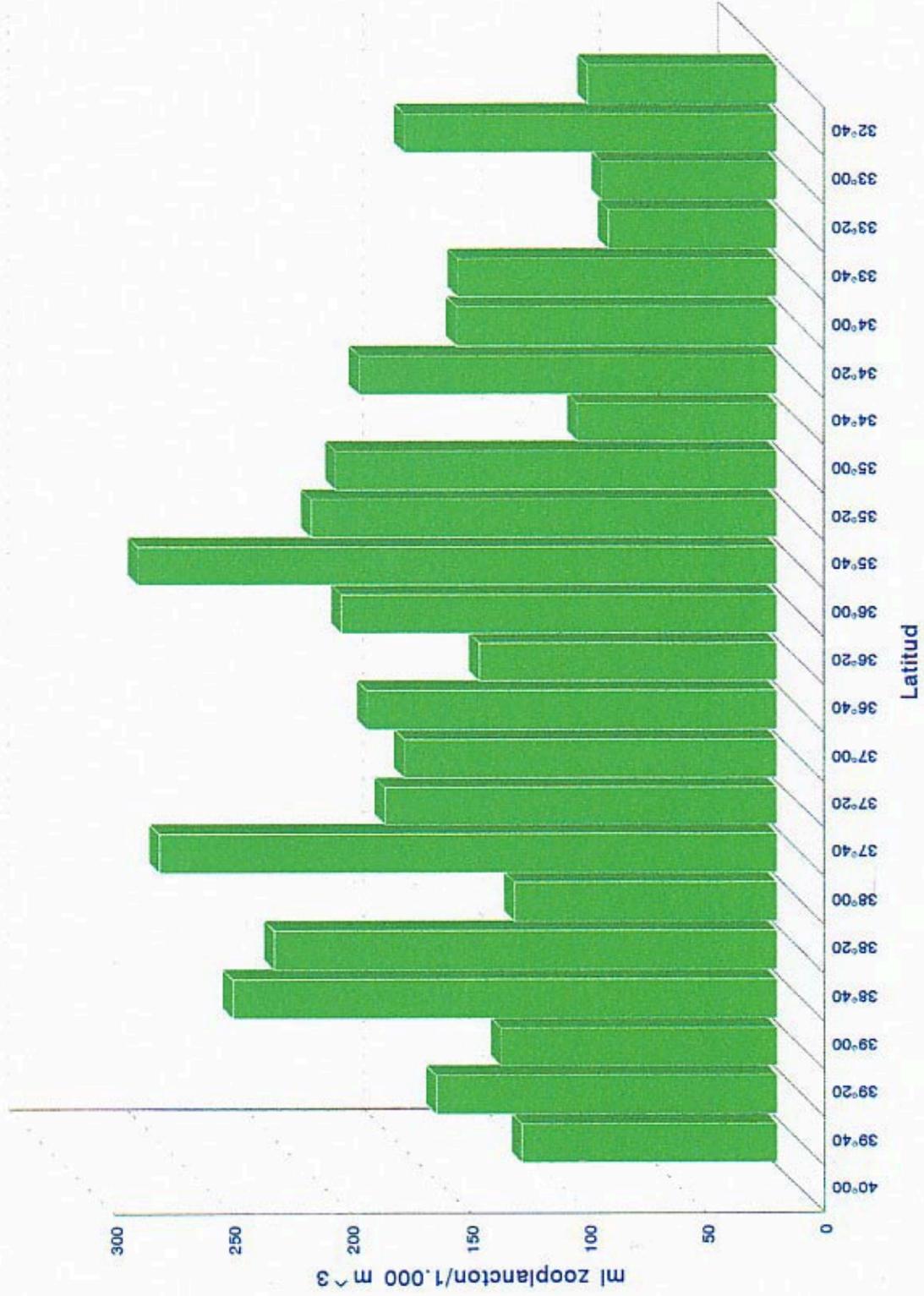


Fig. 84 Abundancia promedio de la biomasa zooplanctónica con respecto a la latitud.

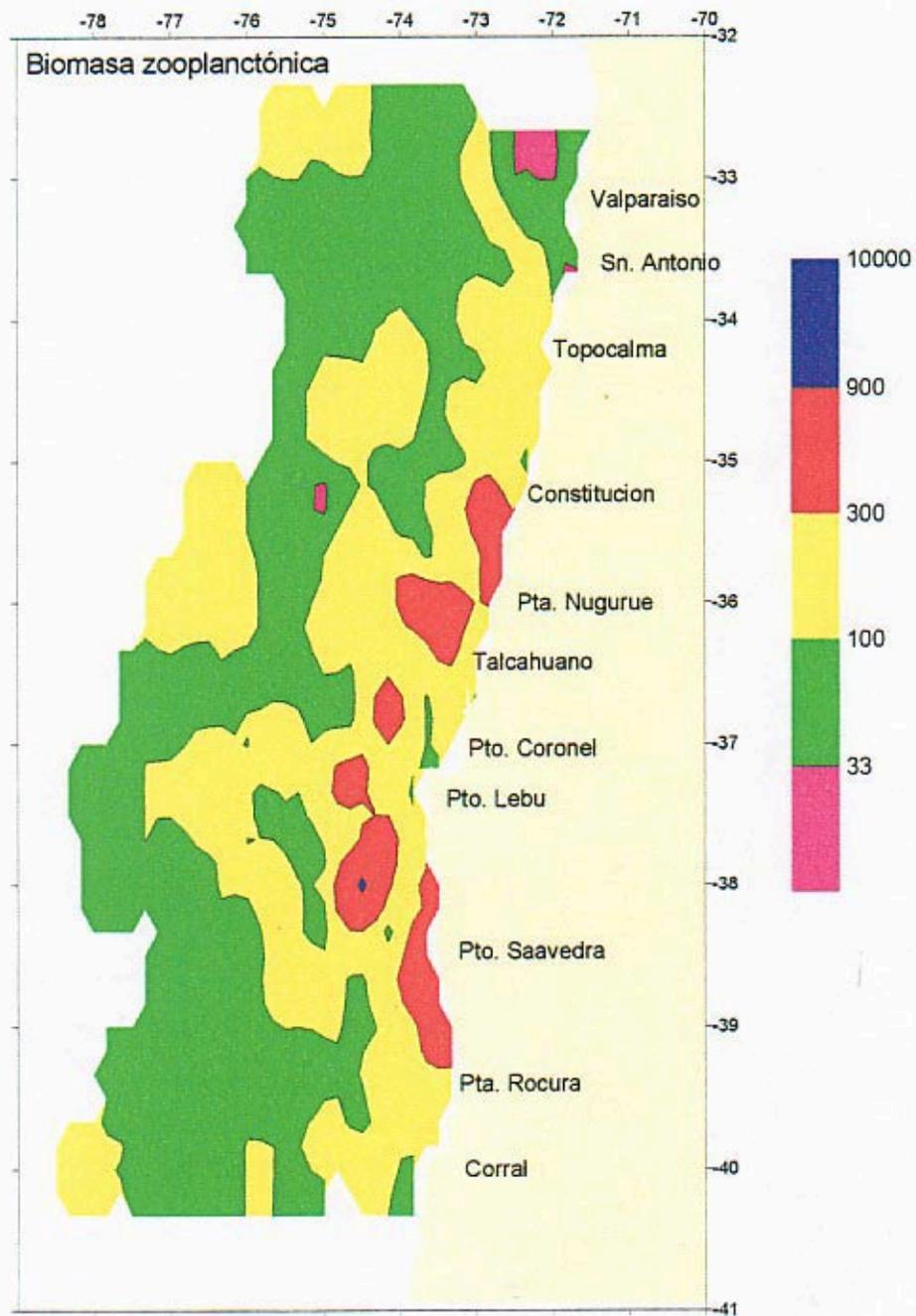


Fig. 85 Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica. Red 300 m.

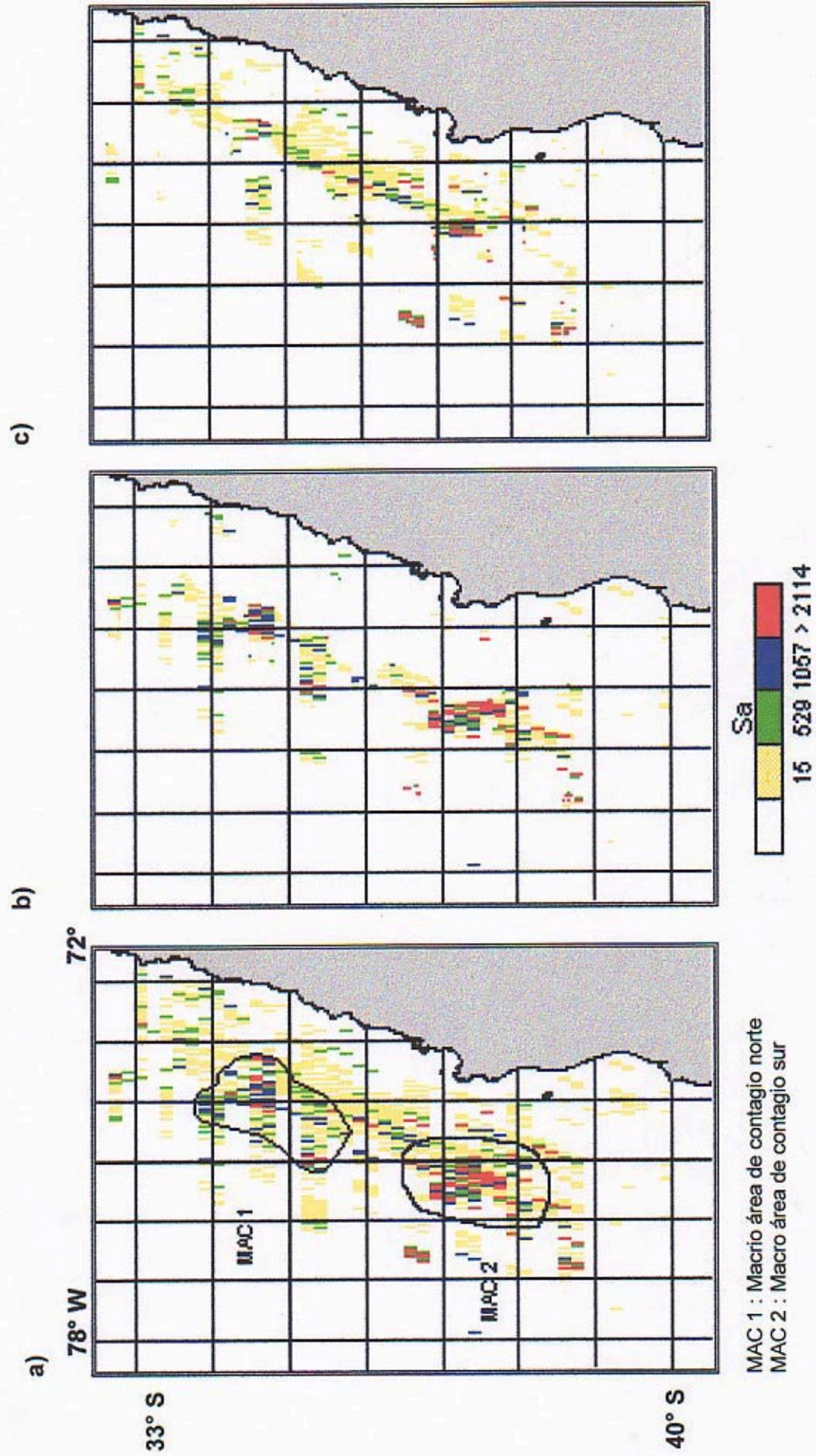


Fig 86.- Distribución de la abundancia de jurel (Sa). a) total b) 5 a 49 m. y c) 50 a 100 m. de profundidad

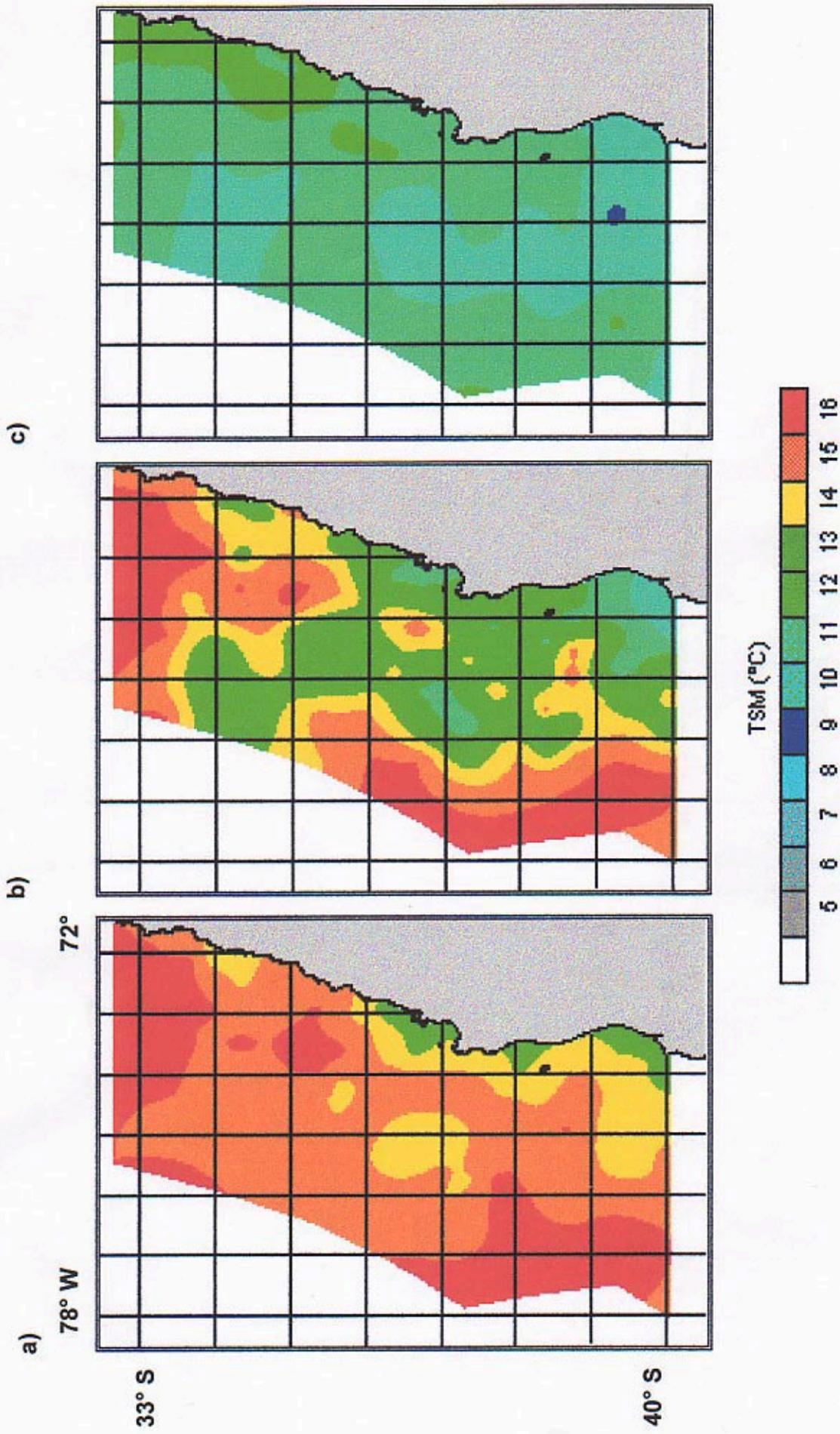


Fig 87.- Distribución de la temperatura. a) superficie b) 50 m. y c) 100 m. de profundidad

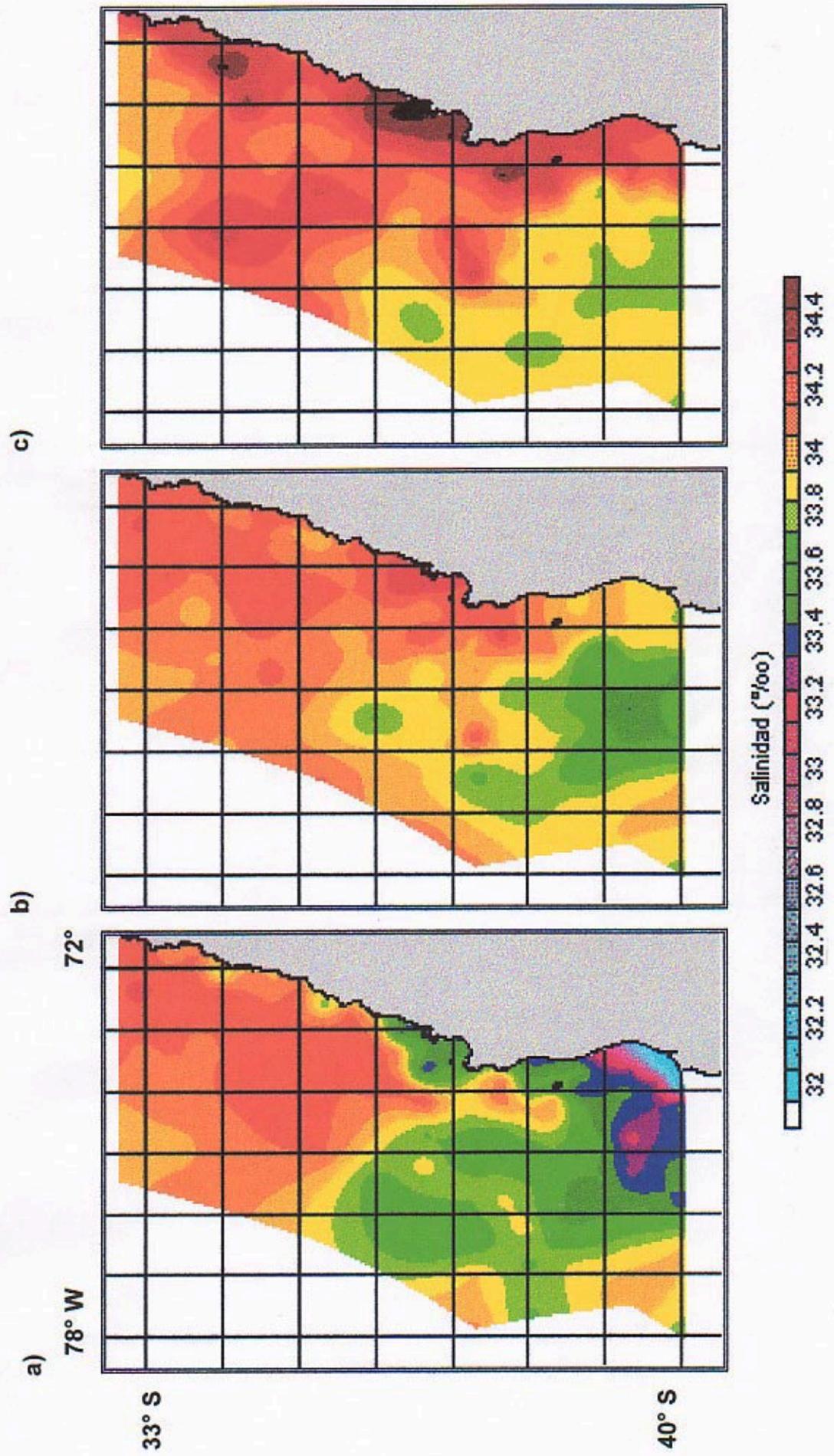


Fig 88.- Distribución de la salinidad a) superficie b) 50 m. y c) 100 m. de profundidad

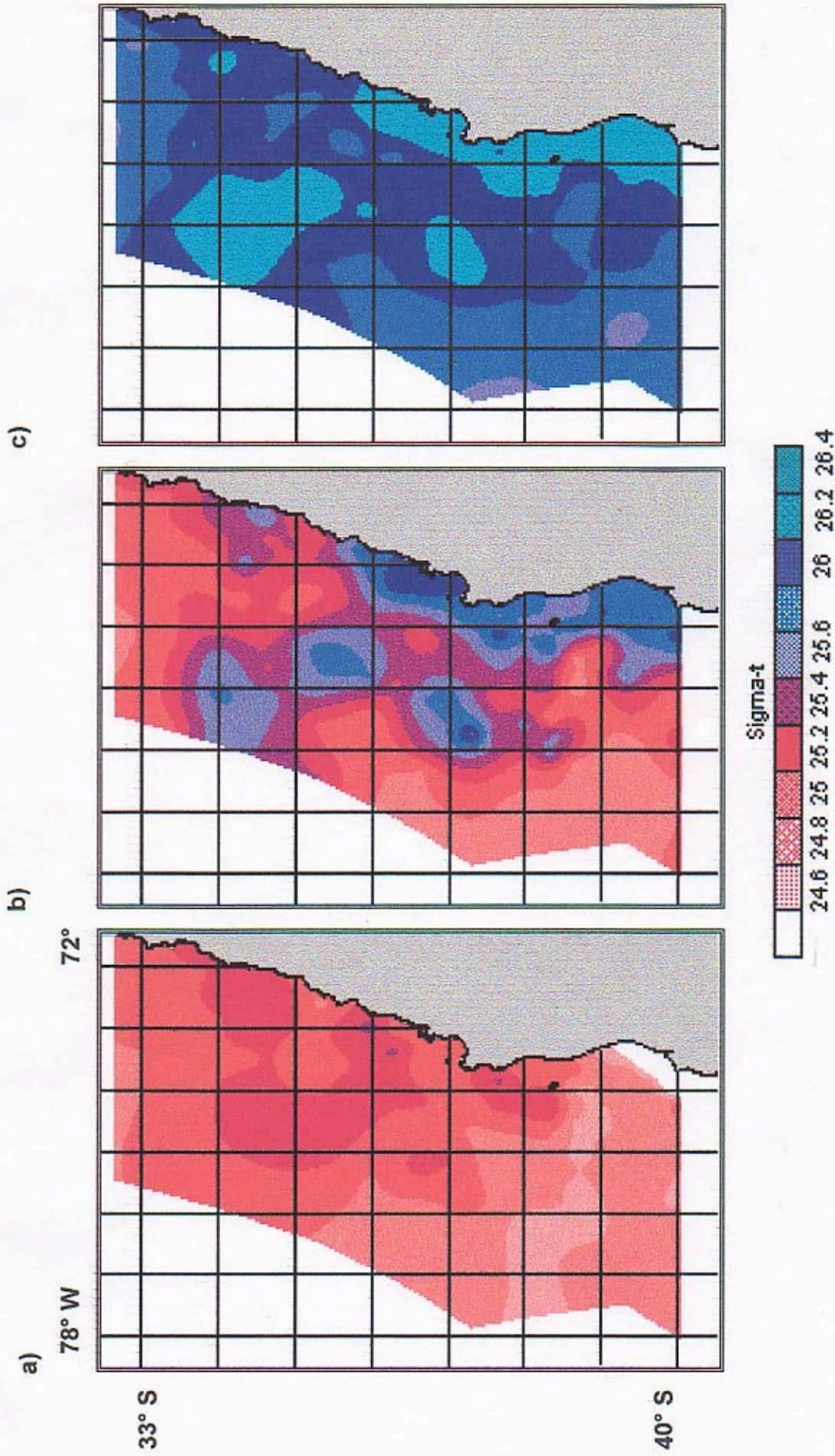


Fig 89.- Distribución de la densidad (σ_t) a) superficie b) 50 m. y c) 100 m. de profundidad

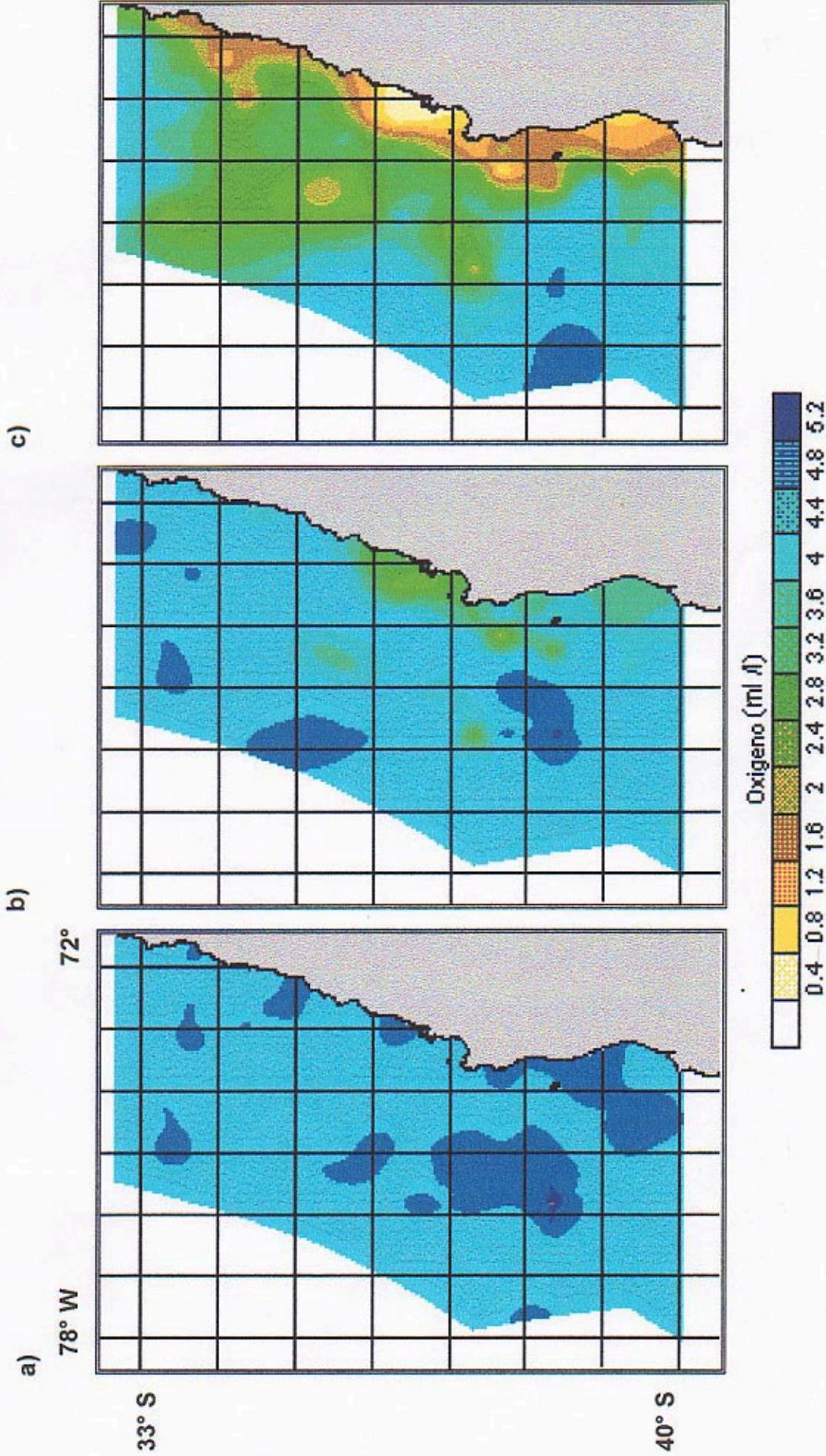


Fig 90.- Distribución del oxígeno a) superficie b) 50 m. y c) 100 m. de profundidad.

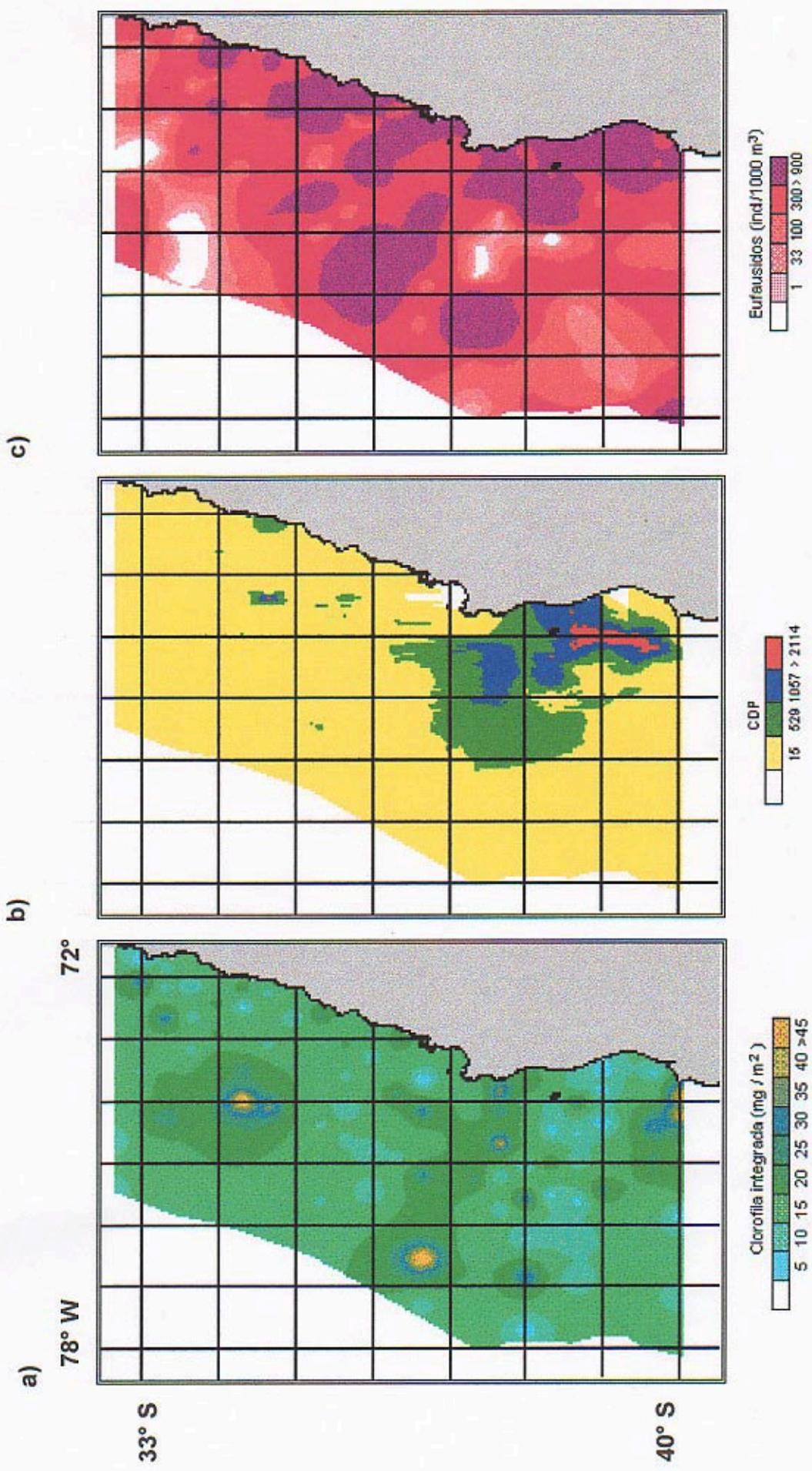


Fig 91.- Distribución de a) clorofila integrada, b) capa de dispersión profunda y c) eufáusidos

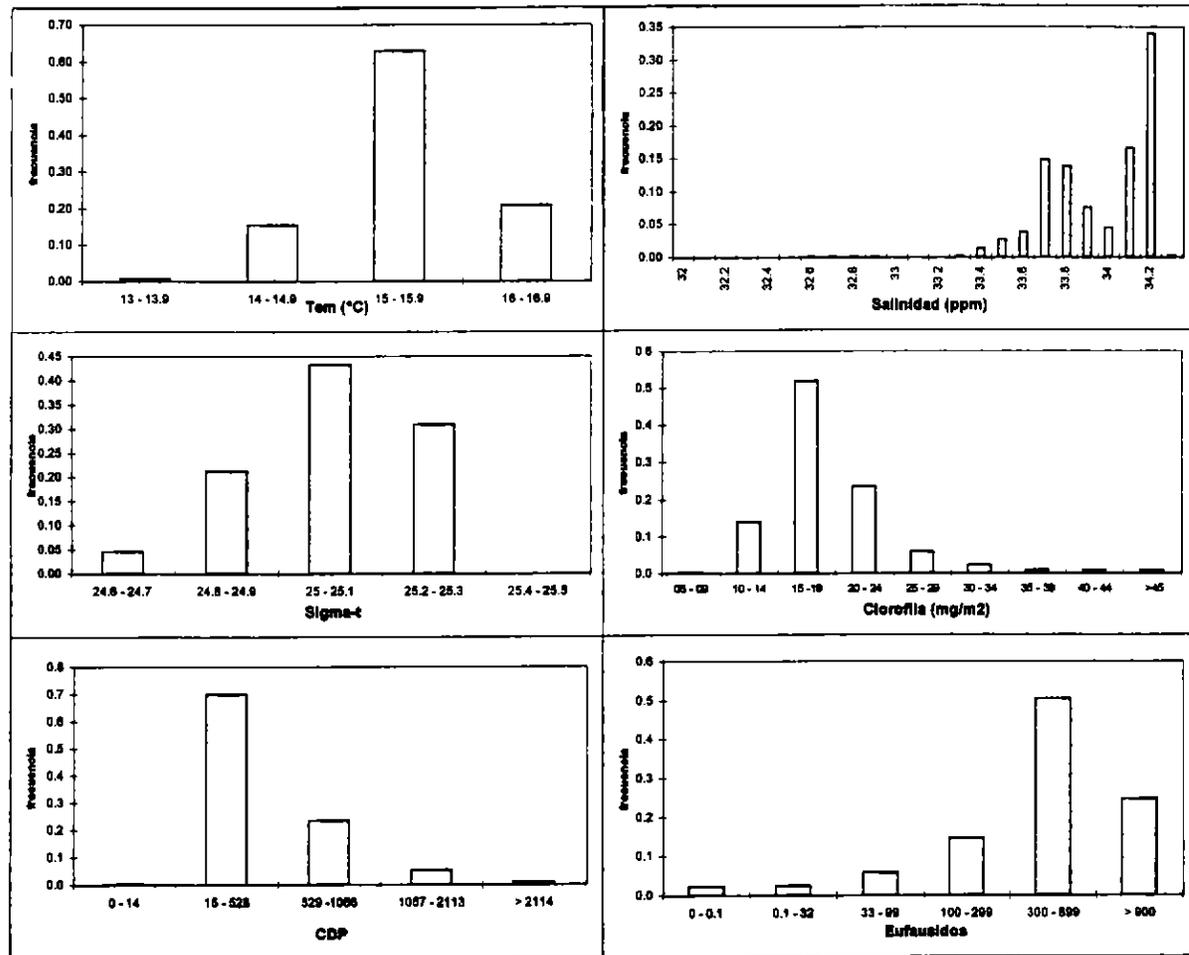


Fig 92.- Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Area total a 005 m.

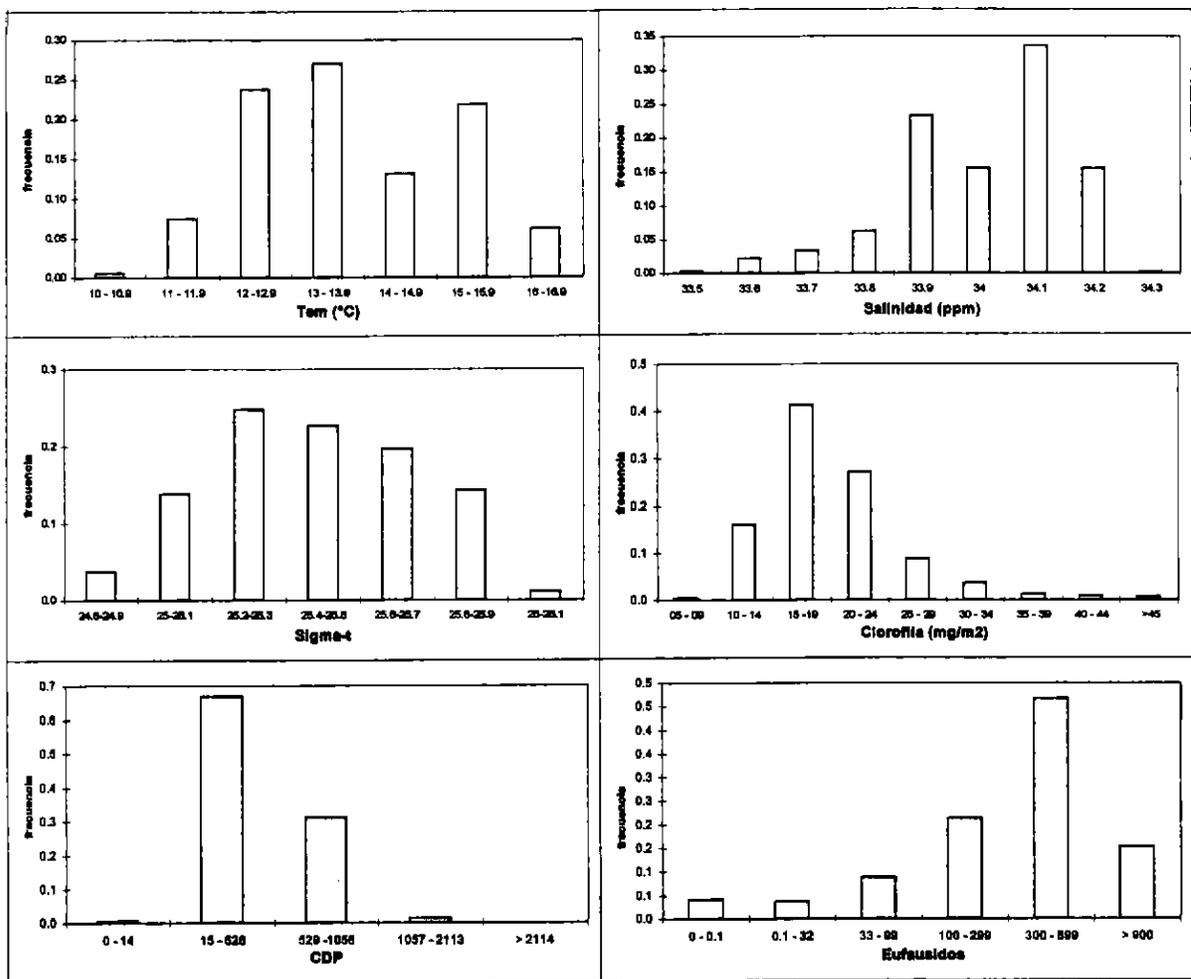


Fig 93.- Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Area total a 050 m.

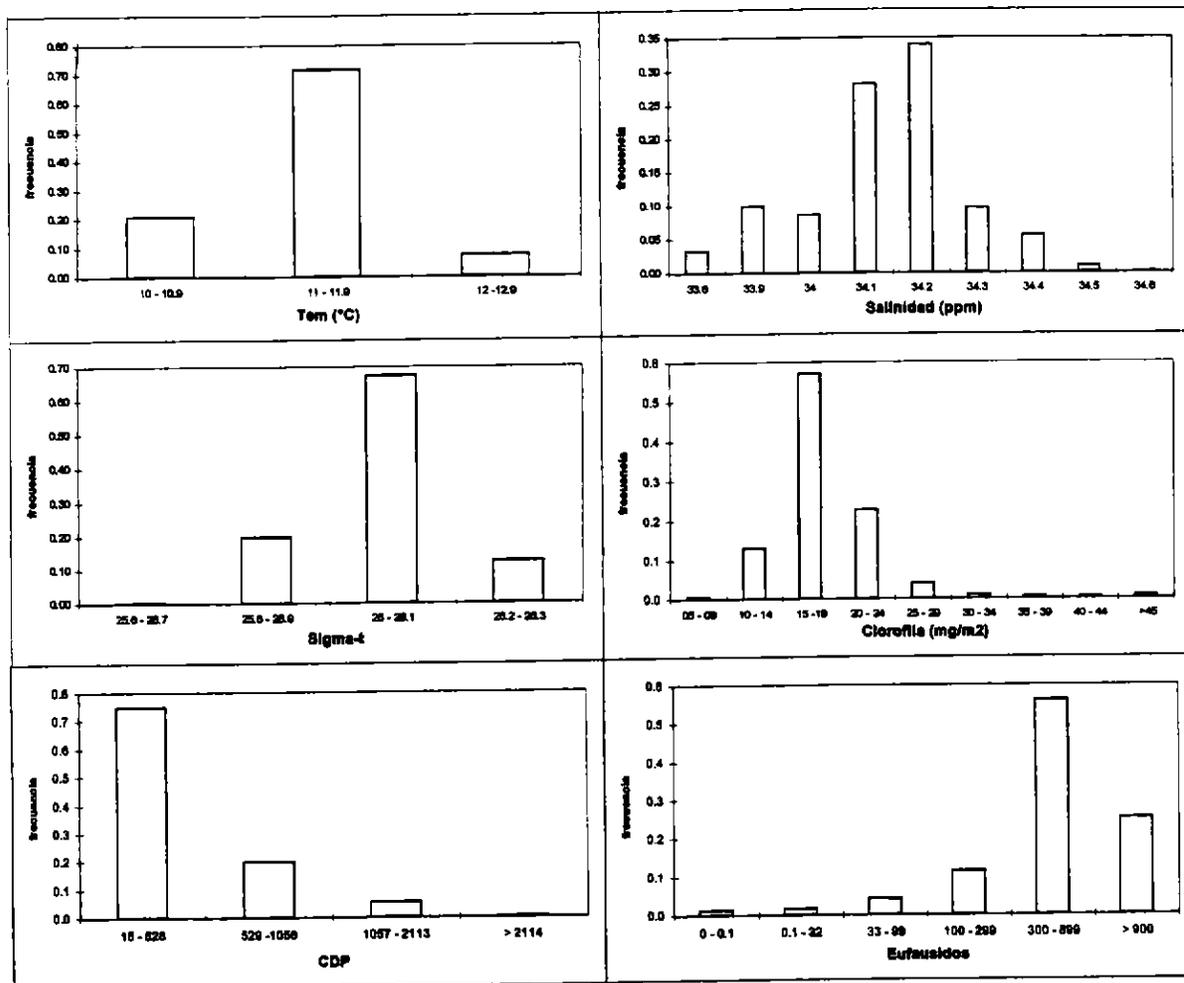


Fig 94.- Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Area total a 100 m.

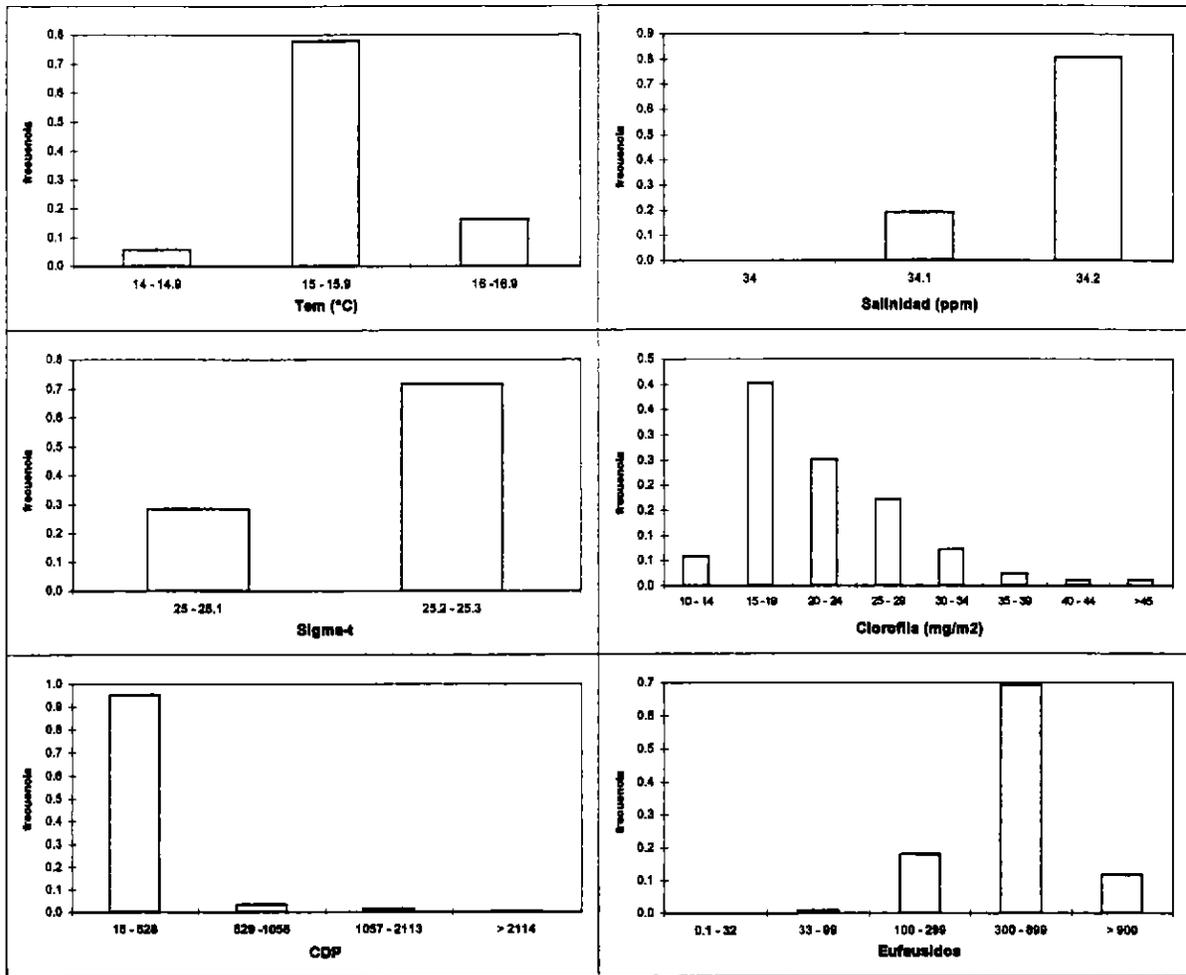


Fig 95.- Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Foco norte a 005 m.

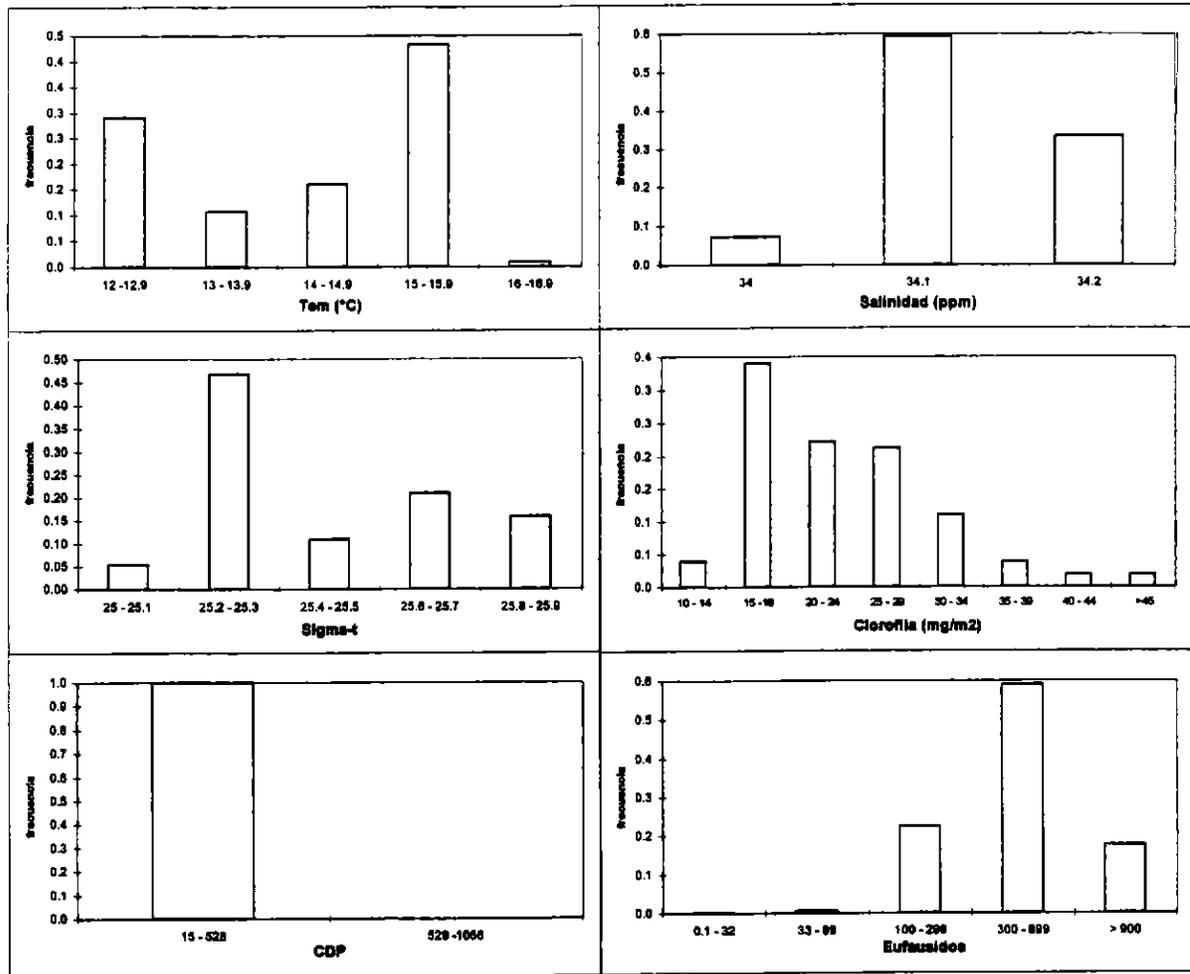


Fig 96.- Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Foco norte a 005 m.

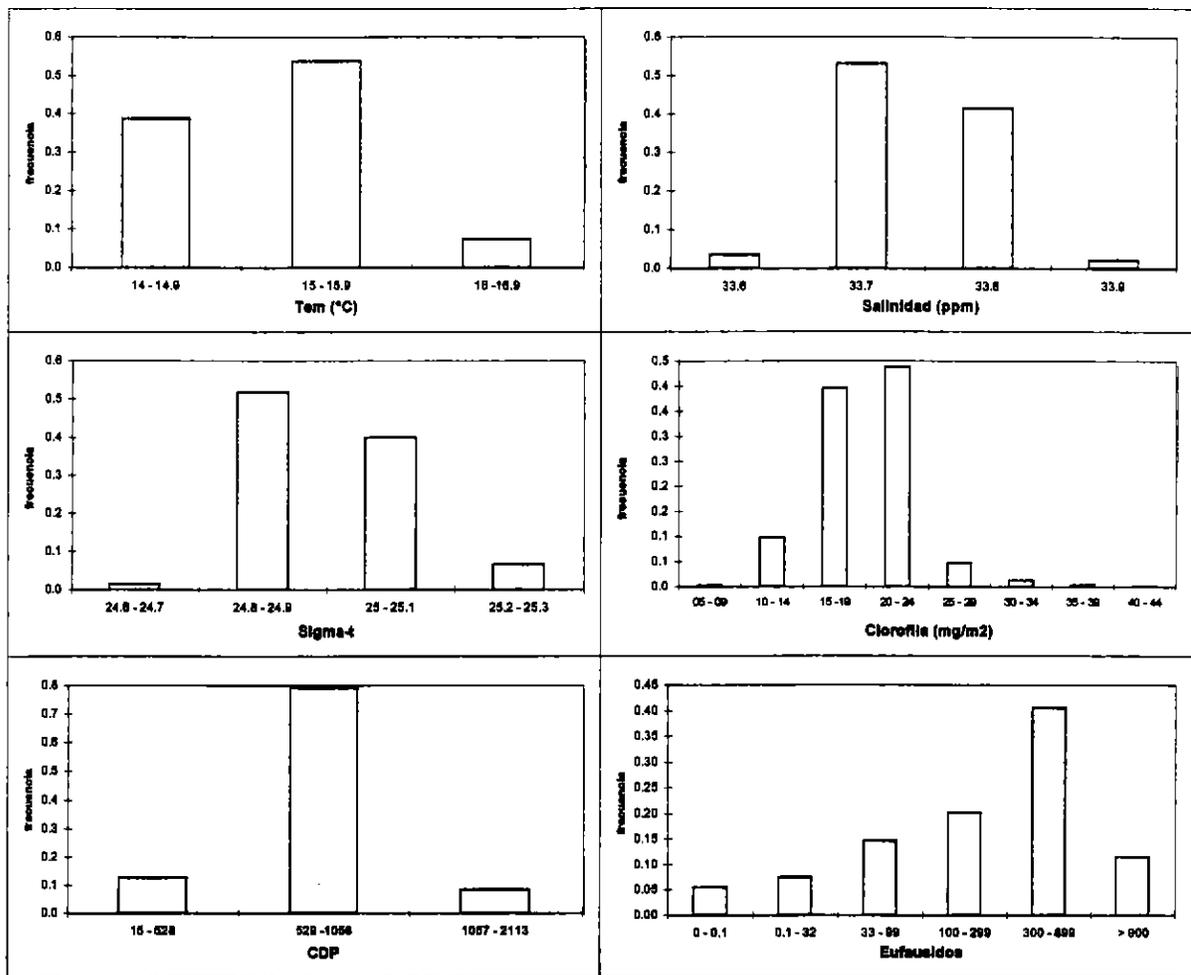


Fig 97.- Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Foco sur a 005 m.

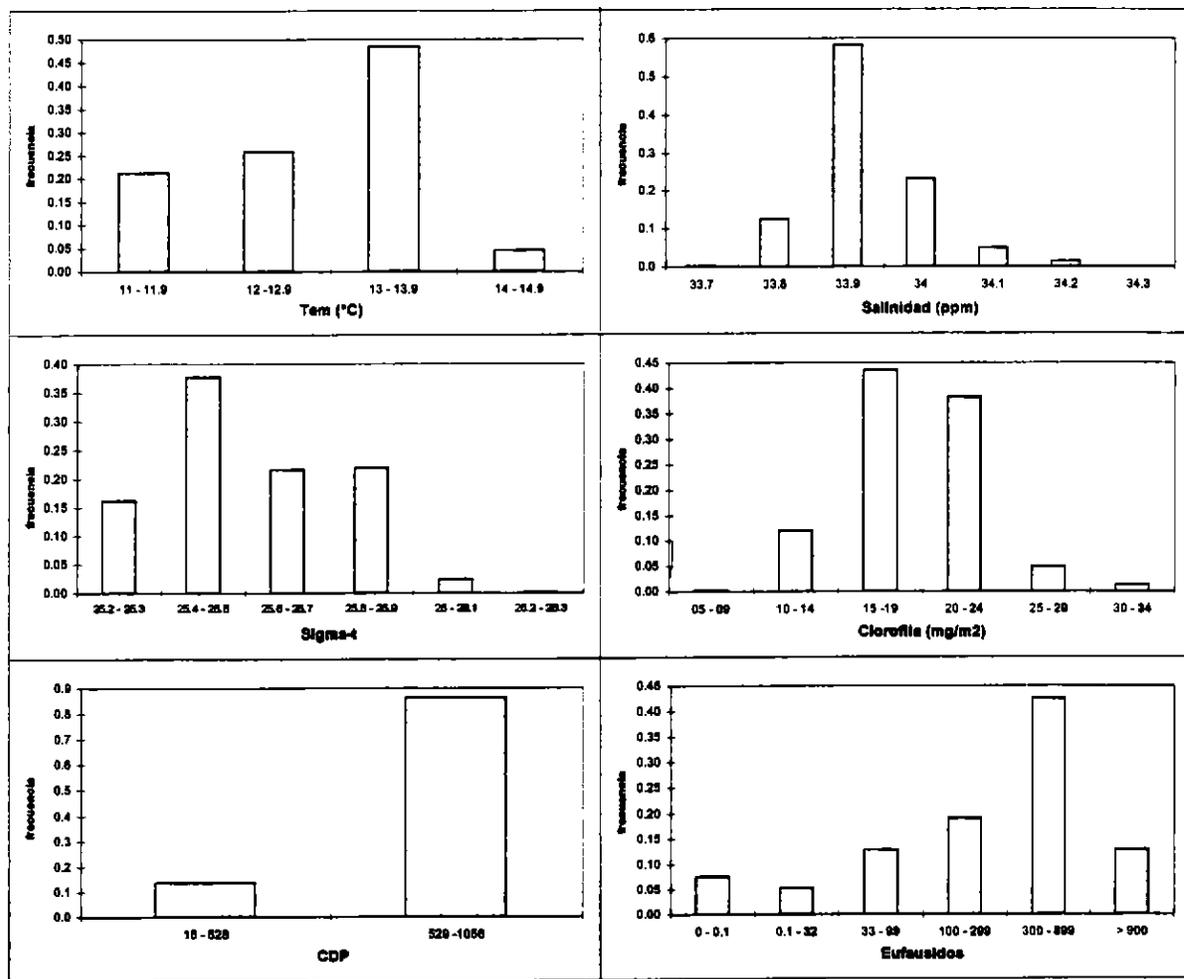


Fig 98.- Rango de distribución del jurel para las variables. a) temperatura b) salinidad c) densidad d) clorofila integrada e) capa de dispersión profunda y f) eufáusidos. Foco sur a 005 m.

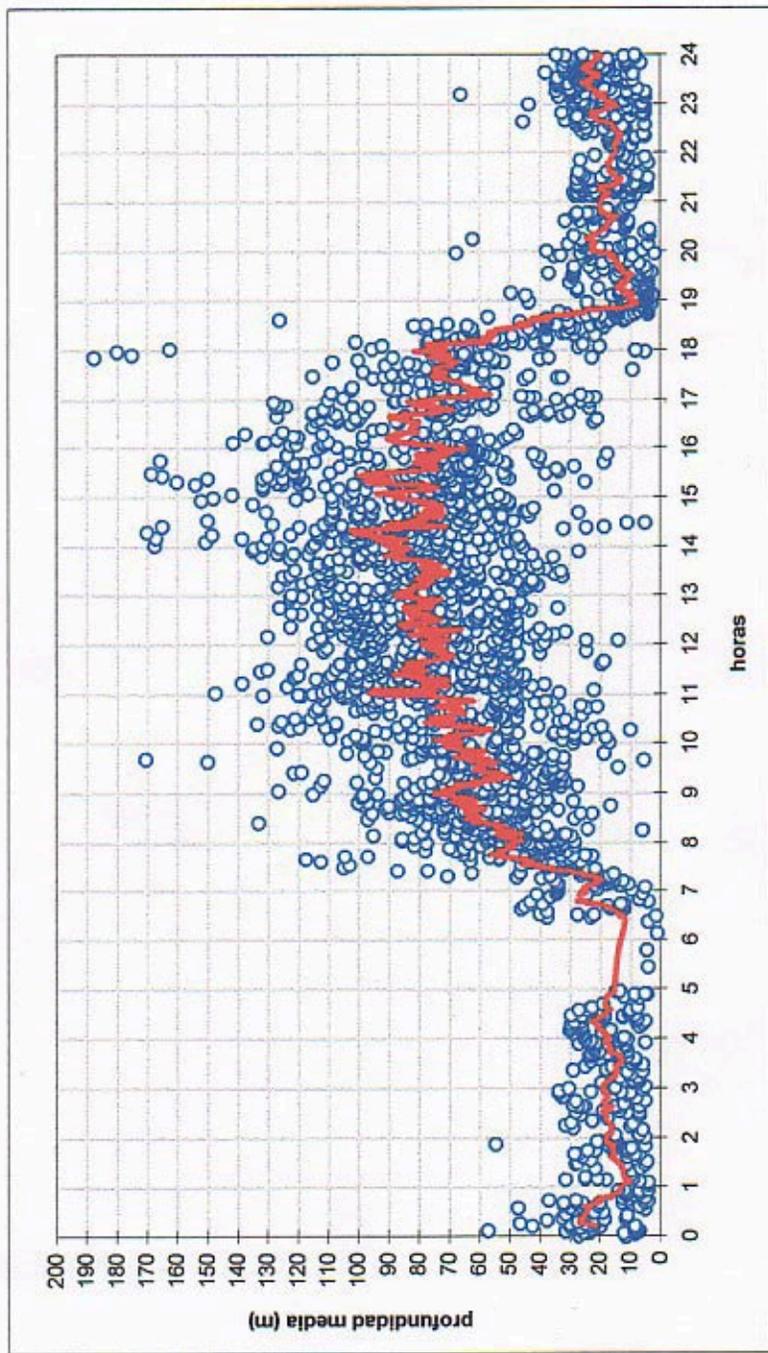


Fig 99.- Distribución batimétrica del recurso en el ciclo diario