



INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 2002-02

Evaluación hidroacústica de Jurel en la ZEE, año 2002



M A Y O

2 0 0 3



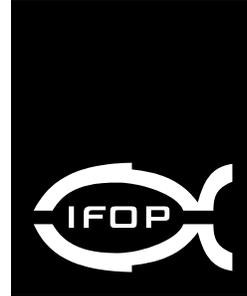
INFORME FINAL

FIP N° 2002-02

**Evaluación hidroacústica
de jurel en la ZEE,
año 2002**

• Mayo, 2003 •

.....Salto de sección (Página siguiente).....



REQUIRENTE

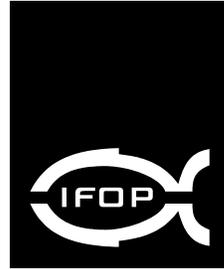
FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
Presidente del Consejo:
Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Jefe División Investigación Pesquera:
Jorge Farías Ahumada
Director Ejecutivo:
Guillermo Moreno Paredes

• Mayo, 2003 •

—————Salto de sección (Página siguiente)—————



JEFE DE PROYECTO

JOSÉ CÓRDOVA MASANES

AUTORES

- *EVALUACIÓN HIDROACUSTICA*
JOSÉ CÓRDOVA
MARÍA ANGELA BARBIERI
MARCOS ESPEJO
- *OCEANOGRAFIA FÍSICA Y QUÍMICA*
SERGIO NÚÑEZ
JOSÉ ORTÍZ
FLOR VEJAR
LUIS BUSTOS
- *OCEANOGRAFIA PESQUERA*
JOSÉ CÓRDOVA
MARÍA ANGELA BARBIERI
SERGIO NÚÑEZ
VICTOR CATASTI
- *PLANCTON*
VIVIAN VALENZUELA
- *TROFODINAMICA*
HERNAN REBOLLEDO
PATRICIO TORRES
SERGIO NÚÑEZ
- *BIOLOGÍA PESQUERA*
JOSÉ CÓRDOVA
MARCOS ESPEJO

• Mayo, 2003 •



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene los resultados de la cuantificación de la biomasa por hidroacústica del jurel en la zona centro-sur, la distribución e indicadores biológicos del jurel, las condiciones ambientales y las relaciones entre éstas y la distribución del recurso. El crucero de investigación se realizó entre el 26 de mayo y el 18 de junio del 2002. La prospección abarcó el área entre Horcón (32° 40'LS) y Corral (40° LS), desde las 5 millas de la costa hasta las 200 millas, ésta se llevó a cabo con dos embarcaciones: el B/I "Abate Molina" operado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), y el PAM "Líder" operado por la Pesquera "El Quillay" S.A.

En la zona de estudio se efectuaron un total de 23 transectas, de las cuales (10) transectas tuvieron como límite occidental las 200 millas; (12) transectas alcanzaron las 100 millas; y, (1) por condiciones de mal tiempo las 150 mn desde la costa. El muestreo oceanográfico fue efectuado de acuerdo a una red de estaciones bioceanográficas, situadas a 10, 25, 50, 75 y 100 mn en las transectas cortas y, en las largas, se adicionaron estaciones a las 130, 160 y 200 millas de la costa. En las estaciones se registraron los valores de temperatura y salinidad; se tomaron muestras de agua para la determinación de oxígeno, clorofila-a; y, se realizaron pescas de plancton con lances oblicuos con redes Bongo. Asimismo, se estimó la densidad del agua (σ_t); la anomalía en las variables oceanográficas; la capa de mezcla y espesor; y, profundidad base de la termoclina.

La cuantificación del jurel se efectuó con los sistemas SIMRAD EK-500 ("B/I Abate Molina") y EK-60 (PAM "Líder"), previamente calibrados, empleando la frecuencia de 38 Khz. 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 con la estimación del coeficiente volumétrico de dispersión y el análisis de los ecorregistros; 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 composición de la captura registrada por las embarcaciones de la flota cerquera de la zona.

La biomasa estimada del jurel fue de 1.990.000 toneladas con un coeficiente de variación de 9,28% y una densidad de 37,20 t/mn². Al comparar este resultado de la evaluación de la biomasa con el obtenido en el año 2001, se observa un decremento de un 66,66%, rompiendo la tendencia creciente registrada desde 1999 (4.100.000 t) y 2001 (5.970.000 t). Dicha merma también se observa a través de un índice independiente del área (densidad) entre este año y el 2001 (113,42 t/mn²).

La abundancia numérica total fue de 8.245.047.272 ejemplares de jurel, lo que es bastante menor a los 31.250.395.075 registrados el año 2001. Esta pequeña abundancia explica la baja magnitud de biomasa estimada en el año 2002, aún cuando, en la zona se observa una disminución de ejemplares menores a 26 cm y un aumento de las tallas mayores.

En la zona de estudio no se identificaron sectores de alta densidad como años anteriores, sino más bien densidades bastante similares en toda el área prospectada. El jurel se localizó principalmente desde el sur de Constitución (35° 40' LS) a Corral (40°00'LS), concentrando el 90,60% de la biomasa total estimada en la zona de estudio. En el sentido longitudinal, el recurso se distribuyó desde las 25 a 200 mn de la costa, sugiriendo sus concentraciones que una fracción de las agregaciones no fue cubierta por la prospección.



Batimétricamente, el jurel se ubicó entre los 10 a 210 m de profundidad, el 60,17% de las agregaciones reportaron entre 10 a 100 m, en tanto el 39,87% restante lo hizo hasta los 210 m de profundidad. La distribución fue bimodal lo que difiere de lo registrado entre 2000 y 2001, manteniendo la tendencia a localizarse el recurso a mayor profundidad de norte a sur, sin embargo, este año el jurel se ubicó más profundo al disminuir su presencia en los primeros 100 m, respecto al 90,0% y 81,0% registrado en el 2000 y 2001 respectivamente.

La distribución de tallas registrada en el crucero presentó tamaños entre 19 a 50 cm de longitud horquilla, una moda principal de 27 cm y una moda secundaria en 20 cm, que muestra un desplazamiento en la moda principal respecto al año 2001 (moda=26 cm). También se observa un aumento de ejemplares de mayor tamaño, con un 99,87% de los individuos agrupados entre los 20 a 45 cm (3 a 6 años), respecto al 99,33% ubicado entre 20 a 35 cm registrado el 2001, indicando para este año un crecimiento en la estructura de talla de jurel.

La composición de ejemplares por grupo de edad estuvo formada por 13 grupos, siendo los principales el IV, V y VI que participan con un 35,62; 17,47; y, 18,08% respectivamente. La edad IV se mantiene como grupo principal para el período 2000-2002, sin embargo, este año su aporte disminuye (35,62%) respecto del 2000 (44,7%) y 2001 (42,2%).

El espectro trófico alcanzó a 10 taxas, encontrándose preferentemente en los estómagos de jurel taxas de presas de eufáusidos, seguido de pequeños crustáceos y peces linternas. Al igual que en el 2000 y 2001, los eufáusidos fueron la presa de mayor importancia dominando en número, peso y frecuencia de aparición, alimentándose el jurel selectivamente con una clara preferencia sobre eufáusidos en los sectores costeros, mientras en el océano, la composición



alimentaría está más orientada a la proporción de la oferta ambiental, siendo determinada por el espectro de presas presentes en la zona de estudio.

En la zona de estudio, el plancton estuvo dominado principalmente por copépodos con una dominancia de 63,85%, seguido por quetognatos (11,47%), doliólidos (4,48%), apendicularias (3,15%) y larvas de decápodos (3,13%). Los cinco mayores grupos aportan en conjunto un 86,08% del total de zooplancteres cuantificados, lo cual es concordante con lo registrado durante el período de otoño entre 1997 y 2001, donde estos grupos representaron el 88,70; 90,33; 85,93; 86,83; 85,87%; respectivamente en cada año.

El análisis de los diagramas TS reveló, al igual que en estudios anteriores, que las condiciones oceanográficas observadas en la zona de estudio indican la presencia de tres masas de agua; Aguas Subantártica (AASA), Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) y Aguas Intermedias Antárticas (AIAA).

En general, la distribución de las variables y estructuras oceanográficas verticales (y sus anomalías para el período 1997-2002) para el área de estudio, evidenció la presencia de aguas más cálidas que las informadas en el período invernal de 1999 y 2001, similares al año 2000 (Núñez *et al.* 2001) y significativamente menores a los años 1997 y 1998 (Nuñez *et al.*, 2000 y Arcos *et al.*, 2001). Las anomalías positivas de la temperatura superficial ((máx: +2,5 °C), revela la fase activa del evento El Niño 97-98, mientras las anomalías negativas registradas en 1999-2001 (máx:-1,5°C), refleja una condición ambiental fría principalmente en 1999.

El jurel se encontró en temperaturas de 11 a 16 °C y salinidades que van de 33,3 a 34,5 psu, con un rango preferencial de 12 a 14 °C y 33, 8 a 34,0 psu, lo que concuerda con lo observado en años anteriores. Respecto al oxígeno, el jurel se



agrupó en el intervalo de 5 a 6 ml/L, al igual que lo registrado en los años 2000 y 2001. En general, el jurel se agrupó de preferencia en sectores de fuertes gradientes térmicos y de descenso de temperatura.

El análisis comparativo entre sectores con ausencia y presencia de jurel, realizado para el año 2002, indica características propias en cada uno de ellos. Es así que, en los sectores donde se detectó el recurso se observó una mayor concentración de zooplancton, que se reflejó en la mayoría de los grupos analizados durante este año. Del mismo modo, en sectores con concentración de recurso, se aprecia una capa de mezcla más profunda y una profundidad base de la termoclina somera y de menor espesor, así como valores mayores de concentración de oxígeno y clorofila “a” integrada.

En general, los resultados alcanzados este año indican un debilitamiento de las condiciones mejoradas que se venían registrando en el jurel desde 1999. Lo anterior, se constata al caer la biomasa y la densidad a niveles bajos, conjuntamente con una reducción de ejemplares reclutas y una baja disponibilidad del recurso dentro y fuera del área de estudio. Esta situación, que también coincide con la fuerte caída de los desembarques en Perú, donde el máximo histórico alcanzó a las 545.308 t el 2001; al mismo tiempo, en la zona centro-sur se calculó el mayor estimado de biomasa de jurel (5.990.000 t), disminuyendo, durante el primer semestre de 2002, a tan sólo 87.585 toneladas.

Finalmente, se agradece a la Empresa Pesquera “El Quillay” S.A. por participar con el PAM “Líder”, así como por la actitud positiva de su personal de tierra y a bordo, los que permitieron el desarrollo exitoso del presente estudio.



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xix
ÍNDICE DE ANEXOS	xxii
1. OBJETIVO GENERAL	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
3. ANTECEDENTES	3
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	7
4.1 Aspectos generales del crucero	7
4.2 Distribución espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio	9
4.2.1 Diseño de muestreo	9
4.2.2 Calibración electroacústica	10
4.2.3 Información acústica	11
4.2.4 Análisis de la información acústica	12
4.3 Biomasa total del recurso jurel en el área de estudio	15
4.3.1 Cálculo de la constante de ecointegración (C_b)	15
4.3.2 Cálculo de la biomasa y su varianza	15
4.3.3 Clave Edad – talla	28
4.3.4 Medida de precisión del estimado	30
4.4 Distribución del zooplancton en el área de estudio	31
4.4.1 Colecta de información	31
4.4.2 Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas	33
4.4.3 Biomasa zooplanctónica total	35



4.5	Composición de los principales ítemes alimentarios del jurel-----	35
4.5.1	Obtención de las muestras-----	36
4.5.2	Análisis de la información-----	36
4.6	Fauna acompañante-----	42
4.6.1	Pesca de identificación -----	42
4.6.2	Reconocimiento y proporción fauna acompañante -----	44
4.7	Condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio-----	44
4.7.1	Diseño general del muestreo. -----	45
4.7.2	Análisis de las muestras y de la información -----	48
4.7.3	Información meteorológica -----	49
4.7.4	Asociación espacial entre las condiciones oceanográficas y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio ----	49
5.	RESULTADOS-----	55
5.1	Distribución espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio-----	55
5.1.1	Calibración electroacústica-----	55
5.1.2	Descripción de estructuras espaciales en la información acústica-----	57
5.1.3	Distribución geográfica del recurso -----	60
5.1.4	Distribución batimétrica del recurso-----	62
5.2	Biomasa total del recurso jurel -----	63
5.2.1	Constante de eointegración ($t^{\circ}mn^{-2*}Sa^{-1}$)-----	63
5.2.2	Biomasa total del jurel-----	64
5.3	Distribución y composición del plancton-----	75
5.3.1	Composición y abundancia del zooplancton -----	75
5.3.2	Distribución del zooplancton -----	82
5.3.3	Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos -----	85
5.3.4	Biomasa zooplanctónica -----	85
5.4	Composición de los principales ítemes alimentarios del jurel en el área de estudio-----	86
5.4.1	Importancia de las presas -----	87
5.4.2	Similitud trófica -----	91



5.4.3	Ración diaria de alimento (RD) y su relación consumo/biomasa (Q/B)-----	92
5.4.4	Selectividad de Presas por Tamaño (Ursin, 1973)-----	94
5.4.5	Selectividad de jurel de acuerdo a la oferta ambiental (Chesson, 1978)-----	96
5.5	Fauna acompañante y proporciones en pescas de identificación ----	97
5.5.1	Pesca Comparativa-----	97
5.5.2	Resultados de los lances de pesca-----	99
5.5.3	Proporción y composición fauna acompañante-----	102
5.6	Condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio-----	103
5.6.1	Batimetría de la zona de estudio-----	103
5.6.2	Condiciones meteorológicas-----	103
5.6.3	Muestreo regular-----	106
5.6.4	Relaciones espaciales de la distribución y abundancia de jurel respecto a las variables bio-oceanográficas-----	144
6.	DISCUSIÓN-----	163
7.	CONCLUSIONES-----	175
7.1	Acústica-----	175
7.2	Pesca-----	177
7.3	Sección trofodinámica-----	178
7.4	Sección oceanografía-----	180
7.5	Plancton-----	183
7.6	Asociaciones-----	184
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	185

FIGURAS

ANEXOS

Anexo 1	Plan detallado de asignación de personal profesional y técnico en horas/hombre por actividad
Anexo 2	Informe Final y Base de Datos en CD



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación de las transectas en la zona de estudio.
- Figura 2. Equipos utilizados en las embarcaciones B/I “Abate Molina” y PAM “Líder”.
- Figura 3. Distribución espacial de jurel en la zona de estudio.
- Figura 4. Ubicación de los lances de pesca y porcentajes bajo talla mínima
- Figura 5. Correlogramas por sectores: a) zona norte; b) zona sur.
- Figura 6. Variogramas para la zona de estudio. a) zona costera y b) zona oceánica
- Figura 7. Distribución batimétrica de jurel por categorías y sectores: a) norte oceánico, b) norte costero, c) sur oceánico, d) sur costero y e) total.
- Figura 8. Distribución de tallas de jurel: a) 1997, b) 1998, c) 1999, d) 2000, e) 2001 y f) 2002.
- Figura 9. Relación longitud-peso de machos, hembras y total de jurel para el crucero de jurel en la ZEE, 2002.
- Figura 10. Distribución y abundancia de Copépodos en otoño de 2002.
- Figura 11. Distribución y abundancia de Quetognatos en otoño de 2002.
- Figura 12. Distribución y abundancia de Doliólidos en otoño de 2002.



- Figura 13. Distribución y abundancia de Apendicularias en otoño de 2002.
- Figura 14. Distribución y abundancia de Eufásidos en otoño de 2002.
- Figura 15. Dendograma de similitud de Winer de los grupos zooplanctónicos analizados en otoño 2002.
- Figura 16. Distribución de la biomasa zooplanctónica durante el crucero de otoño de 2002.
- Figura 17. Dendogramas de similitud trófica de jurel (*Trachurus s.murphyi*) por: (a) por grupo de tamaños y (b) por estrato de profundidad.
- Figura 18. Agrupación de lances de pesca en sectores circulares de 40 mn de radio.
- Figura 19. Batimetría global de la zona de estudio.
- Figura 20. Variabilidad de las condiciones meteorológicas en el sector norte del área de estudio: (a) temperatura aire (°C), (b) presión atmosférica (mB), (c) altura de olas (m), (d) rapidez del viento (nudos), (e) rosa de dirección de olas y (f) rosa de dirección de vientos
- Figura 21. Variabilidad de las condiciones meteorológicas en el sector sur del área estudio: (a) temperatura aire (°C), (b) presión atmosférica (mB), (c) altura de olas (m), (d) rapidez del viento (nudos), (e) rosa de dirección de olas y (f) rosa de dirección de vientos.
- Figura 22. Variabilidad espacial de la velocidad del viento registrado a bordo de las embarcaciones participantes para el área y período de estudio



- Figura 23. Distribución horizontal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50, (d) 100, (e) 200 y (f) 400 m de profundidad
- Figura 24. Imágenes de TSM para el período comprendido entre el 27 de Mayo y el 18 de Junio de 2002.
- Figura 25. Distribución horizontal de salinidad (psu). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50, (d) 100, (e) 200 y (f) 400 m de profundidad
- Figura 26. Distribución horizontal de densidad (σ_t). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50, (d) 100, (e) 200 y (f) 400 m de profundidad
- Figura 27. Distribución horizontal de oxígeno disuelto (ml l^{-1}). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50, (d) 100, (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.
- Figura 28. Distribución horizontal de (a) Clorofila-a (mg m^{-3}) en el estrato de 5 m de profundidad y (b) Clorofila-a Integrada (mg m^{-2}) estrato 0 a 100 metros.
- Figura 29. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 1.
- Figura 30. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 2.
- Figura 31. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 3.
- Figura 32. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 4.



- Figura 33. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 5.
- Figura 34. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 6.
- Figura 35. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 7.
- Figura 36. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 8.
- Figura 37. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 9.
- Figura 38. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t) y d) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 10
- Figura 39. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t) y d) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 11
- Figura 40. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t) y d) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 12
- Figura 41. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t) y d) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 13



- Figura 42. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 14
- Figura 43. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 15
- Figura 44. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t). Transecta 16
- Figura 45. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t). Transecta 18
- Figura 46. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t). Transecta 19
- Figura 47. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 20.
- Figura 48. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 21.
- Figura 49. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 22.
- Figura 50. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 23.



- Figura 51. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t), oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a Transecta oceánica (200 mn).
- Figura 52. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t), oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta intermedia (100 mn).
- Figura 53. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t), oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta costera (10 mn).
- Figura 54. Perfiles individuales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t), oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y clorofila-a (mg m^{-3}) para el sector norte ($32^{\circ}40'-36^{\circ}40'\text{LS}$).
- Figura 55. Perfiles individuales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t), oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y clorofila-a (mg m^{-3}) para el sector sur ($37^{\circ}00'-40^{\circ}00'\text{LS}$).
- Figura 56. Perfiles verticales promedio de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.
- Figura 57. Perfiles verticales promedio de Salinidad (psu) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.
- Figura 58. Perfiles verticales promedio de Densidad (σ_t) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.
- Figura 59. Perfiles verticales promedio de Oxígeno disuelto (ml l^{-1}) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.
- Figura 60. Perfiles verticales promedio de Clorofila-a (mg m^{-3}) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.



- Figura 61. Distribución horizontal de la profundidad de: a) capa de mezcla (m), b) base de la termoclina (m), c) ancho de la termoclina (m) y d) temperatura base de la termoclina ($^{\circ}\text{C}$).
- Figura 62. Diagramas T-S para los sectores: a) norte oceánico, b) norte costero, c) sur oceánico y d) sur costero.
- Figura 63. Distribución espacial de: a) gradientes térmicos, b) temperatura, c) salinidad, d) eufáusidos y e) densidad de jurel. Capa superficial.
- Figura 64. Distribución espacial de: a) gradientes térmicos, b) temperatura, c) salinidad, d) eufáusidos y e) densidad de jurel. Capa 50 m profundidad.
- Figura 65. Distribución espacial de: a) temperatura, b) salinidad, c) eufáusidos y e) densidad de jurel. Capa 100 m profundidad.
- Figura 66. Distribución espacial de las variables oceanográficas superficial: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad (sigma-t).
- Figura 67. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 50 m: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad (sigma-t).
- Figura 68. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 100 m: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad (sigma-t).
- Figura 69. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 150 m: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad (sigma-t).
- Figura 70. Rangos de distribución preferencial de jurel en relación a las variables ambientales (1997 al 2002) y biomasa zooplanctónica (2002), estrato de 50 m de profundidad



- Figura 71. Rangos de distribución preferencial de jurel en relación a las variables ambientales (1997 al 2002) y biomasa zooplanctónica (2002), estrato de 50 m de profundidad.
- Figura 72. Distribución espacial de: a) clorofila "a" integrada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), b) capa dispersión profunda (S_a), c) copepódos ($\text{ind}/1000\text{m}^3$) y d) eufáusidos ($\text{ind}/1000\text{m}^3$).
- Figura 73. Señal latitudinal del jurel y su relación con la temperatura y el gradiente térmico en la capa superficial: a) costa- 50mn, b) 50 – 100 mn y c) 100 – 200 mn.
- Figura 74. Señal latitudinal del jurel y su relación con la temperatura y el gradiente térmico en la capa 50 m: a) costa – 50 mn, b) 50–100 mn y c) 100 – 200 mn.
- Figura 75. Señal latitudinal del jurel y su relación con la salinidad y el gradiente térmico en la capa superficial: a) costa- 50mn, b) 50–100 mn y c) 100–200 mn.
- Figura 76. Señal latitudinal del jurel y su relación con la salinidad y el gradiente térmico en la capa 50 m: a) costa- 50 mn, b) 50–100 mn y c) 100–200 mn.
- Figura 77. Señal latitudinal del jurel y su relación con los eufáusidos y copepódos: a) costa- 50mn, b) 50–100 mn y c) 100–200 mn.
- Figura 78. Participación porcentual de tipos de agregación de jurel (1997-2002).
- Figura 79. Anomalías de temperatura superficial (19991-1994; 1997 -2002)
- Figura 80. Distribuciones espaciales de biomasa de jurel (1997 -- 2002).



ÍNDICE DE TABLAS

-
- Tabla 1. Agregaciones de jurel por categorías de densidad.
- Tabla 2. Clasificación de grupos zooplanctónicos, Bodenheimer 1955.
- Tabla 3. Clasificación de jurel por grupos de tamaño definidos cada 5 cm de longitud de horquilla (LH).
- Tabla 4. Información de los lances de pesca realizados por B/I “Abate Molina” y PAM “Líder”(mayo–julio 2002).
- Tabla 5. División operacional del área de estudio. Los números entre paréntesis indican el número total de transectas realizadas en cada sector.
- Tabla 6. Posición de transectas y número de estaciones oceanográficas en el muestreo regular (mayo – junio 2002).
- Tabla 7. Variables empleadas en el análisis cartográfico y tipo de datos.
- Tabla 8. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y Sv (Coeficiente de dispersión volumétrica) 38 Khz.
- Tabla 9. Valores de t Students observados y críticos para frecuencia de 38Khz.
- Tabla 10. Frecuencia de presencia de cardúmenes (en %) por milla recorrida por cruceros
- Tabla 11. Biomasa y densidad de jurel estimada por dos distintos métodos (mayo-junio 2002).
- Tabla 12. Abundancia en número y en peso a la talla de jurel (mayo-junio 2002).
- Tabla 13. Parámetros y estadística básica de la relación $w = a * L^b$ para B/I “Abate Molina” y PAM “Líder” (mayo-junio 2002).



- Tabla 14. Parámetros y estadística básica de la relación $w = a * L^b$ para zona de estudio (mayo-junio 2002).
- Tabla 15. Composición en número por grupo de edad en la biomasa estimada (mayo-junio 2002).
- Tabla 16. Varianza, coeficiente de variación y error de los estimados de biomasa de jurel.
- Tabla 17. Varianza de la abundancia numérica y en peso a la talla de jurel (mayo-junio 2002).
- Tabla 18. Cuadro comparativo de las frecuencias de ocurrencia y dominancia numérica de los grupos zooplanctónicos determinados en los cruceros de otoño de 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.
- Tabla 19. Abundancia zooplanctónica de los grupos analizados en las prospecciones realizadas en otoño de 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.
- Tabla 20. Número total de estómagos muestreados y con contenido estomacal por lance de pesca (mayo-junio 2002).
- Tabla 21. Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel (mayo-junio 2002).
- Tabla 22. Índice de importancia relativa (IIR) por grupos de tamaño de jurel (mayo-junio 2002).
- Tabla 23. Índice de importancia relativa (IIR) por estrato de profundidad (mayo-junio 2002).
- Tabla 24. Índice de importancia relativa (IIR) por periodo del día (diurno-nocturno).
- Tabla 25. Tiempo de digestión (en días), Peso promedio de la presa (en %), ración diaria (en % del peso corporal), razón consumo biomasa (Q/B) y razón consumo biomasa porcentual respecto del total de las presas, en el período y área de estudio.



- Tabla 26. Índice de selectividad de presas por tamaño de Ursin (U), desviación estándar y tamaño de la presa en porcentaje (t %) (mayo-junio 2002).
- Tabla 27. Índice de selectividad de Chesson (alfa) por sector circulares artificial en jurel (mayo-junio 2002).
- Tabla 28. Chi cuadrado de prueba estadística DHG para ambas embarcaciones.
- Tabla 29. Información de captura en peso de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/I “Abate Molina” y PAM “Líder” (mayo-junio 2002).
- Tabla 30. Información de captura en número de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/I “Abate Molina” y PAM “Líder” (mayo-junio 2002).
- Tabla 31. Condiciones atmosféricas en la zona de estudio (mayo-junio 2002).
- Tabla 32. Índices de ocupación por categorías (en porcentaje) para los estratos; 5-50 m; 51-100 m y 101-150 m.
- Tabla 33. Estadísticos de las variables biológicas y oceanográficas en los principales núcleos de jurel
- Tabla 34. Coeficientes Cramer’s por estratos de profundidad, respecto a variables ambientales.
- Tabla 35. Por longitud, estrato profundidad, valor medio de densidad jurel, temperatura, gradiente térmico, salinidad, gradiente salino, y valores integrados de clo a, eufáusidos y capa dispersión profunda.
- Tabla 36. Probabilidad del LSD entre macroáreas, para densidad media de jurel, temperatura, salinidad, oxígeno, densidad agua, cloa a y eufáusidos.
- Tabla 37. Valor propio del análisis de componentes principales.



ÍNDICE DE ANEXO

- Anexo 1 Plan detallado de asignación de personal profesional y técnico en horas/hombre por actividad
- Anexo 2 Informe Final y Base de Datos en CD



1. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar a través del método hidroacústico la biomasa del recurso jurel, existente entre las regiones V a X, y circunscrita a las 200 millas náuticas medidas desde la costa.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 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** Determinar la fauna acompañante y su importancia relativa en los lances de identificación.
- 2.6** Determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio.



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



3. ANTECEDENTES

El jurel (*Trachurus murphyi*) es una especie de amplia distribución geográfica, que se encuentra desde las islas Galápagos hasta la Región Austral de Chile (52°LS) (Chirichigno, 1974; Serra 1991) y desde el litoral de América del Sur hasta las costas de Nueva Zelanda (Evseenko, 1987, Kawahara *et al.*, 1988, Jones, 1990) y Australia (Keith Sainsbully, com. Pers.).

El jurel es un recurso típicamente pelágico, habitando regiones oceánicas y costeras. Actualmente sostiene la más importante 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 1998, los desembarques de jurel por la flota cerquera industrial en los puertos de la Octava Región alcanzaron las 1.503.544 toneladas, lo que representó el 93,2% del total nacional para jurel (SERNAPESCA 1999), mientras que hasta junio del 2002 era de un 36,6% (IFOP), lo cual representa una disminución del 14%, comparado con similar período del 2001, producto de una baja en la disponibilidad del jurel en la zona centro-sur durante el 2002.

La biomasa estimada indica que desde los principios de la década de los 70 la biomasa total estimada pasa de 2,5 millones de toneladas hasta alcanzar su máximo entre 1985-1987 con 21 millones de toneladas. La biomasa del stock adulto y del stock explotable creció más lentamente, alcanzando su nivel máximo en 1989 –90. El crecimiento en este periodo se explica por la tendencia creciente del reclutamiento hasta 1985 y el aporte en peso de los ejemplares debido al crecimiento. Desde 1991, la biomasa decrece hasta alcanzar en el año 2001 aproximadamente 8,4 millones de toneladas (Serra *et al.*, 2001).



Desde 1990 la pesquería pelágica de la Zona Centro–Sur pasó a ocupar el primer lugar nacional. Dicha situación se asocia principalmente con la mayor abundancia y disponibilidad de jurel y con un importante crecimiento del esfuerzo de pesca de la flota cerquera industrial, la que ha presentado una notable transformación tecnológica en los últimos años.

Hasta 1994, la pesquería pelágica de la zona centro-sur experimentó un notable crecimiento, esta tendencia cambió en los últimos años, lo cual ha significado ajustes importantes en la actividad pesquera.

A partir del año 1997, se inició un período con alta presencia de jurel bajo la talla mínima legal en el área de la pesquería y mínima presencia de adultos, lo anterior se produjo asociado a la presencia del fenómeno de El Niño 97-98. Este hecho se tradujo en fuertes regulaciones en la pesquería a partir de 1998, a través de vedas biológicas y un monitoreo de la pesquería de jurel, durante algunas de las vedas se efectuaron Pescas de Investigación con el objetivo de determinar la estructura y la tallas del jurel

Desde fines de enero del año 2000, la pesquería de jurel fue sometida a vedas de reclutamiento entre la III y X Región, efectuándose durante algunas de estas vedas, Pescas de Investigación mediante Resolución de SUBPESCA con el objetivo de determinar la distribución y estructura de tallas de jurel en la Zona Centro – Sur. Estas investigaciones fueron realizadas principalmente por embarcaciones industriales con base en los puertos de la VIII Región, utilizando dos procedimientos: el primero asignando una cuota por armador y el segundo es individualizando cada embarcación con su respectiva cuota máxima de jurel a extraer (Aranis, *et al.*, 2001a). Esta situación incide directamente en el análisis de los indicadores



operacionales (captura, esfuerzo y rendimiento de pesca) dado que se presentan dos situaciones: una flota que sigue operando debido a que su captura de jurel se destina a la elaboración de productos de consumo humano directo y la otra, que está afecta a una cuota en el período señalado o no operó en todo el período de veda (Aranis, *et al.*, 2001a).

Durante el año 2000 se produjo un control indirecto del esfuerzo de captura sobre el jurel, a través de pesca de investigación y vedas. En el año 2001, por segundo año, se fijó una cuota global de captura, asignando un monto por unidad de pesquería (industrial y artesanal), por flota, para investigación y como fauna acompañante.

En enero del año 2001 se publicó la Ley 19.713 que establece el Límite Máximo de Captura (LMC) por armador de las principales pesquerías nacionales y la regularización del registro artesanal. La aplicación de LMC implicó un nuevo enfoque de administración de pesquerías, los armadores deben orientar el esquema de operación utilizado, lo que conlleva un importante cambio en la dinámica operacional de la flota.

Los cambios señalados inciden en los indicadores empleados para caracterizar el desempeño pesquero de la flota, los biológicos del recurso y de su comportamiento (Aranis, *et al.*, 2001b). Asimismo, el empleo de éstos, en los modelos de evaluación indirecta del stock del recurso jurel, tomando especial relevancia la evaluación directa de los recursos pesqueros.

Entre 1998 y 2001, la composición de tamaños de jurel extraído por la flota industrial en la zona centro – sur, se distribuyó en un rango de tallas entre 13 y 64 cm de longitud horquilla (LH). La estructura de tallas en 1998 y 1999 tiende a ser unimodal, centrada en los 24 cm y con altos porcentajes de ejemplares bajo la talla mínima



legal, 44 y 60% respectivamente. En el año 2000 la estructura de tallas era unimodal centrada en ejemplares de 26 - 27 cm, con un porcentaje de ejemplares bajo la talla mínima legal de un 16%. Para el 2001 y primer semestre del año 2002 se mantiene la moda en 27 cm, la estructura de edad de las capturas estuvo conformada por los grupos de edad IV, V y VI, sin embargo, se observa un mayor número de ejemplares de edades mayores durante este año, así como una mayor similitud en la participación de los grupos de edad más importantes (Aranis, *et al.*, 2002).

Considerando la importancia del recurso para la economía del país y el nivel de explotación a que está sometido, así como el alto porcentaje de individuos bajo la talla mínima legal (26 cm) detectado durante 1997 y 1998 (Informes de Proyectos FIP N° 97-05B y FIP N° 98-01), es necesario profundizar el conocimiento existente acerca de su distribución espacial, abundancia del recurso y su asociación con el ambiente, con el objeto de mejorar la asesoría para el manejo pesquero. Estos aspectos son especialmente relevantes para la comprensión de los cambios, tanto en abundancia como en disponibilidad del recurso, existiendo preguntas importantes que requieren ser contestadas, tales como las relativas a identificar los factores que determinarían la distribución de las mayores concentraciones de jurel en ciertas zonas y no en otras.

En este sentido el Consejo de Investigación Pesquera ha adjudicado al IFOP la ejecución del presente estudio para determinar la biomasa de jurel, su distribución y factores ambientales asociados. Luego, 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. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Aspectos generales del crucero

La prospección hidroacústica se llevó a cabo a bordo del B/I “Abate Molina” operado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y el PAM “Líder”, de propiedad de Pesquera “El Quillay”, durante el período que va desde el 26 de mayo al 18 de junio del año 2002, en la zona comprendida entre las cinco y doscientas millas de la costa, desde Horcón (32° 40'LS) a Corral (40°00'LS). En la zona de estudio se realizaron un total de 23 transectas, de las cuales 10 tuvieron como límite occidental las 200 millas, 12 transectas alcanzaron las 100 millas y una, por condiciones de mal tiempo, alcanzó hasta las 150 mn. El sector norte fue cubierto por el PAM “Líder” (transecta 1 a 13) y el sur por el B/I “Abate Molina” (transecta 14 a 23) (**Fig. 1**).

La pesca comparativa entre el B/I “Abate Molina” y PAM “Líder” no se realizó, en atención a que esta actividad ya se efectuó en el estudio realizado el 2001, y cuyos resultados analizados a través del estadístico de Chi cuadrado a un 95 % de confianza probaron la similitud entre las distribuciones de tallas de ambas embarcaciones, al obtener valores de Chi cuadrado inferiores a los Chi cuadrado críticos (Córdova *et al.*, 2001). Por otra parte, la no participación del PAM “Don Julio” por motivos de fuerza mayor (cambio del motor principal), implicó cubrir el área de estudio con sólo dos embarcaciones, aumentando el número de transectas para cada embarcación, lo cual se logró al reasignar los días considerados para pesca comparativa a la ejecución de transectas acústicas adicionales (**Fig. 1**).

Previo al crucero, en las embarcaciones se efectuó la calibración del sistema SIMRAD EK-500 y EK-60, de acuerdo a lo establecido por su fabricante (SIMRAD,



1991) (**Fig. 2**). Calibración que consiste en un proceso iterativo que mide la señal de intensidad de blanco (TS) y ecointegración (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.

Durante el desarrollo del estudio, se realizaron un total de 26 lances de pesca dirigidos a identificar ecotrazos y obtener muestras para estudios biológicos básicos y de alimentación. Para tal efecto, en las dos embarcaciones se utilizó redes de arrastre a mediagua con un forro interior de 3,8 – 4,2 cm, con el objeto de asegurar la retención de ejemplares de tallas menores. La cantidad de 35 lances de pesca propuestos inicialmente no se alcanzó, dada la ausencia de recurso en un amplio sector que va desde los 33° 30' a 35° 50' LS. (**Figs. 3 y 4**), y las persistentes condiciones de mal tiempo presente durante el desarrollo del crucero, las cuales fueron excepcionales para el año en el país.

El B/I “Abate Molina” de eslora 43,5 m y potencia de 1.400 HP, así como el PAM “Líder” con eslora 55,2 m y potencia de 3.000 KW, se habilitaron con equipos científicos para dejar en igualdad ambas plataformas de trabajo. Es así que, en el PAM “Líder” se embarcaron redes de plancton de 300 micras con sus respectivos flujómetros, cable oceanográfico, botellas Niskin y CTD Seabead con perfiliadores de temperatura, salinidad, densidad y fluorescencia.

La zona de estudio fue cubierta con una red de estaciones bioceanográficas, situadas a 10, 25, 50, 75 y 100 mn en las transectas cortas, mientras que en las transectas largas 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 principalmente en el sector sur, no permitieron la ejecución de algunas



estaciones de plancton y oceanografía, efectuando sobre un total de 138 estaciones programadas el 76,8% y 92,0%, respectivamente.

4.2 Distribución espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio

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 ecoinTEGRADOR.

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 29,7 en la evaluación acústica, para lo cual se requería 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 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 ecointegración SIMRAD EK-500, se realizó mediante el procedimiento establecido por su fabricante (Simrad, 1991), consistente en un proceso iterativo donde se mide las señales de intensidad de blanco (TS) y ecointegración (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:

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

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, éste 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.*, 1983). 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 (S_a), 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 modulo TOPO y SURF del programa SURFER, aplicando la escala de categorías descritas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Agregación de jurel por categorías de 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 presencia (IC) y de abundancia relativa (ID)

El índice de presencia (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 acústica 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:

$$ID(t / mn^2) = \frac{\sum_{n=1}^i Sa * C}{IBM^{(+)}}$$

donde,

Sa = es la densidad promedio por IBM,

C = constante de transformación ($t/mn^2/Sa$)

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:



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

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.*, 1995.

El variograma está dado por:

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

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).



4.3 Biomasa total del recurso jurel en el área de estudio

4.3.1 Cálculo de la constante de ecointegración (C_b)

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

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

donde:

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

La fuerza de blanco promedio (TS), fue calculada a partir del modelo de regresión $TS = 20,11 * \text{Log}(L) - 68,67$, determinado por Córdova *et al.*, 1998. Modelo que considera la proporcionalidad entre el cuadrado de la longitud y la fuerza de blanco (Foote, 1986)

4.3.2 Cálculo de la biomasa y su varianza

a) Biomasa en peso total

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 total

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

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

al expandir,

$$\hat{V}_{(\hat{B})} = \hat{A}^2 * (C_b^2 * \hat{V}_{(\hat{R})} + R^2 * \hat{V}_{(C_b)} - \hat{V}_{(C_b)} * \hat{V}_{(\hat{R})})$$

donde: \hat{V}_{C_b} , es la varianza de la constante de eointegración (Miranda, 1999)

$$\hat{V}_{C_b} = \left[\frac{2,302585 * \bar{w}_k}{4 * \pi * 10^{\left(\frac{TS}{10} + 3\right)}} \right]^2 * \left[\frac{\hat{V}_{(\bar{w}_k)}}{\bar{w}_k^2} + \frac{\hat{V}\left(\frac{TS}{10}\right)}{10^2} \right]$$

y, $\hat{V}_{(\bar{w}_k)}$ es la varianza del peso

$$\hat{V}_{(\bar{w}_k)} = \frac{1}{n_k} * \frac{1}{n_k - 1} * \sum_{i=1}^{n_k} [w_{ik} - \bar{w}]^2$$

n_k = número de datos observados en la talla

w_{ik} = peso observado a la talla (promedio o mediana)

\bar{w} = peso estimado a la talla (promedio o mediana)

y, $\hat{V}\left(\frac{TS}{10}\right)$ es la varianza de la fuerza de blanco



$$\hat{V}_{\left(\frac{TS}{10}\right)} = \frac{(\log(L_k))^2 * \hat{V}_{(m)} + \hat{V}_{(b)} + 2(\log(L) * Cov_{(m,b)})}{10^2}$$

donde, $\hat{V}_{(b)}$ es la varianza del intercepto de la regresión TS-longitud

$$\hat{V}_{(b)} = \hat{\sigma}^2 * \frac{\sum_{i=1}^n L_i^2}{n * \sum_{i=1}^n [L_i - \bar{L}]^2}$$

$\hat{V}_{(m)}$, es la varianza de la pendiente de la regresión Ts –longitud

$$\hat{V}_{(m)} = \hat{\sigma}^2 * \frac{1}{\sum_{i=1}^n [L_i - \bar{L}]^2}$$

$Cov_{(b,m)}$, es la covarianza

$$Cov_{(b,m)} = -\hat{\sigma}^2 * \frac{\bar{L}}{\sum_{i=1}^n [L_i - \bar{L}]^2}$$

$\hat{\sigma}^2$, es la varianza general de los residuos

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} * \frac{1}{(n-2)} * \sum_{i=1}^n [TS_i - \hat{TS}_i]^2$$

donde,

- \bar{L} = longitud promedio o mediana
- L_i = longitud observada
- \hat{TS}_i = fuerza de blanco estimada por regresión TS - Longitud
- TS_i = fuerza de blanco observada
- n = número de datos observados



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

– **Conglomerado de tamaños desiguales (Hansen et al., 1954)**

$$\hat{V}_1(\hat{R}) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{1}{ny^2} (S_x^2 + \hat{R}^2 S_y^2 - 2 \hat{R} S_{xy})$$

donde N y n representan el número total de transectas en el área y en la muestra respectivamente y:

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

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

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

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

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

– **Estratos agrupados (Volter, 1985)**

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

donde:



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

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

El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ 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):

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



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

$$\hat{F}(\hat{R}) = \text{Prob}(\hat{R}_x \leq \hat{R}) \text{ y } Z_o = \phi^{-1}(\hat{F}(\hat{R}))$$

– 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 ($\gamma(h)$), y

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

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

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

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 $\gamma(V, V)$; de la disposición entre los intervalos básicos de muestreo para $\gamma(S, S)$ y de la posición de la red de muestreo en el campo para $\gamma(S, V)$ (Petitgas y Prampart, 1993).

c) Biomasa a la talla

La información fue obtenida a partir de los lances de pesca, en donde, en cada lance se separó al azar una muestra que en general superó los 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).

– Estimación de estructura de talla

La estimación de la estructura de tallas ponderada P_{hk} es a través del siguiente estimador:

$$\hat{P}_{hk} = \sum_{i=1}^{m_h} \frac{C_{hi} t_{hi} S a_{hi}}{C_h t_h S a_h} \hat{P}_{hik}$$

donde:

- h = zona o estrato de pesca; h =1 primeras 100 millas; h =2 siguientes 100 -200 millas
- i = indica el lance de pesca
- K = indica la clase de talla
- $S a_{hi}$ = densidad acústica de la IBM en el entorno del lance
- C_{hi} = captura en peso o número obtenidos en el lance de pesca "i".



t_{hi} = tiempo de arrastre del lance "i".

m_{hi} = número de lances efectuados en la zona de pesca "h"

y

$$C_h = \sum_{i=1}^{m_h} C_{hi}$$

$$t_h = \sum_{i=1}^{m_h} t_{hi}$$

$$Sa_h = \sum_{i=1}^{m_h} Sa_{hi}$$

$$\hat{P}_{hik} = \frac{n_{hik}}{n_{hi}}$$

donde,

n_{hi} = ejemplares de talla "n" en la muestra de longitud.

n_{hi} = muestra de longitud en el lance "i" realizado en zona o área de pesca "h".

– Estimación de la relación longitud-peso

La estimación de la relación longitud-peso se obtuvo a través de la relación somatométrica dada por:

$$\bar{W}_h = a l_k^b$$



– **Estimación del peso medio por ejemplar**

Este parámetro fue estimado haciendo uso del siguiente estimador:

$$\bar{w} = \sum_{K=1}^K \bar{w}_h \hat{P}_{hk}$$

donde,

k = indica la clase de talla, k=1,2,3.....,K

– **Estimación de la abundancia en la zona de pesca "h" (X_h)**

La abundancia en la zona de pesca "h" fue estimada mediante expresión:

$$\hat{X}_h = \frac{\hat{B}_h}{\bar{w}_h}$$

donde,

B_h = corresponde a la biomasa estimada para el área de pesca "h" o zona de estudio



– **Estimación de la abundancia por clase de talla X_{hk}**

El parámetro H_{hk} fue estimado mediante la siguiente fórmula:

$$\hat{X}_{hk} = \hat{X}_h * \hat{P}_{hk}$$

– **Estimación de la biomasa por clase de talla B_{hk}**

La biomasa por clase de talla B_{hk} fue estimada por la siguiente expresión:

$$\hat{B}_{hk} = \hat{X}_{hk} * \bar{w}_{hk}$$

Varianza biomasa a la talla

– **Varianza del estimador de P_{hk}**

La varianza del estimador del P_{hk} fue calculado mediante el estimador dado por la siguiente expresión:

$$V_{\hat{P}_{hk}} = \left[\frac{1}{m_h} - \frac{1}{M_h} \right] \frac{1}{m_h - 1} \sum_{i=1}^{m_h} \frac{Ct_{hi}^2}{\bar{Ct}_h^2} (\hat{P}_{hik} - \hat{P}_{hk}) + \frac{1}{m_h M_h} \sum_{i=1}^{m_h} \frac{Ct_{hi}^2}{\bar{Ct}_h^2} \left[\frac{1}{n_{hi}} - \frac{1}{N_{hi}} \right] S_{hi}^2$$

donde,

- M_h = número máximo de lances que se pueden ser realizados
 N_{hi} = número máximo de ejemplares que pueden ser medidos



y,

$$Ct_{hi} = C_{hi} t_{hi}$$

$$\bar{Ct}_h = \frac{1}{m_h} \sum_{i=1}^{m_h} C_{hi} t_{hi}$$

$$S^2_{hi} = \frac{1}{n_{hi} - 1} \hat{P}_{hi} [1 - \hat{P}_{hi}]$$

– **Estimación de varianza del peso medio a la talla**

La estimación de la varianza del estimador del peso medio a la talla se realizó mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$V[\bar{w}_k] = \frac{1}{n_{hk} - 1} \sum_{i=1}^{n_{hk}} [\bar{w}_{hik} - \bar{w}_{hk}]^2$$

– **Estimación de la varianza del estimador del peso medio por ejemplar**

La varianza del estimador del peso medio por ejemplar fue obtenido por medio de:

$$V[\bar{w}_h] = \sum_{k=1}^K V[\bar{w}_{hk} * \hat{P}_{hk}]$$

donde,

$$V[\bar{w}_{hk} \hat{P}_{hk}] = \bar{w}_{hk}^2 * V[\hat{P}_{hk}] + \hat{P}_{hk}^2 * V[\bar{w}_{hk}] - V[\bar{w}_{hk}] * V[\hat{P}_{hk}]$$



– **Varianza del estimador de la abundancia X_h**

La varianza del estimador de la abundancia X_h fue estimada mediante la siguiente fórmula:

$$\hat{V}[\hat{X}_h] = \frac{1}{\bar{w}_h^2} \hat{V}[\hat{B}_h] + \hat{B}_h^2 * \hat{V}\left[\frac{1}{\bar{w}_h}\right] - \hat{V}[\hat{B}_h] * \hat{V}\left[\frac{1}{\bar{w}_h}\right]$$

donde,

$$\hat{V}\left[\frac{1}{\bar{w}_h}\right] = \frac{1}{\bar{w}_h^4} * \hat{V}[\bar{w}_h]$$

– **Varianza del estimador de X_{hk}**

La varianza fue determinada mediante el estimador:

$$\hat{V}[\hat{X}_{hk}] = \hat{X}_h^2 \hat{V}[\hat{P}_{hk}] + \hat{P}_{hk}^2 \hat{V}[\hat{X}_h] - \hat{V}[\hat{X}_h] \hat{V}[\hat{P}_{hk}]$$

– **Varianza del estimador de B_{hk}**

La varianza del estimador del parámetro B_{hk} fue calculado por:

$$\hat{V}[\hat{B}_{hk}] = \hat{X}_{hk}^2 \hat{V}[\bar{w}_{hk}] + \bar{w}_{hk}^2 \hat{V}[\hat{X}_{hk}] - \hat{V}[\bar{w}_{hk}] \hat{V}[\hat{X}_{hk}]$$



4.3.3 Clave Edad - talla

Se usó una fecha arbitraria de nacimiento que en el caso de las pesquerías chilenas es el primero de enero, facilitando la identificación de la clase anual a la que pertenece el pez estudiado, restando al año de la captura del grupo de edad (GE) asignado (Holden y Raitt, 1975)

La clave edad–talla, cuenta con la clasificación de las lecturas de cada otolito por grupo de edad y de ello se estima cada probabilidad según:

$$q_{ij} = n_{ij} / n_j$$

donde,

- i = grupo de edad
- J = longitud total del pez
- q_{ij} = Probabilidad de los individuos de longitud “j” de pertenecer a un GE
- n_{ij} = número de individuos de edad “i” con longitud “j”
- n_j = número total de individuos de longitud “j”

Estimación de la abundancia en número de jurel

Se utilizó el estimado de biomasa determinado por el método hidroacústico. Luego se usó la frecuencia observada en cada marca de clase junto a la relación peso-longitud. El peso total de la muestra se estimó en base a la adición de los pesos de los estratos de cada intervalo de longitud obtenido mediante:

$$W_j = f_j a L_j^b$$



y,

W_j = peso del intervalo de la clase "j" en la muestra

F_j = número de individuos de la muestra perteneciente al intervalo "j"

L_j = marca de clase

a y b = coeficiente de la relación peso-longitud

El cálculo de la abundancia total en número se obtiene empleando:

$$N_t = \left(\sum_j^n f_j / \sum_j^n W_j \right) B$$

donde,

N_t = número total de individuos presentes en la zona

B = biomasa (t) presente en la zona estimada por el método de hidroacústica

El número total de individuos presentes por intervalo de longitud, se estima como:

$$N_j = \left(f_j / \sum_j^n f_j \right) N_t$$

Descomposición del número total de individuos por edad

Los individuos presentes en cada intervalo de longitud (N_j), se asignan a las diferentes edades según la clave edad-talla. Esta clave, indica las probabilidades que un individuo de determinada longitud pertenezca a cada una de las diferentes edades. La clave edad-talla es construida a partir de las lecturas de edad de los otolitos recolectados en el crucero de evaluación hidroacústica del jurel.



Luego, el número de individuos perteneciente a cada GE según intervalo de talla es:

$$N_{ij} = p_{ij} N_j$$

$$N_i = \sum N_{ij}$$

donde,

N_j = número estimado de individuos a la longitud “j”

N_{ij} = número estimado de longitud “j” que pertenece a la edad “i”

N_i = número estimado de individuos a la edad “i”

4.3.4 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

\bar{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 %

4.4 Distribución del zooplancton en el área de estudio

4.4.1 Colecta de información

Las estaciones planctónicas se realizaron sobre el track de navegación acústico a 10, 25, 50, 75 y 100 mn de la costa en la zona comprendida entre las 0 y 100 millas y a 130, 160 y 200 mn para la zona de 100 a 200 millas náuticas.

En todas las embarcaciones, se realizaron pescas planctónicas a través de lances oblicuos con redes tipo Bongo de 65 cm de diámetro de boca y mallas de 300 μ m de abertura, provistas de medidores de flujo TSK calibrados, a objeto de poder determinar el volumen de agua filtrada en cada uno de los lances.

La calibración de los flujómetros utilizados durante el crucero, se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile, determinando las siguientes ecuaciones de calibración:



- **PAM “Líder” (TSK 6098):**

$$V = 0,1589580 * N + 0,00709058$$

- **B/I “Abate Molina” (TSK 5271):**

$$V = 0,1580452 * N + 0,0476944$$

Donde V corresponde a la velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg, N al número de revoluciones por segundo registrada en el flujómetro y las constantes a y b son los coeficientes obtenidos del ajuste de una regresión lineal simple.

Se realizaron pescas planctónicas nocturnas a través de arrastres oblicuos, considerando una profundidad máxima de 210 m o 15 m sobre el fondo, en tanto que, para las pescas diurnas se consideró información de tipo complementaria, como es la posición vertical de la capa de plancton que proporciona el equipo Simrad EK-500.

Las pescas planctónicas se realizaron calando la red a una velocidad aproximada de 0,6 m/s e izándola a 0,4 m/s, después de mantener una estabilización de 45 segundos a máxima profundidad.

Durante cada lance la velocidad del buque se mantuvo entre 1 y 3 nudos, dependiendo de las condiciones climáticas del momento y del estado del mar, de manera de mantener un ángulo aproximado del cable de $45^\circ \pm 5^\circ$, con el viento a babor.

La profundidad real de muestreo fue corregida mediante la medición periódica cada 10 m, del ángulo del cable a través de un clinómetro manual.



4.4.2 Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas

Las muestras obtenidas en cada estación 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 cualitativo y cuantitativo del zooplancton se emplearon microscópios estereoscópicos, marca Nikon y Zeis con aumentos de 8 a 50 veces. Para cada grupo zooplanctónico presente se cuantificó su abundancia. El conteo de los organismos poco abundantes se realizó sobre la muestra total, principalmente cuando se trató de la presencia del grupo de los eufáusidos, por ser un ítem importante en la alimentación de jurel en la zona de estudio. En la cuantificación de aquellos zooplancteres cuyas densidades fueron muy grandes, se utilizó para su subdivisión 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, fue extrapolada posteriormente al total de la muestra analizada. La abundancia o densidad del zooplancton cuantificado fue estandarizada y expresada en número de individuos presentes en 1.000 m³ de agua de mar filtrada.

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

Los grupos zooplanctónicos se clasificaron en base al ordenamiento sistemático formulado por Bougis (1974) y Barnes (1986), utilizando como ayuda descriptiva para la determinación de los grupos los trabajos de Newell *et al.*, (1966), Vidal (1968),



Arcos (1975), Boltovskoy (1981), Hirakawa (1984), Cárdenas (1986), Palma y Kaiser (1993), Palma y Rosales (1995) y Aravena (1999) entre otros.

La constancia medida como la relación porcentual entre el número de muestras con presencia del grupo y las muestras totales, así como la dominancia que expresa la relación del número de ejemplares del grupo respecto al total de individuos, fue agrupada de acuerdo a la escala propuesta por Bodenheimer (1955), tal como se muestra en la **Tabla 2**

Tabla 2 Clasificación de grupo zooplanctónicos Bodenheimer 1955.

	Intervalos	
	Constancia	Dominancia
Grupo Accidentales	0,0 – 25,0 %	0,0 – 2,5 %
Grupo Accesorios	25,1 – 50,0 %	2,6 – 5,0 %
Grupo Constante	50,1 – 100,0 %	5,1 – 100,0 %

Para agrupar a los individuos de acuerdo a su co-ocurrencia se utilizó el índice de similitud de Winer, el cual trabaja con el grado de asociación existente entre las especies o de los grupos zooplanctónicos en el par de muestras que se está analizando. Este índice tiene un dominio entre 0 y 1, en el cual el valor 0, indica que el par de grupos no están presentes simultáneamente en ninguna muestra y el valor 1, indica lo contrario, es decir, que siempre están presentes simultáneamente.

Para realizar las agrupaciones de las matrices de similitud de Winer, se utilizó el método del promedio aritmético de pares no ponderado (UPGMA) descrito en Sneath y Sokal (1973).



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) y el software ad hoc SURFER 6.0.

4.4.3 Biomasa zooplanctónica total

La medición de los bio-volúmenes 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:

$$Y = 100 * \frac{X}{W}$$

donde:

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

4.5 Composición de los principales ítemes alimentarios del jurel

A fin de determinar la composición de los principales ítemes alimentarios del jurel en el área de estudio, se aplicó la siguiente metodología.



4.5.1 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 cuales fueron debidamente etiquetados y congelados a -18°C para su análisis posterior de las características tróficas del recurso. Los lances se realizaron con red de media agua con una abertura de boca que osciló entre los 20 y 59 m y tiempo de arrastre promedio de 43,3 minutos.

4.5.2 Análisis de la información

El análisis de las muestras zooplanctónicas fue realizado en el laboratorio del Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso) y los resultados de abundancia de zooplancton se estandarizaron a número de individuos por 1.000 m^3 (ind./ 1.000m^3), utilizando los datos de volumen de agua filtrada por la red bongo (Smith y Richardson, 1979).

El análisis del contenido estomacal de *T. s. murphyi* se efectuó en los laboratorios del Instituto de Investigaciones Pesqueras, y consideró la identificación de los ítemes presa al nivel taxonómico más bajo posible, según su estado de digestión. El análisis del bolo alimenticio fue realizado utilizando los métodos gravimétricos, numérico y de frecuencia de ocurrencia (Hynes, 1950).

Para los análisis de la alimentación se construyeron seis grupos de tamaño (**Tabla 3**), representando todo el espectro de tallas de los ejemplares capturados.



Tabla 3. Clasificación de jurel por grupo de tamaños definido cada 5 cm de longitud horquilla (LH).

Grupo	Longitud horquilla (cm)	
	Desde	Hasta
I	<25	25
II	26	30
III	31	35
IV	36	40
V	41	45
VI	46	>46

4.5.2.1 Importancia relativa de las presas

La importancia de cada taxón presa en la dieta de la especie en estudio se obtuvo mediante el Índice de Importancia Relativa (IIR) de Pinkas *et al.* 1971, (modificado, *fide* Hyslop 1980). Este índice relaciona el porcentaje del número (N%), frecuencia de ocurrencia (F%) y peso (P%) del taxón presa i:

$$IIR_i = \log[(N_i\% + P_i\%) * F_i\% + 1]$$

donde: N es el número de presas de cada taxón en los estómagos de jurel; P es el peso,; F es la frecuencia de aparición. Tanto N como P y F son expresados en porcentaje.

4.5.2.2 Similitud trófica

La similitud trófica se estimó en base al índice de similitud de Czekanowski, o Bray-Curtis, también conocido como índice de similitud porcentual (Bloom, 1981):



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

donde: mín es el peso menor entre x_{ij} y x_{ik} ; x_{ij} denota la presencia del i -ésimo taxón presa en la j -ésima clase de tamaño del predador; x_{ik} denota la presencia del mismo taxón presa en la k -ésima clase de talla del predador; y n es el número total de taxa presas. Según Bloom (1981), este índice es el que mejor refleja la similitud entre grupos, sin sobrestimar ni subestimar la sobreposición, por lo que se considera más ventajoso en este tipo de estudios.

En los análisis sólo se consideraron los taxa de presas que aportaron con más del 1% en peso del contenido estomacal total. Para la construcción de los dendogramas se utilizó el criterio de enlace es el de pares no ponderados, utilizando promedios aritméticos (Sneath y Sokal, 1973). La significancia del agrupamiento se determinó mediante la metodología desarrollada por Arancibia (1988), que consiste en obtener el promedio de las similitudes entre pares de variables.

4.5.2.3 Ración diaria de alimento (RD) y relación consumo/biomasa (Q/B)

La ración diaria de alimento se determinó mediante la expresión propuesta por Diana (1979):

$$RD = \frac{W_p \times N_f}{TD \times N_t}$$

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_f



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 estimó según la expresión de Worobec (1984).

$$S_t = S_0 \times e^{-R \times TD}$$

quedando TD expresado como:

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

donde: S_t es el peso del taxón de presa al final del período de digestión, considerado arbitrariamente igual 2% 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 (R_{cr}) y peces pequeños (R_{pc}) como eufáusidos y peces linterna, se determinó mediante las siguientes expresiones:

Crustáceos pequeños, R_{cr} (Mehl y Westgard, 1983)

$$R_{cr} = 0,005 \times e^{0,2 \times T}$$

Peces pequeños, R_{pc} (Macpherson 1985)

$$R_{pc} = 0,0149 \times e^{0,1209 \times T}$$

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



4.5.2.4 Relación consumo/biomasa, Q/Bn

La relación consumo biomasa (Q/B) de jurel se determinó con la ecuación de Livingston *et al.* (1986), modificado de Mehl & Westgard (1983),

$$Q_{ijk} = DR_{ij} \times D_i \times P_{ijk} \times B_j$$

donde: Q_{ijk} es el consumo de la presa k por el predador j durante el período de estudio i , expresado en toneladas; B_j es la biomasa del predador j , en ton; DR_{ij} es la ración diaria (porcentaje respecto al peso del pez) del predador j en el período de estudio i ; D_i es el número de días que abarca el estudio; P_{ijk} es la proporción en peso de la presa consumida por el predador j durante el período de estudio i .

4.5.2.5 Índice de selectividad de presas por tamaño

El tamaño de las presas se determinó por medio del índice de selectividad de presas por tamaño, ISU, utilizado, por Ursin (1973)

$$U = \ln\left(\frac{w_i}{w_j}\right)$$

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

Esta relación logarítmica de los pesos representa el tamaño promedio entre el predador y su presa, y la desviación estándar es una medida relativa de la selectividad, siendo inversamente proporcional a ésta (Hahm y Langton, 1985).



4.5.2.6 Índice de selectividad de Chesson (1978)

La selectividad de las presas de acuerdo a la oferta ambiental se determinó mediante el índice de selectividad (α) de Chesson (1978). Este índice está basado en las abundancias relativas en el ambiente y en los estómagos, y se calculó de acuerdo a 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 , n_i la proporción en el ambiente de la misma especie i , el sufijo j a todas las especies y m es el número de ítemes utilizados en el análisis.

Para determinar la oferta ambiental disponible en cada lance de pesca se construyó un área circular cuyo radio corresponde a la distancia aproximada que un jurel recorre en medio día y cuyo centro es el lance de pesca, para ello se utilizó la expresión propuesta por Hunter (1971):

$$V = 22,4 * LH^{0,6}$$

donde V es la velocidad de desplazamiento en cm/s y LH es la longitud horquilla del individuo (cm).

La longitud utilizada para el cálculo de la velocidad de jurel se tomó del rango de tallas más representativo. La determinación de las abundancias relativas de cada sector circular se realizó utilizando solamente las estaciones zooplanctónicas que quedaron incluidas dentro de estas áreas circulares sectores. Para tener la certeza que las presas encontradas en el estómago del pez fueron ingeridas dentro de las



doce horas anteriores a su captura. Del mismo modo, sólo se consideraron los estómagos que presentaban el contenido en bajo proceso de digestión.

Finalmente, los lances de pesca se agruparon en cuadrantes latitud-longitud (Lat-Long), formándose celdas que contienen las abundancias en los estómagos y en el ambiente.

4.6 Fauna acompañante

Para la determinación de la fauna acompañante y sus proporciones en la pesca de identificación, se aplicó la siguiente metodología.

4.6.1 Pesca de identificación

La unidad de muestreo fue el lance de pesca con una red de arrastre a mediagua, efectuando un total de 26 lances de pesca en la zona de estudio, siendo el recurso jurel la principal especie capturada. En la **tabla 4**, se indica por embarcación la fecha, posición, duración del lance, captura de jurel y fauna acompañante registrada por lance de pesca. En cada lance de pesca se estimó la captura obtenida para el total y por especie (**Tabla 29 y 30**). Para ello, se utilizó una relación volumen/peso conocida o el pesaje individual cuando fue posible.



Tabla 4. Información de los lances de pesca realizados por el B/I “Abate Molina” y PAM “Líder” (mayo-junio 2002).

Lance	Barco	Fecha	Hora		Posición calado		Posición virado		Tiempo	Veloc.	Prof..	Captura	
			Calado	Virado	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud				Arrastre	Nudos
1	Líder	14-06-02	12:40	13:35	3244,25	7228,05	3268,33	7227,47	55	4,0	32		50,0
2	Líder	13-06-02	13:30	14:56	3258,20	7232,11	3303,68	7234,17	869	4,3	37,6	0,8	
3	Líder	12-06-02	14:40	16:00	3322,95	7236,50	3319,83	7233,70	80	4,1	44,5	25,0	12,0
4	A. Molina	30-05-02	00:05	01:05	3713,29	7544,08	3710,06	7542,24	60	4,1	10	96,8	2,5
5	A. Molina	01-06-02	08:17	08:51	3719,10	7620,85	3719,67	7619,21	34	3,6	43	78,3	7,0
6	A. Molina	30-05-02	05:20	05:50	3731,22	7545,43	3729,47	7545,34	30	3,6	31	195,1	6,0
7	A. Molina	01-06-02	21:44	22:35	3739,30	7531,64	3740,46	7528,33	51	3,7	45	16,3	9,5
8	A. Molina	03-06-02	21:12	22:00	3758,40	7640,82	3800,44	7637,58	48	4,1	16	247,5	11,3
9	A. Molina	16-06-02	19:30	19:40	3803,66	7523,22	3803,05	7523,30	10	3,54	45	1700,0	28,8
10	A. Molina	05-06-02	14:37	15:18	3819,62	7455,41	3820,07	7453,00	41	2,9	44	43,5	
11	A. Molina	06-06-02	00:26	01:10	3820,00	7537,61	3819,91	7534,50	44	3,5	42	440,0	18,0
12	A. Molina	16-06-02	06:34	07:41	3843,70	7534,90	3840,60	7535,70	67	3,4	61	2800,0	72,8
13	A. Molina	0-06-02	14:20	15:18	3907,35	7614,15	3904,80	7612,13	58	3,6	130	9,0	
14	A. Molina	14-06-02	05:19	06:19	3912,30	7522,50	3908,90	7522,50	60	3,5	50	318,0	68,3
15	A. Molina	10-06-02	01:10	01:45	3931,47	7440,94	3930,72	7441,56	35	3,1	99	11,75	8,8
16	A. Molina	14-06-02	23:22	00:02	3920,09	7337,37	3920,14	7340,46	40	3,8	19	34,50	14,8
17	A. Molina	13-06-02	11:23	12:15	3921,32	7724,46	3918,56	7723,63	52	3,5	140	533,5	3,5
18	A. Molina	14-06-02	10:42	11:12	3923,71	7501,85	3922,14	7502,52	30	3,5	67	0	
19	A. Molina	15-06-02	09:39	10:10	3940,07	7338,81	3940,06	7341,57	31	3,9	19	353,3	
20	A. Molina	15-06-02	21:54	22:10	3940,22	7323,55	3939,77	7522,41	16	3,5	110	6000,0	3,8
21	A. Molina	10-06-02	07:19	07:52	3940,63	7359,91	3938,93	7400,02	33	3,5	51	0	
22	A. Molina	10-06-02	18:50	19:24	3952,00	7338,30	3953,50	7340,20	34	3,2	14	190,8	1118,5
23	A. Molina	11-06-02	06:53	07:25	3956,20	7353,00	3954,20	7353,70	32	3,5	31	0	1530,0
24	A. Molina	11-06-02	23:34	00:07	4000,02	7532,51	3958,00	7532,45	33	3,7	145	3500,0	24,0
25	A. Molina	13-06-02	00:20	00:55	4002,58	7801,33	4000,68	7802,19	35	3,5	104	1388,8	22,0
26	A. Molina	12-06-02	17:59	18:31	4002,60	7718,60	3959,37	7718,06	32	3,5	91	623,6	4,5

Prof. R. Sup = Profundidad de la relinga superior



4.6.2 Reconocimiento y proporción fauna acompañante

Para determinar la fauna acompañante y sus proporciones en la pesca de identificación, se procedió a separar por especie todos los ejemplares presentes en la captura del lance. Se registró en cada uno de ellos su peso y longitud total o de horquilla según fue el caso y la longitud cefalotorácica en el caso de crustáceos.

La identificación se efectuó a través de uso de antecedentes bibliográficos (Pequeño 1971, Retamal 1981, Lamilla 1986, Ojeda y Avilés 1987, Pequeño y D'Ottone 1987, Mélenz y Meneses 1989, Kong y Mélenz 1991, Hulley, 1984, y Krefst, 1984). Cuando la identificación no fue posible a bordo, se tomaron fotografías y el espécimen se conservó en formalina al 10 % con la información correspondiente para su posterior identificación en tierra.

La estimación de la captura de cada especie en peso, se obtuvo mediante la aplicación del cociente entre el peso de la especie y peso total de la muestra, al estimado de captura total.

4.7 Condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio

A fin de determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio se aplicó la siguiente metodología.



4.7.1 Diseño general de muestreo

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

En cada una de las estaciones oceanográficas correspondientes al sector prospectado por el PAM “Líder” (sector norte), se obtuvo registros continuos de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (sigmat) y fluorescencia, desde la superficie hasta un máximo de 600 m de profundidad. Para lo anterior, se utilizó un CTDO SeaBird y un perfilador de fluorescencia. En el caso del B/I “Abate Molina” se obtuvo registros continuos de temperatura (°C), salinidad (psu) y fluorescencia, hasta un máximo de 600 m de profundidad con la ayuda de un CTD NEIL BROWN, modelo Mark III y un fluorómetro SEA TECH, ambos conectados a un sistema de muestreo automático tipo roseta GENERAL OCEANICS, con 12 botellas Niskin de 5 litros de capacidad.

Para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, se colectó muestras de agua de mar a profundidades discretas que corresponden a superficie, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 y 600 m. En el PAM “Líder” se utilizó botellas Nansen de 1,5 l de capacidad, mientras que en el B/I “Abate Molina” las muestras de agua se obtuvieron con botellas Niskin. En estaciones seleccionadas se colectó muestras de agua de mar; para el análisis de la concentración de clorofila-a por el método extractivo según lo reseñado en



Parsons *et al.* (1984), y análisis de salinidad para verificar el buen funcionamiento de las sondas oceanográficas utilizadas.

En 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. En estas estaciones no se obtuvo información de concentración de oxígeno disuelto y clorofila-a. Esta situación se registró sólo en 19 estaciones.

La **Tabla 5** resume el número de estaciones de muestreo realizadas durante el crucero.

Tabla 5. División operacional del área de estudio. Los números entre paréntesis indican el número total de transectas realizadas en cada sector.

Sector	Transectas	Límite	Estaciones	Latitud
		Oeste (mn)	de muestreo	Sur
Norte	1 a la 13 (13)	200	79	32°40' - 36°40'
Sur	14 a la 23 (10)	200	55	37°00' - 40°00'
Area Total	23	200	134	32°40' - 40°00'

El 91,1% de las estaciones oceanográficas programadas fueron efectivamente realizadas durante el crucero, aunque cabe mencionar que en algunas de ellas no pudieron ser evaluadas todas las variables hidrográficas.



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 el muestreo regular (mayo-junio 2002).

Transectas	Latitud	Longitud	Número de Estaciones	Fecha
Zona norte				
1	32°40	71°48 – 75°38	4	13-14/06/02
2	33°00	71°48 – 73°36	5	13/06/02
3	33°20	72°01 – 75°51	8	09-12/06/02
4	33°40	72°05 – 73°59	5	10-11/06/02
5	34°00	72°10 – 75°57	8	05-09/06/02
6	34°20	72°18 – 74°09	4	06-07/06/02
7	34°40	72°34 – 76°35	8	04-06/06/02
8	35°00	72°42 – 74°39	5	04-05/06/02
9	35°20	72°54 – 76°53	7	02-03/06/02
10	35°40	72°57 – 74°54	5	31/05-01/06/02
11	36°00	73°14 – 77°16	7	28-31/05/02
12	36°20	73°39 – 75°37	5	29-30/05/02
13	36°40	73°47 – 77°53	8	27-28/05/02
Zona sur				
14	37°00	73°45 – 75°45	5	29/05/02
15	37°20	73°36 – 77°39	7	03-17/06/02
16	37°40	74°04 – 76°06	5	01-02/06/02
17	38°00	73°35 – 77°41	3	03-16/06/02
18	38°20	73°24 – 75°22	5	05-06/06/02
19	38°40	73°20 – 77°25	5	06-07/06/02
20	39°00	73°29 – 75°29	4	07/06/02
21	39°20	73°48 – 78°00	8	13-15/06/02
22	39°40		8	10-15/06/02
23	40°00		8	11-13/06/02



4.7.2 Análisis de las muestras y de la información

La salinidad se determinó por medio de un salinómetro de laboratorio AUTOSAL de GUILDLINE y usando de agua de mar estándar IAPSO. 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 fluorométrica 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).

Con los datos oceanográficos validados se confeccionaron cartas de distribución de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y densidad, a nivel de superficie (5 m), y a las profundidades de 25, 50, 100, 200 y 400 m. Además, se confeccionaron cartas superficiales de clorofila-a (superficial e integrada en una columna de agua de 100 m. de profundidad).

El análisis vertical de las variables oceanográficas medidas en este trabajo se realizó a través de: a) secciones oceanográficas para cada una de las variables y en cada una de las 23 transectas realizadas y b) perfiles verticales promediados entre todas las estaciones que comprendieron cada una de las transectas.

Las masas de agua presentes en la zona de prospección fueron determinadas a través de la confección de diagramas TS.



Se calculó también, para cada una de las estaciones oceanográficas, la profundidad de la capa de mezcla de acuerdo a la metodología reseñada en Kara *et. al.* (2000). Esta metodología se basa en la determinación de gradientes térmicos y de densidad en el cálculo de la capa de mezcla, evitando las eventuales diferencias que surgen al estimar esta estructura vertical con valores de gradientes previamente establecidos.

En esta metodología se calcula la "profundidad del estrato isotermal (ILD)" a partir de perfiles verticales de temperatura la que es contrastada con la "profundidad de mezcla (MLD)" estimada a partir de perfiles individuales de densidad, para cada una de las estaciones oceanográficas realizadas. Estas dos variables (ILD y MLD) se estiman utilizando diferentes valores de gradientes verticales (en este caso, 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 y 0,8), estimándose un valor de gradiente óptimo, determinado por la mejor correlación en la dispersión de puntos obtenida al graficar ILD versus MLD. La profundidad de la capa de mezcla se establece como el MLD que es estimado a partir de este gradiente óptimo.

4.7.3 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, altura y dirección de las olas. Se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).

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

Se efectuó un análisis espacial de la distribución y abundancia de jurel y las variables oceanográficas registradas a partir de la información generada en el crucero de



prospección. La información comprende la prospección acústica con el valor de densidad del recurso y los registros de las estaciones bio-oceanográficas temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), oxígeno (ml/L), densidad (σ_t), clorofila integrada (mg/m^2), eufáusidos y copépodos (ind/m^3) y capa de dispersión profunda.

4.7.4.1 Análisis cartográfico entre la distribución del jurel y las variables oceanográficas

Procesamiento de la información

Para cada variable, antes mencionadas, se generaron archivos vectoriales compatibles con los Sistemas de Información Geográfico IDRISI for Windows (Eastman, 1995) y TNTmips (Microimages, 1997). Para realizar una descripción espacial de las variables acústicas y bio-oceanográficas se configuraron imágenes 2D, en los diferentes planos horizontales indicados en la **Tabla 7**.

La generación de imágenes implicó realizar previamente la georreferenciación de la costa y de la zona de estudio. Luego se crearon los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplaron, para cada variable, la georreferencia con sus respectivos datos. Posteriormente, se realizaron las interpolaciones, a través del método de Kriging.

**Tabla 7.** Variables empleadas en el análisis cartográfico y tipo de datos

VARIABLES	TIPO DATOS	PLANOS HORIZONTALES POR RANGOS DE PROFUNDIDAD
Densidad del jurel (t/mn ²)	integrado	en cuatro planos: 1ª: superficie a 50 m 2ª: 51 a 100 m 3ª: 101 a 150 m 4ª: 151 a 200 m
Temperatura (°C)	puntual	en cuatro planos: 1ª: 5 m (superficial) 2ª: 50 m 3ª: 100 m 4ª: 150 m
Salinidad (psu)	puntual	en cuatro planos: 1ª: 5 m (superficial) 2ª: 50 m 3ª: 100 m 4ª: 150 m
Oxígeno (ml/L)	puntual	en cuatro planos: 1ª: 5 m (superficial) 2ª: 50 m 3ª: 100 m 4ª: 150 m
Densidad (σ_t)	puntual	en cuatro planos: 1ª: 5 m (superficial) 2ª: 50 m 3ª: 100 m 4ª: 150 m
Clorofila (mg/m ²)	integrado en la columna de agua	1 a 100m
Eufáusidos (ind./1000 ³)	integrado en la columna de agua	1 a 100 m
Copépodos (ind./1000 ³)	integrado en la columna de agua	1 a 100 m
Capa de dispersión profunda	Integrado	

Con el propósito de relacionar y superponer diferentes imágenes es necesario que éstas tengan la misma escala espacial, resolución y cobertura geográfica. Con el módulo RESAMPLE del SIG se generaron en rasters, imágenes que tenían la misma



cantidad de filas y columnas. De esta manera se crearon cartografías en rasters de 210 columnas (en el sentido E-W) y 270 filas (en el sentido N-S).

Por último, para facilitar el análisis visual, las imágenes fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asociaron a diferentes colores. Para ello se utilizaron dos módulos: **a)** módulo HISTOGRAM, que permitió conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas, y **b)** módulo RECLASS, que permitió reclasificar los valores de las celdas de una imagen.

4.7.4.2 Análisis de las relaciones entre la distribución de jurel y las variables oceanográficas

a) Análisis integrado

Con el SIG mencionado y para detectar la posible asociación entre la distribución del jurel y las variables bio-oceanográficas, se emplearon los siguientes enfoques: **a)** se efectuó un análisis espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las asociaciones a través de tablas de crostabulación, entre los planos de densidad del jurel y las variables ambientales, **b)** se determinaron rangos óptimos de preferencia de la especie en relación dichos parámetros y **c)** se estimó la señal latitudinal del jurel respecto de las variables bio-oceanográficas.

a) Análisis cartográfico entre la distribución del jurel y las variables ambientales

Para establecer las relaciones entre estas variables, se realizó un análisis entre la distribución de las especies y de las variables bio-oceanográficas, para tal efecto se realizaron asociaciones entre los planos de densidad del jurel y las variables



ambientales a través de la estimación del índice V de Cramer (este coeficiente va desde 0, independencia completa, hasta 1, dependencia completa).

b) Determinación de rangos de preferencial de la especie en relación a parámetros bio-oceanográficos

Para determinar los rangos de preferencia de la especie en relación a las variables oceanográficas, se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de la especie con respecto a dichas variables mediante tablas de crostabulación. Con lo anterior, también se determinaron rangos óptimos de preferencia de la especie en relación dichos parámetros ambientales.

c) Análisis de la señal latitudinal

Para contrastar la hipótesis de que la distribución y abundancia del jurel se encuentra asociada a ciertas estructuras (por ejemplo surgencias, zona de bordes térmicos), se estimó la señal latitudinal de las variables hidrográficas conservativas y la densidad del jurel expresados en Sa o IBM. Para tal efecto se utilizó la metodología propuesta por (Castillo *et al.*, 2000; Córdova *et al.*, 2001) creándose una grilla con una resolución de 2 mn latitudinal y 50 mn longitudinal. Generándose tres señales: la primera denominada costera y situada entre la costa y 50 mn, la segunda llamada intermedia posicionada entre los 51 y los 100 mn y una tercera situada al oeste de las 101 mn y se denomina oceánica. Asimismo, se estimaron los gradientes térmicos y salinos longitudinales, calculándose el diferencial entre píxeles vecinos mediante los comandos del SIG.

d) Relaciones funcionales entre la distribución del jurel y las variables bio-oceanográficas



Relaciones entre la distribución y abundancia del recurso jurel y las variables hidrológicas conservativas (temperatura y salinidad) y sus gradientes se efectuó a través de modelos de regresión. La prueba de la hipótesis se realizó mediante modelos de regresión utilizándose el software estadístico STATISTICA, cabe señalar que dicha metodología es similar a la propuesta por Power y May (1991) y Reddy *et al.*, (1995) y empleada por Yáñez *et al.*, (1996) en la pesquería pelágica de San Antonio y Barría *et al.*, (2000) en la pesquería de jurel en Chile.



5. RESULTADOS

5.1 Distribución espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio

5.1.1 Calibración electroacústica

Los resultados de las calibraciones electroacústicas efectuadas a bordo del B/I “Abate Molina”, así como la correspondiente al PAM “Líder” se resumen en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y Sv (Coeficiente de dispersión volumétrica) 38 Khz .

LUGAR	FECHA	BARCO	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	A. Molina	27,1	28,2	28,5	27,5	28,2	28,8
I. STA MARÍA	27/11/91	A. Molina	26,9	28,0	28,1	27,1	27,8	28,4
QUINTERO	21/10/92	A. Molina	26,9	27,9	28,1	27,0	27,5	27,9
VALPARAÍSO	20/06/93	A. Molina	26,8	27,9	27,9	26,9	27,5	27,6
VALPARAÍSO	09/11/93	A. Molina	26,5	27,2	27,4	26,9	27,2	27,6
VALPARAÍSO	13/07/94	A. Molina	25,7	26,5	26,5	25,8	26,3	26,7
TALCAHUANO	21/08/94	A. Molina	26,0	26,7	26,7	25,9	26,7	
VALPARAÍSO	18/04/97	A. Molina	26,8	27,5	27,6	27,3	27,7	27,8
VALPARAÍSO	29/12/97	A. Molina	26,8	27,7	27,7	27,2	27,5	27,9
VALPARAÍSO	21/11/98	A. Molina	26,9	27,4	27,2	27,1	27,2	27,3
TALCAHUANO	15/05/99	A. Molina	27,0	27,8	27,6	27,2	27,7	27,7
VALPARAÍSO	16/05/00	A. Molina	26,5	27,6	28,2	26,8	27,4	27,9
TALCAHUANO	29/05/00	Ventisquero	26,4	27,2	27,6	26,3	27,1	28,0
TALCAHUANO	18/05/01	A. Molina	26,5	27,7	28,3	26,8	27,5	27,9
TALCAHUANO	04/06/01	Don Julio	26,3	27,5	28,4	26,7	27,3	28,0
TALCAHUANO [†]	04/06/01	Líder		26,7			26,7	
VALPARAÍSO	24/04/02	A. Molina	26,6	27,8	28,2	26,9	27,6	27,9
TALCAHUANO [†]	26/05/02	Líder		26,8			26,8	
VALOR PROMEDIO			27,5	27,8	27,8	26,9	27,4	27,8
DESVIACIÓN			0,77	0,46	0,57	0,43	0,42	0,43

[†] Sólo se calibró longitud de pulso de trabajo.



La ganancia del transductor en la frecuencia de trabajo (38 KHz), tanto para TS y Sv, indica estabilidad en los valores a lo largo del tiempo en los distintos equipos utilizados en la evaluación, lo cual se explica por una buena performance del sistema y la estabilidad que presenta el blanco (esfera de 60 mm de diámetro) durante la calibración, frente a movimientos del barco producidos por condiciones de viento, mar y corrientes.

El análisis estadístico realizado mediante la aplicación del test “t” students para datos pareados, a los valores de ganancias del transductor a distintas longitudes de pulso, indica que las diferencia observadas 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 KHz

	GANANCIA TRANS TS			GANANCIA TRANS SV		
	Longitud de pulso (mseg)					
	CORTO	MEDIO	LARGO	CORTO	MEDIO	LARGO
T (OBSERVADO)	0,60	0,70	0,53	0,40	0,50	0,36
T (CRÍTICO; 95%)	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13

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 asegura que un posible error por este concepto en el estimado de abundancia es mínimo.



5.1.2 Descripción de estructuras espaciales en la información acústica

El recurso no estuvo presente en toda la zona de estudio, al concentrarse principalmente las agregaciones de jurel entre el sur de Constitución y Corral, desde las 5 a 200 millas de la costa (**Fig. 3**). Hacia el norte, el recurso estuvo muy ligado a la costa, no sobrepasando las 50 mn a la cuadra de Valparaíso. El sector noroeste del área de estudio, donde se observó ausencia de registros acústicos tanto para jurel y otras especies, así como del plancton, presentó su máxima extensión (20 mn de la costa). Este sector que ha sido observado de forma recurrente desde 1998, se ha caracterizado por el predominio de aguas cálidas y ausencia absoluta de recurso, constituyendo un patrón característico en la evaluación acústica de jurel en la zona centro-sur.

La distribución espacial del recurso no presentó zonas de alta concentración sino más bien zonas con niveles de densidad relativamente homogéneas, siendo comparable este tipo de distribución con lo registrado durante el 2001. Sin embargo, al comparar los valores de densidad registrados en los distintos años, se observa una fuerte disminución de las densidades medias acústicas desde 118 a 40 t/mn².

En este sentido, la zona de abundancia fue amplia y se ubicó entre el sur de Talcahuano (37° LS) y Corral (40° LS), desde 45 a 200 mn de la costa (**Fig. 3**). En las cercanías de su límite longitudinal (200 mn) al sur del área de estudio, se observa un incremento de los niveles de densidad acústica, indicando con ello, una tendencia a continuar la distribución hacia el sector oceánico, lo cual sugiere que una fracción del recurso no estuvo en la zona de evaluación.



5.1.2.1 Índice de presencia (IC) y densidad (ID)

El índice presencia (IC) y densidad (ID) en la zona de estudio fue de 19,62% y 140,59 t/mn², respectivamente. Valores que comparados con los registrados entre 1999 y el año 2001, muestran de manera clara un fuerte cambio en el uso del espacio que hace el jurel en la zona de estudio. Es así que, entre 1999 y 2001, la distribución espacial de jurel mostró un aumento en la cobertura espacial (26,66; 23,78 y 31,47%), mientras que el índice de densidad se incrementó desde 185,32, 268,51 y 271,09 t/mn², indicando un aumento en la biomasa disponible entre estos años. En este sentido, la disminución en el índice de cobertura y densidad durante la prospección sugieren un decremento en la disponibilidad de jurel en el área de estudio.

5.1.2.2 Número de cardúmenes por milla recorrida

El número de cardúmenes por milla recorrida expresado en porcentaje, para el crucero y anteriores evaluaciones realizadas durante el invierno en la zona de estudio, se presentan en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Frecuencia de presencia de cardúmenes (en %) por milla recorrida por crucero.

AÑOS	NÚMERO DE CARDÚMENES POR 1 MN (%)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1991	79,4	16,5	4,0					
1992	60,4	26,4	10,4	1,9	0,9			
1993	90,6	8,5	0,8					
1994	80,2	12,8	4,6	1,7	0,5			
1997	52,3	25,4	11,5	5,5	2,6	2,0	0,3	0,2
1998	63,2	22,1	9,5	2,2	2,2	0,7		
1999	69,5	20,9	6,4	2,5	0,6			
2000	70,8	17,4	10,0	13,0	0,4			
2001	71,4	25,98	2,7					
2002	93,1	6,9						



El comportamiento de este índice a través de los años, muestra un importante cambio en el nivel de agregación del jurel (cardúmenes) asociado fuertemente a variaciones del medio ambiente, al registrarse el número mayor de cardúmenes por milla recorrida (5 y 8) en los años donde se observan anomalías térmicas superficiales positivas (1,6 y 2,5 °C). Es así que a partir de 1997, año en el cual la zona de estudio estuvo bajo un régimen de evento “El Niño” de carácter intenso, se observa la disminución de la temperatura a partir de 1998, con anomalías de temperaturas negativas hasta el 2001, registrando este año el valor más intenso de la serie 1997-2001, con un valor de 1,2°C para la zona donde se concentró el recurso. En este sentido el número de cardúmenes por millas disminuyó y la frecuencia de 1 cardumen por milla aumentó considerablemente.

5.1.2.3 Correlogramas

El análisis de los correlogramas por transectas muestra rangos muy distintos para los tamaños de las macroestructuras; en la zona norte (2) y sur (16) (**Fig 5**). Diferencias que son explicadas por el tipo de distribución espacial presente en el área de estudio, al registrar el sector sur densidad de jurel bastante homogénea que generaron extensas zonas de distribución, con macroestructuras de mayor tamaño respecto al sector norte en el área de estudio. Situación que ha sido observada en los sectores centro durante 1997 (12) y 2000 (14), así como en el sur para 1998 (9), 1999 (9) y 2001 (8).

5.1.2.4 Variogramas

El análisis de la información mediante el uso de técnica de geoestadística, indica que la distribución espacial del jurel no fue isotrópica, al presentar una tendencia en los registros acústicos en la dirección este–oeste.



Se ajustó al variograma (este-oeste) un modelo esférico tanto para el sector costero como oceánico, donde el 35,1 y 23,4% de la varianza, es explicado por un efecto “pepita”, estabilizándose la varianza a una distancia de 3 millas náuticas (**Fig. 6**). Este comportamiento del variograma indica la presencia de macroestructuras en la zona de estudio, en tanto, la presencia del efecto “pepita”, se explicaría por la aparición de microestructuras o errores de medición menores al intervalo básico de muestreo.

5.1.3 Distribución geográfica del recurso

El recurso presentó el patrón de distribución característico observado en anteriores evaluaciones hidroacústicas realizadas en la zona, con agregaciones alargadas y distribuidas en sentido latitudinal y paralelas a la costa. El recurso jurel se detectó principalmente entre el sur de Constitución al extremo sur de la zona de estudio, hacia el norte su presencia menor y bastante costera, con la absoluta ausencia de agregaciones desde la costa y las 200 mn, al noroeste de Constitución

En la zona no se identifican sectores definidos de alta densidad (**Fig. 3**), siendo lo característico para este año valores relativamente similares en toda la zona prospectada. En este sentido el recurso se localizó principalmente desde Talcahuano a norte de Corral, concentrándose en esta área el 90,60 % de la biomasa total estimada para la zona de estudio.

En este sentido el recurso se ubicó principalmente desde Punta Nugurne (36°LS) a Corral (40°LS), observando su presencia en sectores localizados a: 130 mn frente a Punta Nugurne; 50 a 90 mn desde Bahía Carnero (37°20'LS) a Puerto Saavedra (38°30'LS); 170 a 190 mn desde Pto Saavedra a Corral, y 100 y 25 mn a la cuadra de Corral.



Hacia el sector sur del área de estudio y hacia las 200 millas de la costa, las concentraciones detectadas de jurel sugieren que una fracción de las agregaciones de jurel no fue cubierta por la prospección (**Fig. 3**).

En este sentido, las agregaciones detectadas en la zona de estudio estuvieron asociadas a bajos niveles de densidad ($37,20 \text{ t/mn}^2$) si se compara con lo registrado el 2001 ($113,42 \text{ t/mn}^2$). Es así que, las agregaciones de jurel no constituyeron zonas de pesca claramente definidas, dado los antecedentes de operación de la flota durante el periodo de ejecución del crucero, que reportaron la detección de zonas con ambiente de pesca sólo desde Pto. Lebu al sur, con niveles de densidad menores a los observados en zona de pesca habituales, siendo el número de áreas de trabajo de la flota bastante reducida (Pto. Saavedra a Corral). Tales apreciaciones se confirmaron con la información entregada por los capitanes de pesca del PAM “Malleco” y “Libac”, para el período del crucero, así como de los Jefes de flota, con posterioridad al crucero.

El patrón de distribución espacial del jurel durante este año, se corresponde con lo observado desde 1997 al 2000, en cuanto a la ausencia total de agregaciones en el sector noroeste donde se detecta recurrentemente la intrusión de aguas cálidas de procedente del área oceánica. En este sentido, la distribución espacial de este año es similar a la registrada durante 1998, al concentrarse en ambas sobre el 90% de la abundancia entre Talcahuano y Corral, con presencia esporádica hacia el sector norte, a la cuadra de Valparaíso. Lo anterior, difiere de los otros años, donde el recurso ha presentado una distribución más amplia en la zona de estudio.



5.1.4 Distribución batimétrica del recurso

La información batimétrica se agrupó de acuerdo a las zonas usadas en el análisis oceanográfico, a fin de facilitar el análisis integrado posterior. En general el jurel se ubicó entre los 10 a 210 m de profundidad, con un 60,17% de las agregaciones entre 10 a 100 m (**Fig. 7e**), indicando una distribución más profunda respecto a los años 2000 y 2001, donde el 90,00 y 81,00% % del recurso se ubicó en los primeros 100 m de profundidad. La distribución en profundidad fue bimodal, a diferencia de lo observado en el 2000 y 2001, donde se registraron distribuciones unimodales.

En el sector norte, el recurso se ubicó en superficie entre 20 y 100 m de profundidad desde Horcón a San Antonio, concentrándose las altas densidades entre 20 y 60 m de profundidad. En el sector oceánico la presencia de jurel fue nula con sólo dos agregaciones aisladas (**Figs. 7a y b**).

En el sector sur, la distribución batimétrica fue más amplia al detectarse las agregaciones desde la superficie hasta los 210 m, tanto en la costa como en el océano (**Figs. 7c y d**). En este último sector, el jurel se registró ha profundidades mayores que van desde 80 a 210 m, a diferencia de lo observado en la costa, donde el recurso se mantuvo en todo su intervalo de distribución batimétrica. Las abundancias sobre 300 t/mn² fueron más importantes en el sector costero, ubicándose entre los 40 a 140 m de profundidad, alcanzando mayor profundidad que lo registrado en el sector norte.

En general, de norte a sur se observa una tendencia del recurso a profundizarse en el sector costero y oceánico, situación que es recurrente en las prospecciones realizadas desde 1997, 1999, 2000 y 2001, registrando este año una participación mayor hacia valor mayores de profundidad con una marcada bi-modalidad en la distribución batimétrica del recurso.



Este tipo de distribución, indica que durante el día el 48,71% de las agregaciones de jurel, estuvieron accesibles al arte de pesca de cerco, al ubicarse entre la superficie y los 80 m de profundidad. Porcentaje que indica que se mantiene el quiebre observado en el 2001, en cuanto a una tendencia al incremento de las agregaciones en superficie observadas durante 1998 (42,30%), 1999 (69,81%), 2000 (73,33%), 2001(59,50%).

5.2 Biomasa total del recurso jurel

5.2.1 Constante de ecointegración ($t \cdot mn^{-2} \cdot Sa^{-1}$)

La constante de ecointegración fue determinada a partir de la aplicación de la relación $TS = 20,11 \cdot \text{Log}(L) - 68,67$ (Córdova *et al.*, 1997), y el valor central (mediana) desde la distribución de tallas ponderadas por captura por tiempo de arrastre y densidad acústica.

La evaluación a la talla al 50% (mediana), de la regresión TS-longitud y la relación longitud peso establecida en el crucero, permitió determinar un TS de $-39,71$ dB y un peso a la talla de 207,516 g. A partir de estos resultados se calculó una constante de ecointegración de $0,1547 (t \cdot mn^{-2} \cdot Sa^{-1})$, la cual es mayor en un 7,4 % respecto al valor determinado en el 2001 ($0,144 t \cdot mn^{-2} \cdot Sa^{-1}$). Aumento que se explica por una mayor talla este año, producto de un mayor número de ejemplares de jurel entre 25 a 27 cm en la zona de estudio.



5.2.2 Biomasa total de jurel

La biomasa de jurel estimada para la zona de estudio, aplicando los métodos de Estrato agrupado (Volter 1985) y de Geoestadístico (Petitgas, 1991) se entregan en la **Tabla 11**.

Tabla 11 Biomasa y densidad de jurel estimada por dos distintos métodos (mayo-junio 2002)

MÉTODO	AREA (MN ²)	BIOMASA (T)	DENSIDAD (T/MN ²)
AGRUPADO (1985)	67.453	1.980.000	29,35
PETITGAS (1991)	53.496	1.990.000	37,20

La biomasa estimada por ambos métodos no presenta diferencia relevante entre ellas.

Biomasa de jurel a la talla

La biomasa numérica y en peso a la talla obtenida a partir del estimado de abundancia acústico, se entrega en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Abundancia en número y en peso a la talla de jurel (mayo-junio 2002).

Talla (cm)	Frecuencia Numérica	Peso (g)	Frecuencia porcentual	Abundancia numérica	Abundancia en toneladas
19	39	65,45	0,09	7.141.709	467
20	147	76,54	0,41	33.706.383	2.580
21	105	88,82	0,45	37.228.423	3.307
22	50	102,37	0,28	22.857.015	2.340
23	70	117,24	0,68	55.988.987	6.564
24	202	133,49	3,91	322.601.033	43.064
25	418	151,19	8,30	683.933.690	103.407
26	641	170,41	12,36	1.019.117.120	173.670
27	650	191,21	15,66	1.290.834.420	246.817
28	392	213,64	14,90	1.228.865.253	262.539
29	220	237,79	7,57	624.239.708	148.435
30	180	263,70	10,81	891.617.608	235.116

Cont.1



Continuación Tabla 12

31	119	291,44	8,03	661.674.479	192.838
32	98	321,08	5,25	432.651.117	138.916
33	74	352,68	1,84	151.349.772	53.379
34	61	386,31	2,91	239.831.989	92.650
35	62	422,03	0,89	73.286.533	30.929
36	61	459,91	0,79	65.453.739	30.103
37	86	500,00	2,29	188.761.264	94.381
38	64	542,39	1,00	82.860.960	44.943
39	48	587,12	0,75	62.183.520	36.509
40	29	634,26	0,36	29.758.960	18.875
41	22	683,89	0,27	22.535.596	15.412
42	16	736,06	0,15	12.118.330	8.920
43	3	790,84	0,02	1.522.429	1.210
44	4	848,30	0,02	1.852.909	1.572
45	1	908,50	0,00	19.351	18
46	2	971,51	0,01	931.738	905
47					
48	1	1106,21	0,00	84.534	94
49					
50	2	1252,92	0,00	38.702	48
Total	3.867		1,0	8.245.047.272	1.990.000

Los resultados alcanzados indican para este año una disminución importante en la biomasa y número total de ejemplares en la zona de estudio. Sin embargo, el porcentaje bajo la talla mínima legal (26 cm) de 14,11 % en número y 8,13 % en peso, indica que nuevamente reaparece la tendencia a disminuir los ejemplares bajo la talla mínima observada desde 1998 al 2000, donde el porcentaje para la abundancia numérica fue de 79,54, 63,13 y 16,44%, en tanto para el peso, esta reducción es mayor con valores de 68,09, 43,41 y 11,47% para el mismo período.

Este año, el número total de individuos ($8,24E+09$) representa un fuerte decremento respecto al 2001, donde la abundancia numérica total fue de $3,10E+10$. Decremento numérico de un 73,62% que explica en gran parte el estimado de biomasa alcanzado en la evaluación del 2002. Asimismo, en el crucero se registra una presencia fuerte de ejemplares sobre 37 cm, siendo sólo comparable con lo registrado en 1999. Año en cual la zona de estudio estuvo bajo un régimen oceanográfico "La Niña".



5.2.2.1 Composición por tamaño

La distribución de talla registrada en el Crucero se presenta en la **figura 8f**. Se muestreó ejemplares de jurel entre 19 a 50 cm de longitud horquilla, concentrando el 99,87% de los individuos entre los 20 a 45 cm (3 a 6 años). A diferencia de lo registrado en el 2001, donde el 99,33% de los individuos se ubicó entre los 20 a 35 cm.

La estructura de talla presenta una moda principal en 27 cm y una moda secundaria moderada en 20 cm, observando un desplazamiento de la primera de ella respecto a la registrada durante el 2000 y 2001 (26 cm), en tanto la segunda está dentro de lo registrado con posterioridad al evento “El Niño 97”. Esta distribución se asemeja a lo observado en el 2001, donde los ejemplares entre 25 a 30 cm sustentaron el alto volumen de biomasa estimada, sin embargo la estructura de talla presenta una merma de ejemplares pequeños (20 a 24 cm), conjuntamente con un incremento de las tallas 28 a 40 cm, lo que indica una mayor amplitud en el intervalo de tallas del stock de jurel disponible en la zona de estudio.

Luego, el número de ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm (26,66%) y de individuos bajo los 32 cm (83,60%), disminuyó respecto al 2001, donde se registró valores de 41,23% para la talla mínima y de 96,88% para talla de primera madurez (**Fig. 8e**).

El análisis estadístico de Chi Cuadrado aplicado a las distribuciones de talla del sector norte y sur del área del estudio, indican que no es posible rechazar la hipótesis nula de igualdad a un 95% de confianza, al determinar valor de χ calculado (42,4) inferior al χ de tabla (43,8), a un 95% de confianza. Razón por lo cual se válida la estructura única de talla determinada en el estudio.



5.2.2.2 Relación longitud-peso

En atención a que la información fue colectada en distintas embarcaciones, las regresiones establecidas en cada una de ellas fueron analizadas (**Tabla 13**), aplicando una d6cima de comparaci6n para varias relaciones lineales simult6neas, estableciendo la no existencia de diferencias significativas entre s6, al obtener un F calculado (0,99) inferior al F cr6tico de tabla (3,69) con un 95% de confianza. Resultado que permite refundir la informaci6n en una sola base de datos para la zona prospectada.

Tabla 13. Par6metros y estadística b6sica de la relaci6n $w=a*Lb$ para B/I "Abate Molina" y PAM "L6der" (mayo-junio 2002).

	L6DER	ABATE MOLINA
N6 de observaciones	35	998
LOG (K)	-1,80768	-2.09178
A	0,01557	0.00810
B	2,87338	3.05465
ERROR EST. (LOGK)	0,19785	0,01725
ERROR EST. B	0,13705	0,01167
R2	0,93	0,98

En este sentido, en la **tabla 14** se presentan los par6metros y estadística de las regresiones lineales longitud-peso y los par6metros resultantes para las funciones de crecimiento asim6trico, calculados para la zona de estudio. La **figura 9** grafica los datos utilizados con sus modelos correspondientes. En ella se observa que el modelo describe adecuadamente la relaci6n longitud-peso.



Tabla 14. Parámetros y estadística básica de la relación $w=a*Lb$ para la zona de estudio (mayo–junio 2002)

	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL
Nº de observaciones	506	527	1033
LOG (K)	-2,11305	-2,06928	-2,08550
A	0,00770	0,00852	0,00821
B	3,07184	3,03795	3,05092
ERROR EST. (LOGK)	0,02468	0,02397	0,01718
ERROR EST. B	0,01682	0,01615	0,01164
R2	0,98	0,98	0,98

La aplicación de la prueba de F, permite ratificar que no existe evidencia suficiente para suponer que las regresiones de machos y hembras difieren entre sí, al determinar un F calculado de 2,11 y de tabla de 3,69.

La no existencia de diferencias en las tasas de crecimiento en peso por sexo, permite determinar una constante de eointegración general para la cuantificación de jurel.

5.2.2.3 Clave edad – talla

La aplicación del test de Smirnov a la composición de tallas de los muestreos realizado en el crucero y los obtenidos en la flota cerquera de la VIII Región, indica que ambas distribuciones son distintas al obtener un “D” (0,31) superior al “d” (0,0247) de tabla o crítico a un 95 % de confianza. Luego se determinó la clave talla - edad para el crucero (**Tabla 15**), a partir de la lectura de 254 otolitos seleccionados desde un total de 580 otolitos recolectados en 26 lances de pesca con captura de jurel.



La composición de ejemplares por grupo de edad estuvo formada por 13 grupos, siendo los principales el IV, V y VI que participan con un 35,62; 17,47 y 18,08%, respectivamente. La edad IV se mantiene como grupo principal para el período 2000-2002, sin embargo, este año su aporte disminuye (35,62%) respecto del 2000 (44,7%) y 2001 (42,2%).

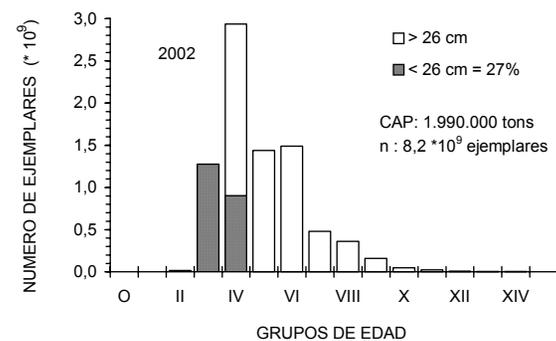
Se confirma la escasa participación de grupos de edades mayores observada en años anteriores, que es evidente también en las capturas de la flota industrial de la pesquería centro-sur del país. Asimismo, el número de ejemplares juveniles representados por el grupo de edad III y menores, se presenta disminuido (15,49%) respecto al 2001 (19,2%).

En general se observa un fuerte descenso del número de ejemplares respecto al 2001, cercano al 25 %.



Tabla 15 Composición en número (millones de ejemplares) por grupo de edad en la biomasa estimada (mayo-junio 2002).

TALLAS (cm)	FREC. (Millones)	GRUPOS DE EDAD															
		O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19	83,15			16,63	66,52												
20	313,43				313,43												
21	223,88				201,49	22,39											
22	106,61				95,95	10,66											
23	149,25				74,63	74,63											
24	430,70				129,21	301,49											
25	891,24				396,11	495,13											
26	1.366,71					1.230,04	136,67										
27	1.385,90					755,95	503,96	125,99									
28	835,81						417,90	417,90									
29	469,07						46,91	140,72	281,44								
30	383,79							153,52	153,52	76,76							
31	253,73							50,75	202,98								
32	208,95							20,90	146,27	41,79							
33	157,78							15,78	78,89	63,11							
34	130,06								39,02	65,03	26,01						





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Cont.' Tabla 15

35	132,19					26,44	52,88	52,88										
36	130,06						78,04	39,02	13,01									
37	183,37					18,34	36,67	128,36										
38	136,46						54,58	27,29	54,58									
39	102,34						11,37	56,86	22,74	11,37								
40	61,83							20,61	27,48	13,74								
41	46,91							5,21	26,06	10,42	5,21							
42	34,11							3,79	11,37	7,58	7,58	3,79						
43	6,40								0,80	3,20	2,40							
44	8,53								1,90	1,90	1,90	1,90	0,95					
45	2,13										1,07	1,07						
46	4,26										4,26							
47																		
48	2,13										1,07		1,07					
49																		
50	4,26										2,13			2,13				
51																		
TOTAL	8.245,05					16,63	1.277,33	2.937,19	1.440,19	1.490,78	480,23	360,03	157,94	48,21	25,62	6,75	2,01	2,13
%	100,00					0,20	15,49	35,62	17,47	18,08	5,82	4,37	1,92	0,58	0,31	0,08	0,02	0,03
L.PR.(cm)	27,8					19,0	22,4	25,8	28,0	29,8	34,3	37,1	39,2	40,7	43,7	43,0	46,1	50,0
VARIANZA	20,698						4,713	1,419	2,077	4,49	6,81	3,061	2,907	1,883	7,413	1,472	3,986	
PESO	323,1					65,451	128,786	173,776	225,014	284,273	443,664	525,257	619,859	681,873	899,626	805,751	1016,77	1252,92
PESO (ton)	1.990.000					1.089	164.501	510.412	324.063	423.789	213.062	189.106	97.900	32.873	23.044	5.440	2.047	2.671
%	100,00					0,05	8,27	25,65	16,28	21,30	10,71	9,50	4,92	1,65	1,16	0,27	0,10	0,13
VAR (Nº)	5,11E+15					1,30E+1	3,18E+1	1,01E+1	9,41E+1	5,02E+1	7,01E+1	3,09E+1	1,23E+1	3,09E+1	8,32E+1	2,00E+1	3,39E+1	6,82E+1
CV (Nº)	0,00867					0,6855	0,1396	0,1084	0,2131	0,1503	0,1743	0,1545	0,2224	0,3647	0,3561	0,6623	0,9148	1,2245



5.2.2.4 Varianza de la biomasa total

A fin de comparar los métodos utilizados en la cuantificación, se determinó el coeficiente de variación (CV) por cuanto estandariza la varianza registrada en un grupo de datos, permitiendo evaluar los diferentes estimadores de varianza aplicados en el estudio.

La varianza por si sola, no es posible de aplicar, por cuanto sólo representa la dispersión dentro de un grupo de datos, no siendo correcto su uso. Luego, se entrega la varianza de manera referencial,

Los estimados de varianza, coeficientes de variación y error del estimado, obtenidos mediante la aplicación de los diferentes métodos propuestos se entregan en la Tabla 16.

Tabla 16. Varianza, coeficiente de variación y error de los estimados de biomasa de jurel

MÉTODO	VARIANZA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	PORCENTAJE DE ERROR (%)
CONGLOMERADO	4,556*10 ¹¹	34,10	56,09
ESTRATO AGRUPADO	6,203*10 ¹⁰	12,45	20,54
BOOTSTRAP	1,072*10 ¹¹	16,45	27,06
GEOESTADÍSTICO	3,552*10 ¹⁰	9,28	15,26



El método geoestadístico presenta el coeficiente de variación más bajo (9,28%), indicando con ello una mayor precisión para el estimado de abundancia en la zona de estudio.

5.2.2.5 Varianza de la biomasa a la talla

En la tabla 17, se resume las varianzas y coeficiente de variación de la abundancia en número y peso por talla de jurel.

Los resultados de entregados en esta tabla, muestran coeficientes de variación entre 0,13 a 0,99, ubicándose la mayor precisión en el rango donde se registran las mayores frecuencias de tallas de jurel (24 a 31 cm). Este comportamiento del coeficiente de variación por talla, corresponde a lo esperado desde un punto de visto teórico, razón por lo cual, se valida la estimación de la variabilidad para la abundancia en número y peso de los ejemplares por talla de jurel.



Tabla 17. Varianza de la abundancia numérica y en peso a la talla de jurel. (mayo-junio 2002)

Talla (cm)	Frecuencia Numérica	Varianza Abundancia numérica	Coefficiente de Variación	Varianza Abundancia en peso	Coefficiente de Variación
19	39	2,1308E+12	0,20	10.039	0,21
20	147	4,4916E+13	0,19	264.257	0,19
21	105	1,0582E+14	0,27	838.196	0,27
22	50	6,7794E+13	0,36	713524	0,36
23	70	6,1085E+14	0,44	8.403.110	0,44
24	202	3,8199E+15	0,19	68.165.013	0,19
25	418	1,0147E+16	0,14	232.559.427	0,14
26	641	1,9059E+16	0,13	554.602.383	0,13
27	650	3,0466E+16	0,13	1.116.263.793	0,13
28	392	3,3167E+16	0,14	1.516.938.583	0,14
29	220	1,3664E+16	0,18	774.993.400	0,18
30	180	2,2903E+16	0,17	1.596.126.577	0,17
31	119	1,5970E+16	0,19	1.362.149.074	0,19
32	98	9,6800E+15	0,22	1.009.311.515	0,22
33	74	2,7081E+15	0,34	337.896.117	0,34
34	61	4,8751E+15	0,29	732.268.159	0,29
35	62	1,0633E+15	0,44	189.607.489	0,44
36	61	5,7576E+14	0,36	121.462.169	0,36
37	86	2,8101E+15	0,28	705.182.553	0,28
38	64	1,5487E+14	0,15	46.257.306	0,15
39	48	7,8739E+13	0,14	27.397.700	0,14
40	29	2,9776E+13	0,18	12.065.865	0,18
41	22	2,5796E+13	0,22	12.105.642	0,22
42	16	1,0798E+13	0,27	5.866.008	0,27
43	3	1,6045E+12	0,83	1.003.835	0,83
44	4	1,2905E+12	0,61	928.281	0,61
45	1	3,7446E+08	1	309	1
46	2	8,3320E+11	0,97	786.492	0,97
47					
48	1	7,1461E+09	1	8.744	1
49					
50	2	7,5229E+08	0,71	1.180	0,71
Total	3.867				



5.3 Distribución y composición del plancton

5.3.1 Composición y abundancia del zooplancton

El análisis de composición y abundancia del zooplancton muestra la presencia de 19 grupos zooplanctónicos y una abundancia global para la zona de estudio de 5.739.764 individuos (**Tabla 18**),

En la zona de estudio, el plancton estuvo dominado principalmente por copépodos con una dominancia de 63,85%, seguido por quetognatos, doliólidos, apendicularias, y larvas de decápodos, con valores radicalmente bajos que van desde 3,13 a 11,47%. El grupo salpa presenta el valor más bajo de dominancia (0,00002%) (**Tabla 18**).

Copépodos

De acuerdo al esquema propuesto por Bodenheimer (1955), los copépodos se valoran como grupo dominante en términos de su constancia y dominancia numérica.

Este grupo es el más abundante, al reunir una abundancia de 3.664.945 copépodos, que representa el 63,85% de la densidad total del área prospectada. Estuvo presente en todas las estaciones con valores de densidad mínima de 578 y máxima de 215.072, y un promedio general de 59.103 copépodos/1.000m³ (**Tabla 19**).



Tabla 18. Cuadro comparativo de las frecuencias de ocurrencia y dominancia numérica de los grupos zooplanctónicos determinados en los cruceros de otoño de 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.

Grupos Taxonómico	1997				1998				1999			
	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)
Copépodos	139	24.241.568	100,00	73,82	149	14.155.576	100,00	76,06	117	10.549.287	100,00	73,37
Eufáusido	125	830.073	89,93	2,53	143	405.886	95,97	2,18	111	1.085.627	94,87	7,55
Ostrácodo	135	612.972	97,12	1,87	148	532.353	99,33	2,86	111	273.814	94,87	1,90
Cladóceros	9	12.758	6,47	0,04	2	471	1,34	0,00				
Lar.Decáp	128	580.110	92,09	1,77	142	338.822	95,30	1,82	117	381.410	100	2,65
Anfípodos	18	25.598	12,95	0,08	17	3.400	11,41	0,02	73	26.003	62,39	0,18
Estomató	9	15.362	6,47	0,05	9	4.036	6,04	0,02	46	14.467	39,32	0,10
Medusas	115	365.809	82,73	1,11	95	38.713	63,76	0,21	92	41.481	78,63	0,29
Sifonóforo	66	240.348	47,48	0,73	121	174.691	81,21	0,94	102	248.262	87,18	1,73
Ctenóforo	13	48.504	9,35	0,15	7	1.048	4,70	0,01	21	4.017	17,95	0,03
Isópodos												
Quetognat	138	2.536.209	99,28	7,72	149	1.421.293	100,00	7,64	117	969.171	100,00	6,74
Poliquetos	106	139.857	76,26	0,43	128	70.935	85,91	0,38	102	47.271	87,18	0,33
Pterópodo	128	402.909	92,09	1,23	139	330.829	93,29	1,78	100	75.525	85,47	0,53
Salpas	99	474.078	71,22	1,44	58	35.546	38,93	0,19	60	41.569	51,28	0,29
Doliólidos	119	1.159.101	85,61	3,53	111	691.743	74,50	3,72	97	125.477	82,91	0,87
Apendicul	117	610.690	84,17	1,86	112	202.776	75,17	1,09	104	330.066	88,89	2,30
Radiolario	95	377.380	68,35	1,15	119	116.852	79,87	0,63	102	125.199	87,18	0,87
Larvas	97	166.911	69,78	0,51	121	85.082	81,21	0,46	66	23.736	56,41	0,17
Mictófidis												
TOTAL	139	32.840.237			149	18.610.052			117	14.362.384		



Tabla 18 (cont.) Cuadro comparativo de las frecuencias de ocurrencia y dominancia numérica de los grupos zooplanctónicos determinados durante los cruceros de otoño de los años 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.

Grupos Taxonómicos	2000				2001				2002			
	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)
Copépodos	110	8.196.195	100,00	69,79	106	9.456.376	100,00	75,44	124	3.664.945	100,00	63,85
Eufáusidos	104	283.499	94,55	2,41	74	453.794	69,81	3,62	122	138.043	98,39	2,41
Ostrácodos	105	240.884	95,45	2,05	103	315.889	97,17	2,52	118	158.142	95,16	2,76
Cladóceros	8	18.095	7,27	0,15					0	0		
Lar.Decápodos	108	385.053	98,18	3,28	33	39.559	31,13	0,32	98	179.683	79,03	3,13
Anfípodos	88	62.825	80,00	0,53	62	27.093	58,49	0,22	64	15.096	51,61	0,26
Estomatópodos	55	33.533	50,00	0,29	26	8.641	24,53	0,07	67	13.071	54,03	0,23
Medusas	99	127.957	90,00	1,09	75	74.725	70,75	0,60	104	34.313	83,87	0,60
Sifonóforos	47	199.094	42,73	1,70	99	110.891	93,40	0,88	121	91.578	97,58	1,60
Ctenóforos	24	7.637	21,82	0,07	60	19.643	56,60	0,16	28	5.237	22,58	0,09
Isópodos									18	3.635	14,52	0,06
Quetognatos	109	1.299.836	99,09	11,07	103	817.986	97,17	6,53	124	658.382	100	11,47
Poliquetos	98	84.600	89,09	0,72	79	33.214	74,53	0,26	108	29.974	87,10	0,52
Pterópodos	107	168.208	97,27	1,43	101	173.407	95,28	1,38	121	178.969	97,58	3,12
Salpas	83	161.121	75,45	1,37	68	420.653	64,15	3,36	2	161	1,61	0,00
Doliólidos	84	101.381	76,36	0,86	78	371.830	73,58	2,97	43	257.395	34,68	4,48
Apendicularias	95	215.071	86,36	1,83	73	76.422	68,87	0,61	101	180.889	81,45	3,15
Radiolarios	89	76.896	80,91	0,65	76	69.544	71,70	0,55	95	65.937	76,61	1,15
Larvas cifonauta	72	54.177	65,45	0,46	89	65.596	83,96	0,52	103	58.327	83,06	1,02
Mictófidios									25	5.987	20,16	0,10
TOTAL	110	11.716.064			106	12.536.263			124	5.739.764		



Tabla 19. Abundancia zooplanctónica de los grupos analizados en las prospecciones realizadas en otoño de 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.

Grupos Taxonómicos	1997					1998					1999				
	Total	N° Est.	Min	Max	Prom	Total	N° Est.	Min	Max	Prom	Total	N° Est.	Min	Max	Prom
Copépodos	24.241.568	139	1029	839414	175664	14.155.576	149	20.882	518.866	95.004	10.549.287	117	6.275	485.742	90.165
Eufáusidos	830.073	125	64	79.224	6.641	405.886	143	33	50.587	2.838	1.085.627	111	34	135.474	9.780
Ostrácodos	612.972	135	401	31.720	4.541	532.353	148	278	22.713	3.597	273.814	111	19	19.808	2.467
Cladóceros	12.758	9	187	4.659	1.418	471	2	165	306	235					
Lar.Decápodos	580.110	128	108	56.717	4.532	338.822	142	60	27.399	2.386	381.410	117	31	38.642	3.260
Anfípodos	25.598	18	37	15.110	1.422	3.400	17	53	569	200	26.003	73	31	1.926	356
Estomatópodos	15.362	9	27	4.149	1.707	4.036	9	59	1.970	448	14.467	46	33	1.796	314
Isópodos	0	0				0	0				0	0			
Medusas	365.809	115	102	50.019	3.181	38.713	95	33	1.761	408	41.481	92	32	3.595	451
Sifonóforos	240.348	66	161	13.802	3.698	174.691	121	59	7.779	1.444	248.262	102	22	40.555	2.434
Ctenóforos	48.504	13	101	21.810	3.731	1.048	7	53	400	150	4.017	21	18	899	191
Quetognatos	2.536.209	138	538	70.950	18.378	1.421.293	149	1.151	39.863	9.539	969.171	117	181	37.046	8.284
Poliquetos	139.857	106	67	8.884	1.319	70.935	128	53	4.567	554	47.271	102	19	3.638	463
Pterópodos	402.909	128	257	26.840	3.148	330.829	139	53	43.924	2.380	75.525	100	25	7.742	755
Salpas	474.078	99	81	27.394	4.838	35.546	58	76	2.459	613	41.569	60	53	5.393	693
Doliólidos	1.159.101	119	129	131.925	9.740	691.743	111	59	61.802	6.232	125.477	97	31	25.878	1.294
Apendicularias	610.690	117	49	71.121	5.220	202.776	112	5	13.635	1.810	330.066	104	37	55.529	3.174
Radiolarios	377.380	95	216	46.359	3.972	116.852	119	60	3.734	982	125.199	102	41	6.292	1.227
Larvas cifonautas	166.911	97	67	7.996	1.721	85.082	121	33	3.876	703	23.736	66	18	2.251	360
Mictófidos															
TOTAL	32.840.237					18.610.052					14.362.384				



Tabla 19. (cont) Abundancia zooplanctónica de los grupos analizados en las prospecciones realizadas en otoño de los años 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.

Grupos Taxonómicos	2000					2001					2002				
	Total	N° Est.	Min	Max	Prom	Total	N° Est.	Min	Max	Prom	Total	N° Est.	Min	Max	Prom
Copépodos	8.196.195	110	6.659	358.011	74.511	9.456.376	106	3.033	402.876	89.211	3.664.945	124	578	215.072	59.103
Eufáusidos	283.499	104	35	39	3	453.794	74	78	73.635	6.132	138.043	122	4	10.530	2.262
Ostrácodos	240.884	105	113	10.258	2.294	315.889	103	40	14.515	3.067	158.142	118	64	4.711	2.679
Cladóceros	18.095	8	57	15.197	2.262						0	0			
Lar.Decápodos	385.053	108	57	36.755	3.565	39.559	33	48	17.273	1.199	179.683	98	18	13.891	3.667
Anfípodos	62.825	88	64	3.320	714	27.093	62	33	5.830	437	15.096	64	16	1.231	464
Estomatópodos	33.533	55	46	4.289	610	8.641	26	33	1.699	332	13.071	67	16	3.138	384
Isópodos	0	0				0	0				3.635	18	32	739	383
Medusas	127.957	99	57	7.747	1.292	74.725	75	69	10.617	996	34.313	104	16	3.138	654
Sifonóforos	199.094	47	191	20.852	4.236	110.891	99	34	5.830	1.120	91.578	121	30	3.518	1.511
Ctenóforos	7.637	24	77	797	318	19.643	60	33	4.079	327	5.237	28	27	1.927	361
Quetognatos	1.299.836	109	907	60.872	11.925	817.986	103	576	31.529	7.942	658.382	124	70	34.272	10.618
Poliquetos	84.600	98	55	5.272	863	33.214	79	34	3.681	420	29.974	108	25	2.048	550
Pterópodos	168.208	107	95	11.846	1.572	173.407	101	34	36.148	1.717	178.969	121	37	14.160	2.958
Salpas	161.121	83	57	8.854	1.941	420.653	68	34	209.705	6.186	161	2	72	89	107
Doliólidos	101.381	84	48	13.501	1.207	371.830	78	33	82.119	4.767	257.395	43	42	52.965	11.700
Apendicularias	215.071	95	46	15.011	2.264	76.422	73	34	15.764	1.047	180.889	101	24	18.000	3.547
Radiolarios	76.896	89	64	4.500	864	69.544	76	40	6.200	915	65.937	95	62	2.710	1.375
Larvas cifonautas	54.177	72	57	5.763	752	65.596	89	69	9.912	737	58.327	103	48	4.411	1.130
Mictófidis											5.987	25	36	784	461
TOTAL	11.716.064					12.535.263					5.739.764				



Al comparar los distintos años, los copépodos muestran una paulatina disminución en sus niveles de abundancia entre 1997 a 2001, con tasas de cambio negativas respecto al 2002, iguales a 85, 74, 65, 55, y 61%, respectivamente (**Tabla 18**).

Quetognatos

Durante el presente estudio los quetognatos se registraron en el 100 % de las estaciones y cuantitativamente secundan en importancia a los copépodos y en términos de constancia y dominancia numérica clasifican como un grupo dominante (**Tabla 18**).

Este segundo grupo de importancia cuantitativa, alcanzó una densidad de 658.382 individuos, lo que equivale a una dominancia de 11,47% respecto del total (**Tabla 19** y **18**), con un 100% de ocurrencia en las estaciones y con valores mínimos y máximos de 70 y 34.272 quetognatos/1.000 m³.

Este grupo ha estado presente sobre un 97 % de las estaciones realizadas en la zona de estudio, entre 1997 al 2002. Su densidad representó variaciones negativas respecto al período, de 74, 54, 32, 49 y 19,5%, respectivamente (**Tabla 19**).

Doliólidos

Los doliólidos aportan a la dominancia con un 4,45% y se encuentran presente en el 34,68% de las estaciones analizadas, con un total de 257.395 individuos y densidades mínima, máxima y promedio por estación de; 42, 52.965 y 11.700 doliólidos/1.000 m³.

Respecto a años anteriores, este grupo presenta valores altos en 1997-1998, en tanto bajos valores se registraron para 1999-2000 (**Tabla 19**). En este sentido, la



abundancia de este año representó una disminución de 31% respecto al año pasado.

Apendicularias

Este grupo alcanzó el cuarto lugar en dominancia (3,15%), con una abundancia total de 180.889 individuos. Su densidad varió desde 24 como mínimo hasta 18.000 como máximo, centrado en un valor medio de 3.547 apendicularias/1.000 m³ (Tabla 19).

Eufaúsidos

Los eufaúsidos no se constituyeron en grupo de relevancia cuantitativa como años anteriores, aun cuando el 98,39% de las estaciones registraron su presencia y constancias sobre el 90 % han sido lo característico entre 1997 y 2000, con excepción del año 2001 (69,81%). La abundancia total de 138.043 individuos, exhibe valores extremos de 4 y 10.530 y un promedio general de 2.262 ind/1.000 m³ (**Tabla 18 y 19**).

Comparado con cruceros precedentes realizados en la misma época y área de estudio, la abundancia relativa de eufaúsidos obtenida en otoño de 2002, es menor a la registrada entre los años 1977 a 2001, exhibiendo tasas de cambio negativas iguales a 83,4, 66, 87,3, 51,3 y 70%, respectivamente; constituyéndose en el octavo registro en la zona de estudio (**Tabla 19**).



5.3.2 Distribución del zooplancton

Copépodos

Las mayores densidades promedio (62.9520 y 276.402 ind/1000m³) fueron detectadas en el sector costero al norte de Topocalma (34°LS), y entre rada Llico (34°40'LS) y Constitución (35°20'LS), proyectándose estas densidades hacia el sector oceánico (100 a 130 mn) desde Pta. Nugurne (36°LS) hasta Pta. Rocura (39°40'LS). (Fig 10). Respecto a la distancia de la costa, los copépodos exhiben en general una tendencia general ascendente hacia las estaciones más oceánicas, y en particular sus densidades promedio se incrementan desde la línea de estaciones de las 10, 100 y 200 mn hacia mar afuera (**Fig.10**).

De Pta. Nugurne al sur, se concentra un alto porcentaje de estaciones con densidades entre 11.374 y 27.733 ind/1.000 m³, siendo lo característico en esta zona; valores por estación superiores a 27.000 copépodos y la presencia sobre el 95% de la biomasa de jurel estimada en el estudio. Hacia el norte, donde no se detectó presencia importante de jurel las densidades fueron más bajas con valores entre 368 a 11.373 ind/1.000 m³.

Quetognatos.

Este grupo estuvo presente en la toda la zona de estudio, con niveles de densidades entre 1.383 a 11.373 quetognatos/1000 m³ en el 77% de las estaciones. Entre Horcón y Pta. Nugurne, se observó un predominio de concentraciones inferiores a 1.386 quetognatos/1000 m³ y sólo nueve focos de densidad 4.224 a 11.373 quetognatos/1.000 m³, mientras que en la zona donde se concentró el jurel la frecuencia de estos focos densidades es mayor (**Fig. 11**).



En este sentido, las altas concentraciones de quetognatos se ubican preferentemente en la zona de distribución del jurel (11.373 a 27.733 quetognatos/1.000 m³); frente de Quintero (32° 40'LS), Topocalma (34° 00'LS), Rada de Llico (34° 40'LS), entre 100 a 130 mn al oeste de Pto Coronel y Pto Lebu, así como en el sector costero frente a Corral. Zona que incluye el máximo valor de densidad registrada en el estudio (34.272 quetognatos/1.000 m³).

Respecto a años anteriores, densidades altas de quetognatos entre 27.734 a 62.950 ind/1.000 m³ se registraron desde Valparaíso a Pto. Saavedra, para los años 1997, 1998 y 2000. A partir de este período, las altas densidad disminuyeron a sólo dos focos frente a Pta. Rocura en el 2001 y uno a la cuadra de San Antonio en el 2002.

Doliólidos

Especialmente este grupo presenta una marcada concentración en el sector donde se detectó el jurel, disminuyendo su presencia y niveles de densidad de Constitución al norte, registrando sólo en 10 estaciones positivas densidades del orden de 42 a 319 doliólidos/1.000 m³, las cuales están asociadas al sector oceánico (100 a 200 mn). Al sur de Pta. Nugurne, la frecuencia de estaciones positivas aumenta siendo más constante, con valores de densidad mayores a 28.000 doliólidos/1.000 m³, ubicadas desde las 75 a 130 millas de la costa (**Fig 12**).

Apendicularias

Este grupo se distribuyó preferentemente en el sector donde se ubicaron la mayores concentraciones de jurel, registrando en esta zona sus densidades más altas, con un amplio predominio de focos de densidad entre 1.387 a 27.333 apendicularias/1.000 m³, los que se ubicaron dentro de las primeras 100 mn de la costa. De igual modo,



los dos focos de máxima densidad (11.374 a 27.733 apendicularias/1.000 m³) también se ubican dentro de área de distribución de jurel. En el sector donde no se detectó recurso los niveles de densidad fueron bajos, con un alto número de estaciones sin apendicularias o negativas (**Fig. 13**).

Eufáusidos

En la zona de estudio dominaron densidades de eufáusidos categorizadas dentro del rango 66 a- 1386 eufáusidos/1.000m³, concentrada en el 69,67% de las estaciones, los cuales se distribuyeron principalmente dentro de las primeras 100 mn en la zona de estudio (**Fig. 14**).

Las mayores concentraciones de eufáusidos se registraron en el área de distribución espacial del recurso, con densidades que fluctuaron entre 4.244 a 11.373 eufáusidos/1.000m³. Destacando las altas concentraciones ligada a la costa desde el norte de Valparaíso (32° 40'LS) a sur de Pta. Nugurne (36° 20'LS), así como al sur de Pto Saavedra (39° 20'LS) y Corral (40° 00'LS). Asimismo, de los cinco focos con densidades entre 1.378 a 4.243 eufáusidos/1.000m³, tres de ellos también se localizan en el sector costero.

Esta alta concentración de eufáusidos en el sector costero, dentro de los primeras 10 mn de la costa, muestra que partir de esta distancia decrecen los valores de densidad a valores mínimos a las 50 mn, con niveles de densidad relativamente estables hacia el sector oceánico (66-367 eufáusidos/1.000m³i). En sentido latitudinal, la distribución de las altas concentraciones muestra una leve tendencia a disminuir la abundancia desde el norte al sur.



En general, los cuatro intervalos de máxima densidad para eufáusidos se agruparon con mayor frecuencia en la zona donde se detectó jurel, concentrando aquí un alto número de individuos, mientras que por fuera de esta zona, el predominio de bajas densidades fue mayor (>65 eufáusidos/ 1.000m^3)

5.3.3 Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos

La uniformidad presente durante la prospección mostró que el 55% de las estaciones tuvo valores bajo 0,5, con 68 estaciones donde hubo predominio del algún grupo sobre otro. Predominancia dada principalmente por lo copépodos y en menor grado numérico por quetognatos.

El índice de sobreposición de Horn que permite ver diversidad específica entre pares de muestras, fluctuó entre 0,688 y 0,991. El mayor porcentaje de los pares de grupos mostró valores cercanos a 1, indicando una similar diversidad específica entre ellos y sólo trece pares exhibieron valores de sobreposición menores a 0,9.

El índice de similitud de Winer indicó para el período de otoño del 2002 que la mayor coexistencia de individuos se produjo a partir del nivel del 71% (**Fig. 15**), en dos grupos zooplanctónicos principales; en primer término el grupo formado entre los copépodos y quetognatos con un 75% de coexistencia, seguido de las apendicularias con las larvas de cifonautas con un porcentaje de 71,8%.

5.3.4 Biomasa zooplanctónica

En otoño del 2002 y con el fin de obtener un valor estimativo de la productividad secundaria de la zona de estudio y de sus fluctuaciones, los volúmenes de desplazamiento húmedo del zooplancton se expresan en mililitros presentes en 1000m^3 de



agua filtrada, encontrándose que dichos valores en su dimensión individual muestran un amplio rango de variación, que fluctúa entre 10 y 540 ml/1000m³ con un valor promedio de 93, predominando los biovolúmenes categorizados dentro de los intervalos 0–33, 34-100 y 101-300, los que representaron el 25,8%, 40,0% y 30,8%, respectivamente. El área prospectada se caracterizó por presentar bajas biomásas, detectando las mayores biomásas (rango 301-900) en sólo un 3,3% de las muestras (**Fig. 16**).

La distribución espacial de la biomasa señala que las mayores abundancias se localizaron bastante costeras, desde Valparaíso a San Antonio y al sur de Topocalma. El rango de densidades 34 –100, estuvo presente en todo el rango latitudinal de la zona prospectada y se ubicó tanto en la franja costera como oceánica.

Al comparar los niveles de biomasa promedio obtenidos durante 1998 a 2001, se determina que la biomasa zooplanctónica promedio en el otoño de 2002 (93 ind/1000 m³), es menor en un 14,67% respecto al valor del 2001 (109 ind/1000 m³), manteniendo la tendencia de reducción de la biomasa observada desde 1998, donde se registraron valores de 3.016 (1998), 161 (1999) y 84 (2000).

5.4 Composición de los principales ítemes alimentarios del jurel en el área de estudio

En el crucero de investigación se obtuvo estómagos con contenido en 26 lances de pesca con red de media agua. Esta colecta fue a diferentes horas del día (**Tabla 20**).



Tabla 20 Número total de estómagos muestreados y con contenido estomacal por lance de pesca (mayo-junio 2002)

LANCE	HORA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	NUMERO DE ESTÓMAGOS	
			TOTAL	CON CONTENIDO
1	13:07			
2	14:14	24,5	5	0
3	15:04	28,4	51	6
4	00:35	25,4	50	13
5	08:34	23,4	50	
6	15:25	26,4	50	11
7	22:09	23,6	50	30
8	21:36	22,0	50	18
9	19:35	26,2	50	4
10	14:57	28,0	50	4
11	00:48	25,9	50	7
12	07:07	29,3	50	22
13	14:49	26,7	50	8
14	05:49	28,5	50	22
15	01:27	30,8	48	4
16	11:42	35,1	50	12
17	11:49	26,8	50	5
18	10:57			
19	09:54	38,2	50	23
20	22:02	29,9	50	12
21	07:35			
22	19:07	35,9	50	49
23	07:09			
24	11:50	26,1	50	1
25	00:37	27,2	50	2
26	18:15	27,3	50	15
TOTAL			1054	273

El análisis del contenido estomacal indicó que un 25,90% (273) presentó algún tipo de contenido, encontrándose un total de 10 tasas de presas (**Tabla 20**), dentro de los cuales los eufáusidos dominaron la dieta de jurel, seguido de pequeños crustáceos y mictófidós..

5.4.1 Importancia de las presas

Este índice de importancia relativa indicó que las presas de mayor relevancia, tanto en número, como en peso y frecuencia de aparición fueron los eufáusidos (IIR = 3,94), seguido de copépodos (IIR = 1,77) y mictófidós (IIR = 1,27).



Los resultados revelaron que los eufáusidos dominan la dieta de jurel en número y frecuencia de aparición durante todo el período de estudio, con un N% = 90,32, P% = 84,33 y F= 171 (**Tabla 21**). Se destaca la presencia de clupeidos con aporte en peso de sardina y anchoveta a la dieta de jurel de 1,14 y 7,88%.

Tabla 21 Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel (mayo–junio 2002).

Presa	N%	P%	F%	IIR
Eufáusidos	90,32	84,33	171	3,94
Mictófidos	0,11	3,69	16	1,27
Restos de Crustáceos	0,00	1,03	16	0,77
Copépodo	7,74	0,22	25	1,77
Ostracodos	1,26	0,03	14	0,80
Anfípodos	0,04	0,00	5	0,03
Restos de Crustáceos Pequeños	0,00	0,74	55	1,11
Restos de Teleósteos	0,01	0,48	6	0,27
Larvas de Gastrópodos	0,43	0,01	19	0,53
Camarón Nailon	0,03	0,43	5	0,23
Salpas	0,01	0,01	2	0,00
Sardina	0,03	1,14	5	0,43
Anchoveta	0,03	7,88	3	0,90

En cuanto al análisis de importancia relativa por grupos de tamaño, la especie eufáusidos en general muestra una uniformidad en todos los grupos, con valores de IIR que van desde 3,24 (grupo I) a 4,14 (grupo VI, tendiendo a aumentar este índice hacia talla mayores. En tanto mictófidos y clupeiformes son presas de importancia en ejemplares más adultos por sobre los 46 centímetros.

Se destaca el hecho de que los crustáceos pequeños (copépodos, ostrácodos y larvas de gastrópodos), adquieren gran importancia en el espectro trófico en



individuos pequeños (grupo de tamaño I y II), disminuyendo en ejemplares de talla superior, con una baja representatividad de éstos en individuos de tamaños IV y VI (**Tabla 22**).

Tabla 22. Índice de importancia relativa (IIR) por grupos de tamaño de jurel (mayo-junio 2002).

Presa	GRUPOS						Total
	I	II	III	IV	V	VI	
Eufáusidos	3,24	3,62	4,04	4,10	4,05	4,14	3,94
Mictófidos	1,24	0,68	1,10	1,18	2,09	2,08	1,27
Restos de Crustáceos	0,74	1,16	0,00	0,81	0,89	1,76	0,77
Copépodo	2,89	2,51	2,53	0,00	0,00	0,00	1,77
Ostracodos	2,38	1,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
Anfípodos	0,20	0,34	0,00	0,00	0,07	0,00	0,03
Restos de Crustáceos Pequeños	3,06	2,38	0,12	0,00	0,00	0,00	1,11
Restos de Teleósteos	0,00	0,12	0,41	0,62	0,00	0,00	0,27
Larvas de Gastrópodos	1,51	1,80	0,12	0,00	0,00	0,00	0,53
Camarón Nailon	0,00	0,85	0,72	0,00	0,40	0,00	0,23
Salpas	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00
Sardina	0,00	0,46	0,00	0,87	0,70	0,00	0,43
Anchoveta	0,00	0,00	0,00	1,38	1,77	0,00	0,90

Los resultados del análisis de IIR por estrato d profundidad, muestran que en general los crustáceos alcanzan su máximo valor sobre 50 metros de profundidad, siendo principalmente representados por los eufáusidos. Los peces (mictófidos y sardina) se presentan con una frecuencia mayor en individuos capturados por sobre los 50 m de profundidad (**Tabla 23**).



Tabla 23. Índice de importancia relativa (IIR) por zona estrato de profundidad (mayo-junio 2002).

Presas	<25 m	25-50 m	51-75 m	>75 m	Total
Eufáusidos	4,03	3,58	3,65	3,17	3,94
Mictófido	0,17	0,00	3,48	1,03	1,27
Restos de Crustáceos	0,93	0,98	0,07	1,27	0,77
Copépodo	1,71	2,98	0,66	1,91	1,77
Ostracodos	0,83	0,00	0,00	2,23	0,80
Anfípodos	0,00	0,50	0,66	0,85	0,03
Restos de Crustáceos Pequeños.	0,73	2,77	0,00	2,58	1,11
Restos de Teleósteos	0,18	0,72	0,00	1,56	0,27
Larvas de Gastrópodos	0,07	1,61	0,00	2,63	0,53
Camarón Nailon	0,00	0,00	1,54	1,93	0,23
Salpas	0,00	0,36	0,00	0,33	0,00
Sardina	0,61	0,00	1,05	0,00	0,43
Anchoveta	1,27	0,00	0,00	0,00	0,90

El análisis del índice separado por período del día (07:01 a 19:00 hrs) y noche (19:01 a 07:00 hrs), indica que la alimentación no presenta cambios para la mayoría de los crustáceos, con valores de IIR bastante uniformes para ambos períodos. La diferencia radica en los peces, donde se observa que el período nocturno adquiere una importancia relevante (**Tabla 24**).

**Tabla 24.** Índice de importancia relativa (IIR) por período del día (diurno-nocturno).

Item es Presas	Día	Noche	Total
Eufáusidos	3,98	3,91	3,94
Mictófido	0,00	1,67	1,27
Restos de Crustáceos	0,74	0,78	0,77
Copépodo	1,32	1,96	1,77
Ostrácodos	0,42	0,93	0,80
Anfípodos	0,03	0,03	0,03
Restos de Crustáceos Pequeños	1,12	1,07	1,11
Restos de Teleósteos	0,02	0,43	0,27
Larvas de Gastrópodos	0,76	0,33	0,53
Camarón Nailon	0,00	0,44	0,23
Salpas	0,03	0,00	0,00
Sardina	0,11	0,61	0,43
Anchoveta	0,00	1,27	0,90

5.4.2 Similitud trófica

Los resultados del análisis de similitud trófica separados por grupos de tamaño de *Trachurus symmetricus murphyi* presentó un porcentaje de similitud promedio de 69,10%.

Al analizar a los individuos en conjunto, éstos muestran una estrecha relación entre los grupos de tamaño (III-IV), dado al alto consumo de eufáusidos, en tanto los grupos II y V mantienen su preferencia por eufáusidos pero con un leve aumento en la cantidad de mictófidios (**Fig 17a**). Los individuos más pequeños (< 25 cm), difieren de los otros grupos dado un mayor consumo de restos de crustáceos pequeños (copépodos, ostrácodos, larvas de gastrópodos y otras presas con alto grado de digestión).



En cuanto al análisis por estrato de profundidad, se observó una relación más estrecha de similitud entre los 25 a 75 metros de profundidad, donde se registró la mayoría de los ítemes presas observados. La diferencia estuvo en los primeros 25 m donde la dieta estuvo compuesta por eufáusidos, seguido de anchoveta, mientras mayores que a profundidad lo explica un alto porcentaje (en peso) de mictófidios. (Fig 17b).

5.4.3 Ración diaria de alimento (RD) y relación consumo/biomasa (Q/B)

Para estimar ración diaria se aplicó la metodología de Diana (1979), obteniendo una tasa de evacuación gástrica para crustáceos de 0,063h⁻¹ y de 0,069h⁻¹ para peces, a una temperatura ambiente promedio de 12,7 °C.

Al analizar los resultados durante el período de estudio, los mayores valores de RD por taxón corresponden a eufáusidos (0,0825% del peso corporal), seguidos por anchoveta (0,0064%) y mictófidios (0,002%). (Tabla 25).

En relación con el Q/B consumo/biomasa, los eufáusidos fueron la presa consumida durante el período con un 99,1% del Q/B total, seguido por anchoveta con un porcentaje bastante inferior. Situación que difieren con lo observado el año pasado donde los mictófidios fueron la presa más consumida con un 92,69%, al igual que en 1998 y 1999, donde esta especie fue la presa de mayor consumo alcanzando un valor cercano al 90% del Q/B total.



Tabla 25. Tiempo de digestión (en días), peso promedio de la presa (%), ración diaria (% del peso corporal), razón consumo biomasa (Q/B) y razón consumo biomasa porcentual respecto del total de las presas, en el período y área de estudio.

PRESA	TD(días)	Pprom	RD	Q/B	Q/B%
Eufáusidos	1,06692	0,54305	0,08258	1,67140	99,06806
Mictófidos	0,97435	0,18687	0,00291	0,00258	0,15290
Restos de Crustáceos	1,06692	0,06107	0,00087	0,00022	0,01275
Copépodos	1,06692	0,01903	0,00042	0,00002	0,00130
Ostracodos	1,06692	0,00640	0,00008	0,00000	0,00004
Anfípodos	1,06692	0,00173	0,00001	0,00000	0,00000
Restos de Crustáceos Pequeños	1,06692	0,03432	0,00168	0,00030	0,01773
Restos de Teleósteos	0,97435	0,08522	0,00050	0,00006	0,00339
Larvas de Gastrópodos	1,06692	0,00105	0,00002	0,00000	0,00000
Camarón Nailon	1,06692	0,09464	0,00042	0,00004	0,00260
Salpas	1,06692	0,00362	0,00001	0,00000	0,00000
Sardina	0,97435	0,22532	0,00110	0,00030	0,01785
Anchoveta	0,97435	2,20994	0,00646	0,01220	0,72338



5.4.4 Selectividad de Presas por Tamaño (Ursin, 1973)

La **tabla 26** muestra que la selectividad presentó una variación con respecto a 1997-2000, donde no existieron grandes diferencias entre las presas, coincidiendo estos valores constantes con lo reportado para el 2001. En este estudio, los anfípodos y las sardinas presentaron la mayor selectividad ($ds = 0,37$ y $ds = 0,38$) y los eufáusidos los menos selectivos dentro de la dieta de jurel. Esto último no difiere de los cálculos de consumo poblacional que indican un 99% del consumo total.

El análisis por grupo de tamaño muestra la más alta selectividad en anfípodos para ejemplares menores a 30 cm (II). En general, los crustáceos pequeños sin incluir eufáusidos, presentan grados importantes de selectividad en ejemplares de tallas intermedias, en tanto para tallas superiores, los eufáusidos dominan el espectro con valores mínimos de selectividad.



Tabla 26. Índice de selectividad de presas por tamaño de Ursin (U), desviación estándar (ds) y tamaño de la presa en porcentaje (t%) (mayo-junio 2002).

PRESAS	I			II			III			IV			V			VI			TOTAL		
	U	d.s	t%	U	d.s	t%	U	d.s	t%												
Eufáusidos	8,89	1,30	0,01	9,12	1,06	0,01	8,38	2,42	0,02	6,37	2,70	0,17	7,21	2,50	0,07	7,79	2,35	0,04	7,81	2,41	0,04
Mictófidos	6,30		0,18	5,21		0,55	6,09	0,46	0,23	6,82	0,59	0,11	7,16	1,63	0,08	5,68		0,34	6,63	1,09	0,13
Restos de Crustáceos	7,09		0,08	7,39	1,70	0,06				8,55	1,14	0,02	7,84	1,22	0,04				7,95	1,30	0,04
Copépodos	7,92	0,83	0,04	9,12	0,91	0,01	10,10	1,66	0,00	7,76		0,04	9,21		0,01				8,94	1,21	0,01
Ostracodos	9,49	1,49	0,01	10,88	1,23	0,00													10,39	1,45	0,00
Anfipodos	11,05		0,00	11,31	0,40	0,00							10,75		0,00				11,15	0,37	0,00
Restos de Crustáceos Pequeños	7,48	1,01	0,06	8,49	1,05	0,02	10,38	1,15	0,00	11,01		0,00							8,36	1,27	0,02
Restos de Teleósteos				7,75		0,04	8,51		0,02	7,76	0,29	0,04	5,87		0,28				7,57	0,90	0,05
Larvas de Gastrópodos	11,15	1,02	0,00	11,79	0,74	0,00	11,84		0,00										11,66	0,80	0,00
Camarón Nailon				6,28	0,45	0,19	7,15	0,42	0,08				7,63		0,05				6,90	0,67	0,10
Salpas							9,31		0,01	11,15		0,00							10,23	1,30	0,00
Sardina				5,80		0,30				6,21	0,45	0,20	5,88		0,28				6,06	0,38	0,23
Anchoveta										4,49	0,86	1,12	3,18		4,15				4,05	0,97	1,74



5.4.5 Selectividad de jurel de acuerdo a la oferta ambiental (Chesson, 1978)

El índice de selectividad (α) de Chesson, se determinó sobre cinco grupos zooplanctónicos: eufáusidos, copépodos, ostrácodos anfípodos y salpas. Lo anterior, debido a que la abundancia de peces pequeños como mictófidios, no son muestreados adecuadamente a través de los lances tradicionales de plancton.

Para este análisis se utilizaron siete sectores circulares de 40 mn de radio (**Fig. 18**), según el resultado de la estimación de la distancia aproximada que un jurel recorre en medio día descrito por Miranda *et al.* 1998.

En la **Tabla 27**, el análisis indica que el jurel depredó selectivamente sobre eufáusidos, en los sectores costeros A y G de la zona de estudio (**Fig. 18**). En tanto, en los sectores más oceánicos C y E donde se observa una proporción menor en la abundancia de ostrácodos, la cantidad de presas presentes en los estómagos fue alta, indicando valores altos de selectividad sobre esta presa. En las áreas intermedias B, D y F, la preferencia por orden de importancia estuvo dada por el consumo de anfípodos y copépodos.

En general, el análisis de los últimos años revela que el jurel depreda selectivamente sobre eufáusidos en el sector costero, mientras que en la zona oceánica la selección depende de la proporción de la oferta ambiental.



Tabla 27. Índice de selectividad de Chesson (α) por sectores circulares artificial en jurel (mayo-junio 2002).

Zonas	Posición	Eufáusidos	Copépodos	Ostrácodos	Anfípodos	Salpas
A	72-33	0,63	0,37	0,00	0,00	0,00
B	75-37	0,02	0,02	0,00	0,96	
C	76-38	0,02	0,09	0,82	0,07	
D	74-38	0,48	0,52	0,00	0,00	
E	77-39	0,23	0,04	0,73		
F	75-39	0,12	0,03	0,00	0,86	
G	73-39	0,94	0,06	0,00	0,00	
Total	74-39	0,08	0,01	0,02	0,01	0,89

5.5 Fauna acompañante y proporciones en las pesca de identificación

5.5.1 Pesca Comparativa

La evaluación hidroacústica se realizó con dos embarcaciones B/I “Abate Molina” y PAM “Líder”, esta última de propiedad de Pesquera “El Quillay” S.A.

La pesca comparativa entre ambas embarcaciones no se llevó a cabo, en atención a que este estudio ya se realizó durante el año 2001. Al participar también el PAM “Líder” en la prospección de evaluación hidroacústica realizada entre mayo y junio del 2001, en la zona centro-sur del país.

El estudio consideró que los lances de pesca se efectuaron con redes de arrastre a mediana de cuatro panales (ENGEL y SWAN NET), bajo las siguientes condiciones



de pesca; simultaneidad de zona de pesca, dirección y hora, así como la igualdad en los tiempos de arrastre, velocidad y tamaño de malla en el túnel y copo.

El análisis de la información se realizó en dos direcciones; en la primera, se comparó cuatro pares de lances donde se obtuvo simultaneidad en el espacio y tiempo; y en la segunda, se agrupó para la zona la información total de ambas embarcaciones

Los resultados de la prueba de Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG), aplicada a las distintas estructuras de tallas registradas en los lances de arrastre comparativo se presentan en la **tabla 28**.

Tabla 28. Chi cuadrado de la prueba estadística DHG para ambas embarcaciones

	B/I "Abate Molina"	PAM "Líder"	
Lances	$\chi_{\text{calculado}}$	$\chi_{\text{calculado}}$	$\chi_{\text{critico}} (\alpha=0,05)$
1	5,44	8,33	18
2	16,99	14,86	19
3	15,94	11,67	19
4	2,62	56,92	19
TOTAL	26,46	18,62	28

Los resultados indican que no existe diferencias significativas entre las distribuciones de talla de ambas embarcaciones, al no exceder el Chi cuadrado calculado del Chi cuadrado de tabla a un 95% de confianza, razón por lo cual es posible adicionar la información del B/I "Abate Molina" y PAM "Líder".



El rechazo a la igualdad de las distribuciones en el lance 4 se explicaría por el bajo número de ejemplares obtenidos en el lance del B/I “Abate Molina” (24 ejemplares), a diferencia de PAM “Líder” (233 ejemplares).

5.5.2 Resultados de lances de pesca

En la zona de estudio se efectuaron 26 lances de pesca, cuya posición geográfica se muestra en la **Figura 19**. En el B/I “Abate Molina” la red de arrastre registró alturas en el centro de la relinga superior de 23 a 30 m, en tanto para el PAM “Líder” ésta fluctuó entre 47 a 59 m. Los lances de pesca cubrieron profundidades que van desde los 10 a 145 m, con tiempos de arrastres que oscilaron entre 10 a 86 minutos, a velocidades de arrastre entre 3,3 a 4,3 nudos.

En la **tablas 29 y 30** se detalla para cada lance realizado en el área prospectada, la captura total estandarizada en peso y número de jurel y fauna acompañante.

La captura total fue de 21.601,97 kg en 26 lances de pesca, de las cuales 18.606,23 kg corresponde a jurel y 3.000,74 kg a fauna asociada compuestas por otras especies. El esfuerzo aplicado con las dos embarcaciones fue de 18 horas y 47 minutos de arrastre, con un rendimiento estandarizado promedio de 1.150,06 kg/hora para la pesca total y de 990,57 kg/hora de pesca para jurel.



Tabla 29. Información de captura en peso de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/I Abate Molina y PAM Líder (mayo-junio 2002).

Lance	Barco	Fecha	CAPTURAS (kg)										Contribución Fauna
			Jurel	Caballa	Sierra	Jibia	Anchoveta	Mictófidos	Reineta	M. Cola	Captura Fauna	Captura Total	
1	Líder	14-06-02		0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	100,00
2	Líder	13-06-02	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00
3	Líder	12-06-02	25,0	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	37,00	32,43
4	A. Molina	30-05-02	96,83	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	99,32	2,51
5	A. Molina	01-06-02	78,25	2,50	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	85,25	8,21
6	A. Molina	30-05-02	195,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	6,00	201,13	2,98
7	A. Molina	01-06-02	16,25	2,00	2,50	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	9,50	25,75	36,89
8	A. Molina	03-06-02	247,50	11,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,25	258,75	4,34
9	A. Molina	16-06-02	1700,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,75	0,00	28,75	1728,75	1,66
10	A. Molina	05-06-02	43,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,50	0,00
11	A. Molina	06-06-02	440,00	9,75	0,00	0,00	0,00	0,00	8,75	0,00	18,00	458,00	3,93
12	A. Molina	16-06-02	2800,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	71,25	0,00	72,75	2872,75	2,53
13	A. Molina	09-06-02	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00
14	A. Molina	14-06-02	318,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	66,75	0,00	68,25	386,25	17,66
15	A. Molina	10-06-02	11,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	7,25	0,00	8,75	20,50	42,68
16	A. Molina	14-06-02	34,50	0,00	0,00	14,75	0,00	0,00	0,00	0,00	14,75	49,25	29,94
17	A. Molina	13-06-02	533,50	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	537,00	0,65
18	A. Molina	14-06-02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	A. Molina	15-06-02	353,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	353,25	0,00
20	A. Molina	15-06-02	6000,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,50	3,75	6003,75	0,06
21	A. Molina	10-06-02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	A. Molina	10-06-02	190,75	0,00	55,50	745,50	317,50	0,00	0,00	0,00	1118,00	1309,25	85,43
23	A. Molina	11-06-02	0,00	0,00	0,00	1530,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1530,00	1530,00	100,00
24	A. Molina	11-06-02	3500,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	1,00	24,00	3524,00	0,68
25	A. Molina	13-06-02	1388,75	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1390,75	0,14
26	A. Molina	12-06-02	623,50	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	628,00	0,71
					0								
TOTAL			18606,23	50,25	62,50	2352,25	317,50	6,50	204,25	2,50	2995,75	21601,97	

Jibia *Dosidicus gigas* (10,89%), anchoveta *Engraulis ringens* (1,46%), reineta *Brama australis* (0,95%) sierra *Thyrsites atun* (0,29%), caballa *Scomber japonicus* (0,23%), Mictófidos (0,04%) y merluza de cola *Macrurus magallenicus* (0,01)



Tabla 30. Información de captura en número de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/I Abate Molina y PAM Líder (mayo-junio 2002).

Lance	Barco	Fecha	CAPTURAS (kg)										Contribución Fauna	
			Jurel	Caballa	Sierra	Jibia	Anchoveta	Mictofidos	Reineta	M. Cola	Captura Fauna	Captura Total		
1	Líder	14-06-02	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	6,00	100,00
2	Líder	13-06-02	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
3	Líder	12-06-02	120,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	121,00	0,82
4	A. Molina	30-05-02	466,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	479,00	2,71
5	A. Molina	01-06-02	377,00	12,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,00	401,00	5,98
6	A. Molina	30-05-02	940,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	942,00	0,21
7	A. Molina	01-06-02	78,00	10,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	94,00	17,02
8	A. Molina	03-06-02	1192,00	109,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	109,00	1301,00	80,37
9	A. Molina	16-06-02	8192,00	43,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	53,00	8245,00	0,64
10	A. Molina	05-06-02	209,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	209,00	0,00
11	A. Molina	06-06-02	2120,00	47,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	50,00	2170,00	2,30
12	A. Molina	16-06-02	13493,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	0,00	41,00	13534,00	0,30
13	A. Molina	09-06-02	43,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,00	0,00
14	A. Molina	14-06-02	1532,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00	45,00	1577,00	2,85
15	A. Molina	10-06-02	56,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	3,00	59,00	5,08
16	A. Molina	14-06-02	166,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	167,00	0,59
17	A. Molina	13-06-02	2570,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	2582,00	0,46
18	A. Molina	14-06-02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	A. Molina	15-06-02	1702,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1702,00	0,00
20	A. Molina	15-06-02	28913,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	13,00	28926,00	0,04
21	A. Molina	10-06-02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	A. Molina	10-06-02	919,00	0,00	148,00	93,00	1716,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1957,00	2876,00	68,04
23	A. Molina	11-06-02	0,00	0,00	0,00	191,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	191,00	191,00	100,00
24	A. Molina	11-06-02	16866,00	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,00	35,00	16901,00	0,20
25	A. Molina	13-06-02	6692,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	6705,00	0,19
26	A. Molina	12-06-02	3004,00	36,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,00	3040,00	1,18
TOTAL			89653,00	356,00	166,00	286,00	1716,00	0,00	88,00	3,00	2615,00	92268,00		

caballa *Scomber japonicus* (0,39%), anchoveta *Engraulis ringens* (1,86%), Jibia *Dosidicus gigas* (0,31%), sierra *Thyrsites atun* (0,18%), reineta *Brama australis* (0,09%) y merluza de cola *Macrurus magallenicus* (0,001)



5.5.3 Proporción y composición fauna acompañante

El 86,13% de lo capturado correspondió a jurel en 24 lances de pesca, con pesca, mientras que en 20 lances hubo fauna acompañante que representó el 13,87% de la captura total. Las especies presentes fueron: Jibia *Dosidicus gigas* (10,89%), anchoveta *Engraulis ringens* (1,46%), reineta *Brama australis* (0,95%) sierra *Thyrsites atun* (0,29%), caballa *Scomber japonicus* (0,23%), Mictófidos (0,04%) y merluza de cola *Macruronus magallenicus* (0,01)

El alto volumen de jibia registrado en el estudio, se explica principalmente por la captura de sólo dos lances de pesca (22 y 23), los cuales con su aporte dan cuenta del 13,87 % alcanzado por la fauna acompañante. Respecto a las otras especies, la caballa estuvo presente en la mayoría de los lances de pesca realizados en la zona evaluada, sin embargo, sus volúmenes en las capturas fueron drásticamente menores a lo registrado durante el 2001, donde alcanzó una participación en la captura total de 9,86% .

En este sentido para la especie más recurrente en la fauna asociada de jurel, la estructura de talla registra tamaños que van desde 17 a 34 cm de longitud horquilla, con una moda principal en 24 cm y una secundaria en 20 cm. Esta distribución bimodal difiere de lo observado durante el año 2000, donde la distribución en esta especie fue unimodal (32 cm) con ejemplares de mayor tamaño con tallas que fluctuaron entre 27 a 36 cm. Al comparar con el 2001, se observa similitud en los límites superior e inferior de la distribución, pero este año destaca el predominio de ejemplares pequeños al no repetirse la moda de 38 cm observada el año pasado. En cuanto al peso, esta especie tuvo asociado pesos menores con un valor promedio de 139 g que es inferior a lo registrado el 2000 y 2001, de 260 y 388 g, respectivamente.



5.6 Condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio.

5.6.1 Batimetría de la zona de estudio

A partir de los datos de profundidad de ecosonda registrados en las naves participantes durante el Crucero, se graficó la batimetría de la zona de estudio (**Fig. 19**). La figura presenta una batimetría global regular en el área de estudio, con la presencia de un suave talud en la región norte. Entre los 35°40' y los 36°40'LS, se describe una extensa plataforma continental (Terraza del Itata), restringida latitudinalmente por los cañones submarinos del río Itata y del río Biobío. Al oeste de Punta Lavapie, se observa un talud con mayor pendiente, no obstante, en el extremo sur del área de prospección (a partir de los 38° LS), el talud pierde estas características, presentando nuevamente una plataforma más extensa, similar a la descrita para la región norte.

5.6.2 Condiciones meteorológicas

Las mediciones de las variables meteorológicas medidas en este estudio, *i.e.*, altura y dirección de ola, dirección e intensidad del viento y presión atmosférica, fueron registradas en las embarcaciones y son resumidas en la **Tabla 31**.

La temperatura del aire registrada en el período de prospección, muestra claramente las diferencias latitudinales entre el sector norte y sur del área de estudio (**Figuras 20a y 21a**). En el sector norte, la temperatura del aire reveló un rango de variación entre los 12 y 19 °C, con un valor promedio de $13,9 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$,



Tabla 31. Condiciones atmosféricas en la zona de estudio (mayo-junio 2002)

Fecha	Dirección del Viento	Rapidez del viento (nudos)	Altura de olas	Dirección ola (grados)	Temperatura del aire (°C)	Presión atm. (mB)
Zona Norte						
27/05/02	105,0	5,7	2,5	225,0	13,0	1022,7
28/05/02	292,5	2,0	1,8	225,0	15,5	1024,4
29/05/02	135,0	0,8	1,1	202,5	14,5	1022,9
30/05/02	87,2	9,3	1,4	129,8	13,6	1020,2
31/05/02	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
01/06/02	234,0	3,6	0,9	252,0	14,4	1023,4
02/06/02	0,0	13,5	2,7	112,5	13,5	1017,5
03/06/02	236,3	12,5	1,6	281,3	13,7	1014,5
04/07/02	297,0	19,2	1,8	175,5	Sin datos	1017,2
05/06/02	288,0	10,4	1,5	220,5	Sin datos	1028,0
06/06/02	320,6	9,5	1,1	270,0	Sin datos	1025,0
07/06/02	315,0	2,4	0,8	261,0	Sin datos	1019,0
08/06/02	247,5	5,0	0,6	236,3	16,5	1028,8
09/06/02	202,5	16,0	1,9	220,1	14,0	1031,3
10/06/02	163,1	27,3	3,8	205,5	12,3	1027,8
11/06/02	168,8	16,3	2,6	205,5	12,5	1024,3
12/06/02	Sin datos	Sin datos	1,8	207,0	13,4	1027,0
13/06/02	171,0	3,8	2,9	205,5	13,5	1030,0
14/07/02	195,0	11,0	2,8	212,0	14,0	1029,3
Zona Sur						
29/05/02	23,0	10,0	2,8	20,0	9,5	1023,5
30/05/02	11,0	21,7	3,7	6,7	10,3	1019,7
31/05/02	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
01/06/02	29,0	20,5	4,8	27,0	9,1	1015,9
02/06/02	19,0	21,0	5,0	27,5	9,5	1011,5
03/06/02	31,0	25,0	5,0	32,0	10,0	1002,2
04/07/02	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
05/06/02	27,8	21,3	5,0	25,8	9,2	1016,1
06/06/02	27,2	21,4	5,4	26,8	9,8	1014,2
07/06/02	28,8	24,6	5,2	27,4	9,6	1017,7
08/06/02	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
09/06/02	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
10/06/02	14,8	14,0	3,3	20,5	6,3	1028,3
11/06/02	17,0	30,0	5,0	19,0	7,5	1026,0
12/06/02	17,3	23,3	5,3	18,3	8,0	1027,3
13/06/02	18,3	15,8	3,5	17,8	7,1	1030,8
14/07/02	17,8	15,8	3,0	17,3	7,6	1028,6
15/06/02	19,0	9,8	1,5	20,3	8,0	1026,3
16/06/02	21,0	24,0	3,0	21,0	9,0	1025,0
17/06/02	18,5	20,0	3,0	20,0	9,5	1023,5



valores significativamente mayores a los registrados en el sector sur (al sur de los 37° LS), los que presentaron un valor promedio de $8,7 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$, con un rango de fluctuación entre los 6 y 12 °C

La **Figura 20b y 21b** presentan las variaciones temporales de la presión atmosférica para todo el período de prospección. En el sector norte, la presión atmosférica tuvo un rango de variación entre 1013,0 y 1032,0 mB, con un valor promedio para el período de estudio de $1024,7 \pm 5,0$ mB, evidenciándose buen tiempo atmosférico hacia la segunda mitad del crucero de evaluación, a partir del 5 de junio de 2002. Con anterioridad a este período, la presión atmosférica registró un descenso significativo (1-5/07/02). Estos valores fueron levemente mayores a los registrados para el sector sur del área de estudio, donde la variable fluctuó entre 1001,5 y 1032,0 mB ($1021,3 \pm 7,4$ mB). En el sector sur (al sur de los 37°LS), la distribución temporal de esta variable evidenció un marcado descenso en la presión atmosférica al inicio del crucero (entre el 28 de mayo y el 3 de junio de 2002), denotando condiciones de mal tiempo atmosférico; por el contrario, a partir del 10 de junio las condiciones de tiempo atmosférico mejoran considerablemente, con valores de presión atmosférica fluctuando entre los 1025 y los 1030 mB.

Las **Figuras 10c y 11c** presentan las variaciones temporales en la altura de las olas para los dos sectores evaluados en el área de estudio. La altura de las olas en el sector norte fue significativamente menor (0,5 – 5,0 m; $1,8 \pm 1,1$ m), en el promedio, a lo registrado en el sector sur del área de estudio (1,0 – 6,0 m; $4,0 \pm 1,4$ m), evidenciando diferencias en el estado del mar en ambos sectores. En el sector norte (al norte de los 37°S), se evidenció una distribución temporal relativamente constante para esta variable, centrándose en una altura de ola cercana a los 2,0 m. Por el contrario, el sector sur evidenció un período entre el 1 y el 12 de junio, con valores significativamente mayores en la altura de olas, centrado en los 5,0 m. Por



su parte, la dirección de la ola (**Figuras 20 e y 21 e**) tuvo un comportamiento antagónico en las dos subáreas evaluadas, proviniendo del Sur en el sector norte, con promedios de $212,2^\circ \pm 67,5$, y desde el Norte y Noreste en el sector sur, con promedios de $22,0^\circ \pm 6,2$.

Las **Figuras 20d y 21d** muestran la evolución temporal de la rapidez del viento en la región de estudio. En el sector norte la rapidez del viento tuvo un promedio de $9,6 \pm 8,3$ nudos (rango entre 0,0 y 30 nudos), situación distinta a lo registrado en las estaciones del sector sur, donde se verificó un promedio de $19,0 \pm 7,0$ nudos (rango entre 5 y 30 nudos). Por otra parte, **las Figuras 20 f y 21 f** presentan la rosa de vientos de 8 puntas para la evaluación de la dirección del viento en los sectores norte y sur, respectivamente. Destaca un patrón distinto de distribución de la variable, evidenciando para el sector norte, vientos provenientes de los cuadrantes sur y oeste; por el contrario, el sector sur del área de estudio, evidenció vientos fluyendo principalmente desde el Norte y Noreste, con frecuencias de ocurrencias cercanas al 50% en cada caso.

Asimismo, la **Figura 22** muestra la variación espacial de la magnitud y dirección del viento durante el área y período de estudio, corroborando las mayores intensidades de vientos del norte, vinculadas con el sector sur del área prospectada.

5.6.3 Muestreo regular

5.6.3.1 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, 25, 50, 100, 200, y 400 m de profundidad, a excepción de la clorofila-a, sobre la cual se entrega la carta de distribución horizontal superficial integrada desde los 100 m a la superficie.

a) Estrato de 5 m de profundidad

Temperatura: En este estrato la temperatura presentó un amplio rango de variación, fluctuando entre los 11,5 y los 15,7 °C, con un valor promedio de $13,79 \pm 1,067^\circ\text{C}$ (n =133 datos). La **Figura 23** a muestra la distribución espacial de la temperatura del mar en el estrato de 5 m de profundidad. La región norte del área prospectada (al norte de los 34°LS) presentó aguas cálidas, con el predominio de las isotermas de 15 y 14,5°C y sin la presencia de gradientes térmicos latitudinales ni longitudinales, con agua levemente más cálidas (< 15°C) en el extremo noroccidental del área de estudio. No se verificó aguas con temperaturas mayores a 16°C. En la zona central destacó la clara penetración oceánica, en sentido NW-SE, de una lengua de agua comparativamente más cálida que alcanza las cercanías de la costa (25 mn) frente a punta Morguilla (37°40'LS), generando un fuerte gradiente térmico de disposición longitudinal (costa-océano), como consecuencia del choque con aguas comparativamente más frías (< 13°C), adyacentes a punta Lavapié (37°20'LS), probablemente debido a un evento muy local de surgencia costera. Al sur de los 38°S, la disposición de las isotermas evidenció la ausencia de gradientes costa-océano y, por el contrario, la presencia de gradientes latitudinales menos intensos, con aguas más frías (<12°C) hacia el sector más austral del área prospectada.

Las imágenes satelitales de temperatura superficial de mar (TSM) para el periodo comprendido entre los días 27 de mayo y 18 de junio del 2002 se caracterizaron por la presencia de abundante nubosidad, situación característica de las condiciones



meteorológicas imperantes durante el período invernal. Esto mismo contribuyó a que sólo se contara con un número limitado de imágenes (**Fig. 24**).

La distribución de TSM para el periodo de estudio se caracterizó por la presencia en la zona norte del área de estudio de aguas superficiales de temperaturas mayores a 15°C, las cuales se presentaron hasta los 37°LS y principalmente en el sector oceánico. La zona costera, al sur de los 33°LS, se caracterizó por la presencia de aguas relativamente frías (13°-14°C), al igual que el área al sur de los 39°LS (**Fig. 24**).

Comparativamente, la distribución de temperatura obtenida a una profundidad de 5 m indicó para el área de estudio la presencia de aguas más cálidas ingresando desde el norte y oeste del área de estudio. La distribución de las temperaturas más cálidas se encontró limitada al sur por los 37°LS y desde los 75°W hacia el oeste, mientras que se distribuyeron en casi toda el área norte de la zona de estudio (al norte de los 35°LS). En la zona costera y al sur de los 37°LS fue posible observar temperaturas relativamente frías, menores a 14°C y mayores a 11°C. Esta situación es bastante similar a las condiciones de TSM observadas mediante las imágenes satelitales obtenidas durante el período de estudio (**Fig. 24**).

Salinidad: En este estrato, la salinidad presentó un rango de variación entre 32,806 y 34,276 psu considerando toda el área prospectada, con un valor promedio de 33,976 \pm 0,238 psu (n =133 datos). La distribución espacial de la salinidad (**Fig. 25a**) en el sector norte (al norte de los 36°LS) estuvo dominada por las isohalinas de 34,1 y 34,2 psu, a excepción del sector costero asociado a la desembocadura del río Rapel (33°40'LS) y río Maule (35°LS), que presentó salinidades menores a 34,0 psu. Al sur de los 36°LS el campo salino estuvo dominado por aguas levemente menos salinas, representadas por las isohalinas de 33,9 y 33,8 psu. En la región costera



se evidenció claros gradientes laterales de salinidad debido al aporte de aguas continentales asociados a la desembocadura de los ríos Bío-bío y la bahía de Corral (ríos Valdivia y Tornagaleones).

Densidad: La densidad del agua de mar a los 5 m de profundidad presentó una variación de $0,872 \sigma_t$ (rango entre $24,972$ y $25,844 \sigma_t$) y un valor promedio de $25,434 \pm 0,165 \sigma_t$ ($n = 133$ datos), considerando toda el área prospectada. El campo horizontal superficial de la densidad del agua de mar, presentó similar distribución que la temperatura, con una penetración desde el océano de aguas menos densas ($< 25,3 \sigma_t$) en el sector central del área prospectada, la que alcanzó la región costera frente a punta Lavapié. Por el contrario, en la región costera del sector central (entre los 35° y 37° LS) se verificó aguas comparativamente más densas ($>25,6 \sigma_t$), siendo consistentes espacialmente con aguas más salinas y más frías, producto de un posible evento local de surgencia costera en esta región. Estas dos situaciones generan un fuerte gradiente lateral de densidad, situado entre las 10 y 50 mn desde la costa, frente a Punta Lavapié. Al sur de los 38° LS, el sector oceánico presentó un gradiente de distribución latitudinal, con aguas levemente más densas hacia el extremo austral del área de prospección, en tanto que en la región costera, y especialmente al sur de los $39^\circ 00'S$, destacó un gradiente lateral importante debido a la presencia de aguas menos densas asociadas a la Bahía de Corral (**Figura 26a**).

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar en el estrato de 5 m de profundidad presentó aguas bien oxigenadas, con un rango de variación entre los $5,16 \text{ ml l}^{-1}$ y los $7,01 \text{ ml l}^{-1}$ ($5,83 \pm 0,252 \text{ ml l}^{-1}$, $n = 83$ datos), considerando toda el área prospectada. La **Figura 27a** muestra la distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto, evidenciando una distribución



homogénea caracterizada por la isolínea de concentración de 6 ml l^{-1} . No se distinguió gradientes longitudinales ni latitudinales en la distribución de oxígeno.

b) Estrato de 25 m de profundidad

Temperatura: La distribución térmica horizontal a los 25 m de profundidad, valor representativo del estrato situado sobre la termoclina, mostró un rango de variación entre los $11,48$ y los $15,79$ °C, con un valor promedio de $13,79 \pm 1,041$ °C ($n = 134$ datos), considerando toda el área prospectada, situación similar al rango térmico detectado en superficie, corroborando que este estrato fue representativo de la capa de mezcla.

La distribución horizontal de la temperatura del mar en este estrato es presentada en la **Figura 23 b**, la cual muestra una situación casi idéntica al comportamiento térmico descrito para el estrato superficial, esto es, la presencia de aguas oceánicas comparativamente más cálidas ($> 15^\circ\text{C}$) hacia el norte de los 34°LS , la penetración hacia la costa de una lengua de aguas más cálidas que alcanzó las 25 mn frente a punta Lavapié, región donde también se verificó un importante gradiente termal debido a la presencia costera de aguas frías ($< 13^\circ\text{C}$). Asimismo, el sector sur verificó la presencia de gradientes latitudinales (y no laterales), con aguas más frías ($< 12^\circ\text{C}$) hacia el sector austral del área prospectada, revelando una variación latitudinal de la temperatura, que alcanzó casi los $3,5$ °C considerando toda el área de estudio.

Salinidad y Densidad: En este estrato la salinidad presentó valores entre $33,686$ y $34,272$ psu, con un valor promedio de $34,023 \pm 0,167$ (psu) ($n = 134$ datos), considerando toda el área prospectada. A diferencia de lo reseñado para el estrato superficial, la distribución horizontal a 25 m de profundidad (sobre la termoclina) no mostró la presencia de núcleos costeros de aguas menos salinas, revelando que el



aporte fluvial sólo tuvo una influencia local en superficie (**Fig. 25b**). El sector norte estuvo caracterizado por una distribución homogénea, bien caracterizada por las isohalinas de 34,2 y 34,1 (psu), sin la presencia de gradientes laterales; en tanto, el sector sur (al sur de los 36°LS), se caracterizó por aguas levemente menos salinas, vinculadas con las isohalinas de 34,0 a 33,8 psu.

Por su parte, la densidad del agua de mar mostró un valor promedio de $25,47 \pm 0,156 \sigma_t$ (rango entre 25,19 y 25,84 σ_t) (n =134 datos). Al igual que lo reseñado para la temperatura superficial, la distribución horizontal de la densidad (**Figura 26b**) evidenció la presencia de una penetración desde el océano en el sector central, de aguas menos densas ($< 25,3 \sigma_t$), las que se encuentran cerca de la costa con aguas comparativamente más densas ($> 225,7 \sigma_t$), debido probablemente a un foco local de surgencia. Las menores densidades ($< 25,3 \sigma_t$) fueron detectadas en la región oceánica del norte y centro del área de estudio, en tanto que, al sur de los 38°LS se evidencia un progresivo incremento latitudinal de la densidad, alcanzando valores mayores a 25,7 hacia el extremo austral del área prospectada.

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar en el estrato de 25 m de profundidad presentó un rango de variación levemente menor al descrito para el estrato superficial, fluctuando entre los 4,49 y los 6,27 ml l^{-1} ; no obstante el valor promedio ($5,7 \pm 0,244 \text{ ml l}^{-1}$, n =83 datos), fue muy similar al estimado en superficie. La distribución horizontal de la concentración de oxígeno disuelto a 25 m de profundidad (**Fig. 27 b**), presentó una distribución espacial muy similar a la reportada para en el estrato superficial, con aguas bien oxigenadas en todo el sector de estudio caracterizadas por la isóneas de 5 y 5,5 ml l^{-1} .



c) Estrato de 50 m de profundidad

Temperatura: En este estrato la temperatura presentó un rango de variación entre los 10,33 y los 15,59 °C, con un valor promedio de $13,40 \pm 1,216$ °C (n =131 datos), levemente menor que en los estratos superiores. La distribución horizontal de la temperatura en este estrato (**Fig. 23 c**) reveló una situación similar a lo descrito para los estratos superiores, al menos en la región oceánica (sobre las 100 mn desde la costa), mostrando aguas más cálidas (>15 °C) en el sector centro-norte, una penetración de aguas cálidas hacia la costa en el sector central, y la presencia de gradientes latitudinales al sur de los 38°LS. Por su parte, el sector costero (< 75 mn), evidenció la presencia de un núcleo de aguas comparativamente más frías entre los 36° y 37°LS, que generaron fuertes gradientes térmicos laterales (costa-océano) frente a punta Lavapié, tanto en el sector costero, como en el sector oceánico debido al ascenso de aguas frías (entre las 100 y 160 mn) desde el extremo sur del área de prospección.

Salinidad: La salinidad presentó un rango de variación de entre 33,71 y 34,55 psu y un valor promedio de $34,07 \pm 0,187$ psu para todos los datos (n =131 datos). La distribución espacial de la salinidad (**Fig. 25 c**) estuvo caracterizada por aguas más salinas (> 34,2 psu) en todo el sector costero al norte de los 36°LS y en el extremo noroccidental del área de estudio. Frente a Punta Lavapié se verificó un gradiente salino comparativamente mayor (ca. 0,2 psu en 20 mn). Al sur de los 37°40' casi toda la región estuvo bien caracterizada por la distribución de la isohalina de 33,9 psu.

Densidad: En este estrato la densidad del agua de mar presentó un rango de variación entre 25,196 y 26,235 $3 \sigma_t$, con un valor promedio de $25,585 \pm 0,248 \sigma_t$ (n =131 datos) (**Fig. 26c**). El campo horizontal de densidad fue similar a la distribución de reseñada en los estratos anteriores, caracterizada por la presencia



de aguas menos densas en el sector oceánico de la parte centro-norte y la clara penetración hacia la costa de una lengua de aguas menos densas ($< 25,3 \sigma_t$) en sentido NW-SE, que alcanza la región costera frente a punta Morguilla ($37^{\circ}40'LS$), generando una zona de fuertes gradientes laterales (positivos a la costa), debido a su encuentro con un núcleo de aguas de mayor densidad ($> 26,0 \sigma_t$) asociado a la región costera entre los 36° y $37^{\circ}LS$. Al sur de los $38^{\circ}LS$, la distribución de la densidad en este estrato estuvo bien caracterizada por la disposición de las isopicnas de $25,6$ y $25,7 \sigma_t$.

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, en el estrato de 50 m de profundidad, presentó un rango amplio de variación fluctuando entre los $1,83$ y los $5,96 \text{ ml l}^{-1}$ ($5,41 \pm 0,725 \text{ ml l}^{-1}$, $n = 82$ datos). El sector oceánico (50-200 mn) de la región norte (al norte de Constitución) presentó un estrato bien oxigenado ($> 5 \text{ ml l}^{-1}$), contrastando con la región costera (< 50 mn) que evidenció concentraciones menores de oxígeno disuelto ($< 3,5 \text{ ml l}^{-1}$) entre Valparaíso y Cabo Carranza ($35^{\circ}40'S$) (**Fig 27 c**). Al sur de los $37^{\circ}LS$, la concentración de oxígeno disuelto presentó una distribución homogénea, centrada en la isolínea de 5 ml l^{-1} , sin verificarse gradientes laterales de importancia.

d) Estrato de 100 m de profundidad

Temperatura: En este estrato de profundidad, la distribución horizontal de la temperatura cambia radicalmente respecto de lo reseñado con anterioridad. El campo térmico horizontal presentó una distribución homogénea de la temperatura en toda el área de estudio, una variación clinal máxima de aproximadamente $1^{\circ}C$, y ausencia de gradientes laterales (costa-océano) y latitudinales. No se detectó la presencia de aguas con temperaturas mayores a $12^{\circ}C$ (**Fig. 23 d**). El rango de



fluctuación de la variable al considerar todas las estaciones realizadas ($n = 121$) fue de $9,57 - 12,02$ °C con un valor promedio de $10,82 \pm 0,492$ °C.

Salinidad y Densidad: En este estrato de profundidad, se detectó aguas más salinas ($> 34,4$ psu) en el sector costero situado al sur de Valparaíso, y entre punta Nugurne y punta Lavapié, generando leves diferencias laterales en la región norte del área de estudio. Sin embargo, lo que destaca en la distribución salina de este estrato, es la presencia de un claro gradiente salino ($0,3$ psu en 20 mn) de disposición NW-SE, que divide al área de estudio entre los $36^{\circ}20'$ y los $37^{\circ}40'LS$, del sector sur, donde dominaron las isohalinas de $34,0$ y $34,1$ psu en el sector oceánico, verificándose aguas levemente más salinas ($> 34,2$ psu) en el sector costero (**Fig. 25 d**). El rango de fluctuación de la salinidad al considerar todas las estaciones realizadas ($n = 121$) fue de $33,972 - 34,526$ psu, con un valor promedio de $34,230 \pm 0,148$ psu.

La distribución espacial de la densidad del agua de mar en este estrato (**Fig 26 d**), evidenció, para el sector norte, la presencia de aguas comparativamente más densas ($> 26,3 \sigma_t$) hacia el sector costero y, aguas menos densas ($< 26,1 \sigma_t$) hacia el extremo occidental. Por el contrario, el sector situado al sur de los $38^{\circ}LS$ evidenció una distribución homogénea, caracterizada de buena forma por la isopicna de $26,2 \sigma_t$. Destaca la penetración de aguas levemente menos densas el océano hacia el sector costero de punta Lavapié, generando una leve zona de gradiente latitudinal en este sector. El rango de fluctuación de la densidad al considerar todas las estaciones realizadas ($n = 121$) fue de $25,93$ y $26,43 \sigma_t$, con un valor promedio de $26,21 \pm 0,114 \sigma_t$.

Oxígeno disuelto: La **Figura 27d** muestra la distribución horizontal de la concentración de oxígeno disuelto para el estrato de 100 m de profundidad. Se observó un gradiente lateral importante a lo largo de toda el área prospectada



asociando concentraciones menores ($< 3,0 \text{ ml l}^{-1}$) al sector costero, mientras que la región oceánica ($> 130 \text{ mn}$) estuvo bien caracterizado por la isolínea de 5 ml l^{-1} .

e) Estrato de 200 m de profundidad

Temperatura: El rango de fluctuación de la temperatura al considerar todas las estaciones realizadas ($n = 114$) fue de $8,36 - 11,17 \text{ }^\circ\text{C}$ con un valor promedio de $9,89 \pm 0,524 \text{ }^\circ\text{C}$. El área de estudio presentó una variación térmica latitudinal de aproximadamente $0,5-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$. La región norte del área de estudio evidenció una distribución térmica homogénea, bien caracterizada por la isoterma de $10 \text{ }^\circ\text{C}$. El sector sur, en tanto, presentó aguas levemente más frías en el sector oceánico ($< 9,5 \text{ }^\circ\text{C}$) en comparación al sector costero (**Fig. 23e**).

Salinidad y Densidad: El rango de fluctuación de la salinidad en este estrato, al considerar todas las estaciones de muestreo ($n = 114$) fue de $34,183 - 34,611 \text{ psu}$, con un valor promedio de $34,47 \pm 0,085 \text{ psu}$. En este estrato (figura 15e), el sector situado al norte de los 36°LS , presentó aguas levemente más salinas ($> 34,5 \text{ psu}$) que en la región sur, con una distribución homogénea caracterizada por la isohalina de $34,4 \text{ psu}$. Los menores valores de salinidad en este estrato, fueron detectados en el extremo SW del área de prospección ($< 34,3 \text{ psu}$). Para el caso de la densidad (**Fig. 26e**), esta variable presentó una distribución espacial homogénea, bien caracterizada por la distribución de las isopicnas de $26,5$ y $26,6 \text{ } \sigma_t$. No se observó gradientes latitudinales ni longitudinales de importancia. El rango de fluctuación de la densidad al considerar todas las estaciones de muestreo ($n = 114$) fue de $26,392 \text{ } \sigma_t - 26,643 \text{ } \sigma_t$, con un valor promedio de $26,555 \pm 0,050 \text{ } \sigma_t$.

Oxígeno disuelto: El rango de fluctuación de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, al considerar todas las estaciones ($n = 70$) se encontró entre los $0,49 \text{ ml l}^{-1}$ y los $4,71 \text{ ml l}^{-1}$, con un valor promedio de $1,45 \pm 0,809 \text{ ml l}^{-1}$. El sector



central del área de estudio no pudo ser evaluado a la luz de esta variable, debido a condiciones de mal tiempo que impidieron utilizar el equipo de roseta y realizar perfiles de botellas como alternativa. La distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto en este estrato de profundidad (**Fig 27 e**) evidenció, en gran parte de la región costera (entre las 10 y 75 mn desde la costa), la presencia de aguas con concentraciones mínimas de oxígeno, esto es, concentraciones menores a 1 ml l^{-1} , evidenciando la presencia de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AEES) en este estrato de profundidad. Esta distribución permite pensar que el sector central, no evaluado para esta variable, tuvo un comportamiento similar. Destacan las mayores concentraciones ($> 3,0 \text{ ml l}^{-1}$) detectadas en el sector oceánico al sur de los 37°LS , además de la incursión de aguas levemente más oxigenadas hacia el SE, alcanzando la latitud de puerto Saavedra.

f) Estrato de 400 m de profundidad

Temperatura: El rango de fluctuación de la temperatura en los 400 m de profundidad fue de $6,08 - 8,96^\circ\text{C}$ ($n = 106$) con un valor promedio de $7,04 \pm 0,539^\circ\text{C}$, promedio casi 3°C inferior a la temperatura del estrato de 200 m. La distribución horizontal de la temperatura del mar en este estrato (**Fig 23 f**) reveló un comportamiento espacial homogéneo, centrado en las isotermas de 7 y $7,5^\circ\text{C}$. El extremo NW del área de estudio presentó temperaturas comparativamente más altas ($> 8,0^\circ\text{C}$), en tanto que las menores temperaturas fueron registradas en el sector sur, con un núcleo de aguas con $6,5^\circ\text{C}$ frente a punta Lavapié (entre las 50 y 130 mn desde la costa) y en el extremo SW del área prospectada.

Salinidad y Densidad: El rango de fluctuación de la salinidad en este estrato, considerando todas las estaciones ($n = 106$) fue de $34,266$ y $34,509$ psu, con un valor promedio de $34,376 \pm 0,055$ psu, valor inferior al reseñado para el estrato de 200 m de profundidad, revelando la presencia incipiente de Aguas Intermedias Antárticas



(AIA) en este estrato de profundidad. La distribución horizontal de la salinidad (**Fig. 25f**), reveló una distribución homogénea en los sectores norte y sur del área de estudio, bien caracterizados por las isohalinas de 34,4 y 34,3 psu, respectivamente. La densidad (**Figura 16 f**) presentó una distribución espacial homogénea la cual quedó bien caracterizada por la isopicna de 26,9 σ_t . El rango de fluctuación de la densidad fue muy estrecho, fluctuando entre los 26,741 y los 26,983 σ_t , (n = 106) con un valor promedio de $26,919 \pm 0,044 \sigma_t$.

Oxígeno disuelto: El rango de fluctuación de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, al considerar todas las estaciones (n = 67) fue muy amplio variando entre los 0,96 ml l⁻¹ y los 4,62 ml l⁻¹, con un valor promedio de $2,83 \pm 0,984$ ml l⁻¹, superior al reseñado para el estrato de 200 m de profundidad, confirmando la presencia de AIA en este estrato. La distribución horizontal de oxígeno disuelto (**Fig. 27f**) presentó concentraciones mucho mayores que las descritas para los 200 m de profundidad, confirmando la ausencia de concentraciones mínimas de oxígeno disuelto (< 1 ml l⁻¹), características de las AESS, en el área de estudio. Se destaca sólo la presencia de un gradiente latitudinal en el sector centro-norte del área de distribución, cuya interpretación es limitada debido a la carencia de información para esta variable en el sector central.

g) Distribución horizontal de la clorofila-a superficial

La distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (estimada como clorofila-a) (**Fig 28a**), evidenció valores que fluctuaron entre los 0,123 y 4,560 mg m⁻³, con un promedio de $0,579 \pm 0,620$ mg m⁻³, valor consistente con el período invernal y la región oceánica evaluada en este estudio. La distribución espacial de esta variable mostró gran porcentaje del área prospectada con valores bajos, centrados en los 0,5 mg m⁻³, esto es, entre el extremo norte del área prospectada y los 38°LS. No



obstante lo anterior, se detectó dos importantes núcleos de altas concentraciones asociados al extremo SE del área de estudio, con concentraciones superiores a los $3,5 \text{ mg m}^{-3}$.

La biomasa fitoplanctónica también se ha expresado como clorofila-a integrada en los primeros 100 m de la columna de agua (**Fig. 28b**). La distribución de la clorofila-a integrada reveló dos ambientes distintos, situados al norte y sur de los 37°LS . El sector norte presentó los menores valores de la variable integrada, que no superaron los 30 mg m^{-2} e incluso menores hacia la región costera. En cambio, la región sur presentó valores significativamente mayores de clorofila-a integrada, destacando un núcleo oceánico (75 y los 130 mn desde la costa) situado entre los $37^\circ40'\text{S}$ y los 39°LS , con valores superiores a los 60 mg m^{-2} . Asimismo, el sector costero presentó una distribución bien caracterizada por las isolíneas de 40 y 50 mg m^{-2} . El rango de fluctuación de esta variable fue de 11,7 y $84,3 \text{ mg m}^{-2}$ ($32,2 \pm 12,58 \text{ mg m}^{-2}$).

5.6.3.2 Análisis distribución vertical de las variables oceanográficas

A continuación, se entrega un análisis de la distribución vertical de cada una de las variables registradas durante el estudio, para cada una de las transectas evaluadas en el área de prospección. Se omite de este análisis la transecta 17, situada en los 38°LS , debido a que gran parte de sus estaciones de muestreo no pudieron ser evaluadas debido a las malas condiciones del tiempo atmosférico y del mar. Las transectas han sido numeradas desde la transecta 1 (extremo norte) a la transecta 23 (extremo sur).



Transectas 1 a la 5 (**Figuras 29 a la 33**) Las transectas 1 a la 5 corresponden a la evaluación del extremo norte del área de estudio, entre los 32°40'LS y los 34°LS. Estas transectas tuvieron un patrón de distribución térmico vertical similar entre ellas, el que se caracterizó por: a) la presencia de aguas comparativamente más cálidas (>14 °C) en el sector oceánico, con un ascenso de las isotermas de 14°C y 13°C hacia el sector costero (< 25 mn), generando diferencias laterales (costa-oceano) positivas al oeste, a excepción de la Transecta 5 (**Figura 33a**). Las transectas que alcanzaron las 200 mn desde la costa revelaron la presencia superficial (0-50 m) de aguas con temperaturas superiores a los 15 °C; b) una estratificación térmica vertical (termoclina) bien desarrollada a lo largo de todo el transecto (aunque mucho menos intensa en la estación costera), que se profundizó levemente hacia el sector oceánico, y se situó en un rango de profundidad entre los 60 y 100 m, considerando la estación situada a las 100 mn desde la costa y, c) un descenso térmico a una tasa relativamente constante con la profundidad, desde temperaturas de 10 °C registradas a los 200 m, a valores menores a 6°C hacia el estrato entre los 500 y 600 m de profundidad.

La distribución vertical de la salinidad, por su parte, estuvo caracterizada por: **a)** la presencia de una débil haloclina (a excepción de la Transecta 1, **Figura 29 b**), la que se profundizó hacia el sector oceánico, situándose entre los 120 y 180 m de profundidad; **b)** la presencia de muy débiles gradientes costa-oceano, positivos al océano, los que se intensificaron en las transectas 3 y 4 (**Figuras 31b y 32b**), debido a la presencia de aguas menos salinas en el sector costero por el aporte fluvial del río Rapel; **c)** la presencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS, isohalina de 34,5 psu), la que se extendió hacia el límite occidental de 200 mn, pero que tuvo una mayor expresión al interior de las 100 mn desde la costa, abarcando el estrato comprendido entre los 150 y los 300 m de profundidad (máximo salino



subsuperficial), que caracteriza el flujo costero hacia el sur de la corriente de Günther.

El campo vertical de la densidad en estas transectas presentó patrón similar al de la temperatura, caracterizándose por: **a)** la presencia de diferencias laterales en el estrato superficial (0-100 m), positivas a la costa, debido al ascenso hacia la región costera de las isopícnas entre 25,6 a 26,0 σ_t . Destaca la presencia muy costera y superficial (efecto local), de aguas menos densas en las transectas 3 y 4 (**Figuras 31c y 32c**), debido al aporte fluvial del río Rapel; **b)** una picnoclina bien desarrollada a lo largo de todos los transectos, situada entre los 40 y 100 m de profundidad, con una profundización hacia la región oceánica. La transecta 1 (**Figura 29c**) presentó una haloclina menos intensa que el resto de las secciones evaluadas en la región norte; **c)** una capa de mezcla que no sobrepasó los 30-40 m en el sector costero y exhibió una profundización hacia la región oceánica (> 75 m), situándose entre los 40 y 60 m de profundidad; **d)** bajo los 200 m de profundidad, el patrón de distribución de la densidad exhibió un incremento monótonico con la profundidad, alcanzando valores de 27,0 σ_t , hacia el estrato de 500 m.

El patrón de distribución de la concentración de oxígeno disuelto, presentó las siguientes características: **a)** un estrato superficial (0-100 m) bien oxigenado (> 5 ml l⁻¹), evidenciando, en algunos casos (transectos 2 y 4, Figuras 30d y 32d), gradientes laterales positivos al océano, debido al ascenso de las isolíneas de concentración de 2, 3 y 4 ml l⁻¹; **b)** la presencia de débiles y extensas oxiclina, que se profundizan hacia el sector oceánico, situándose entre los 50 a los 150 m de profundidad; **c)** la ausencia de aguas con concentraciones mínimas de oxígeno (< 1 ml l⁻¹), a excepción de las transectas 2 y 4, situadas inmediatamente al norte de punta Curaumilla y punta Toro, respectivamente, las que presentaron aguas con bajo contenido de oxígeno en la región costera (pegada al talud continental), situadas entre los 150 y 380 m de



profundidad, caracterizando la presencia de AESS en ese estrato; **d)** Bajo los 400 m de profundidad, se detectó un incremento en la concentración de oxígeno disuelto ($> 3 \text{ ml l}^{-1}$), revelando la presencia incipiente de Aguas Intermedias Antárticas (AIA) en este estrato de profundidad.

La distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica, estimada como clorofila-a, en estas transectas, reveló: **a)** valores bajos en todas las transectas, que no superaron los $0,6 \text{ mg m}^{-3}$, a excepción de la transecta 5, que presentó un núcleo costero (Estación 23) de concentraciones comparativamente más altas que alcanzaron los $1,0 \text{ mg m}^{-3}$, a los 20 m de profundidad; **b)** bajo los 80 m de profundidad, todas las secciones del extremo norte del área de estudio, evidenciaron valores inferiores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$; **c)** la ausencia de núcleos subsuperficiales y/o superficiales de clorofila-a, verificaron una distribución relativamente homogénea, con ausencia de gradientes laterales de importancia a lo largo de los transectos.

Transectas 6 a la 10 (Figuras 34 a la 38) Las transectas 6 a la 10 estuvieron situadas entre punta Pichilemu ($34^{\circ}20' \text{LS}$) y cabo Carranza ($35^{\circ}40' \text{LS}$). Las distribuciones de la temperatura en estas secciones oceanográficas presentaron un patrón vertical similar, caracterizado por: a) la presencia de aguas cálidas ($>14^{\circ} \text{C}$) a lo largo de todo el transecto, evidenciando la ausencia de un ascenso de isotermas hacia el sector costero como se reseñó para las transectas anteriores y verificando, en consecuencia, la ausencia de gradientes laterales (costa-océano) de importancia en el estrato superficial, a excepción de las transectas 7 y 9, que presentaron temperaturas mayores en la región más oceánica ($> 130 \text{ mn}$); b) una termoclina bien desarrollada, en general, a lo largo de todo el transecto, la que se intensificó levemente hacia el sector oceánico, situándose entre los 40 y 80 m de profundidad; c) un descenso térmico a una tasa relativamente constante con la profundidad,



desde los 200 m de profundidad, alcanzando valores menores a 6°C en los 500 m de profundidad.

La distribución vertical de la salinidad, estuvo caracterizada por: **a)** la presencia de una muy débil y extensa haloclina en la mayoría de las transectas, situada entre los 80 y 160 m de profundidad, la que virtualmente desaparece en la región costera. La haloclina sólo se profundizó levemente hacia el océano en las transectas 6 y 7, a diferencia de lo reseñado para el sector norte; **b)** la ausencia de gradientes laterales, en la mayoría de los transectos (excepto en los transectos 7 y 8); **c)** la presencia subsuperficial de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), representada por la isohalina de 34,5 psu, presente en todas las transectas, extendiéndose hasta las 200 mn, pero con una mayor relevancia entre la costa y las 100 mn. Las AESS se sitúan verticalmente entre los 150 y 350 m de profundidad, al analizar las estaciones orientales (10-100 mn) de cada transecto, caracterizando a la corriente subsuperficial de Günther con dirección hacia el polo.

Por su parte, la distribución vertical de la densidad del agua de mar en estos transectos reveló: **a)** la ausencia de diferencias laterales (costa-océano) en el estrato superficial, como fue reseñado para las transectas anteriores, con la sola excepción de la transecta 9, en la cual las isopicnas de 25,6 y 25,4 σ_t , rompen en superficie aproximadamente en las 50 y 150 mn desde la costa, respectivamente; **b)** una picnoclina bien desarrollada a lo largo de todo el transecto, identificable tanto en las transectas largas (200 mn) como en las de corta extensión (100 mn). La picnoclina estuvo situada entre los 50 y 100 m de profundidad, sin evidenciar una profundización hacia el sector oceánico y, en algunos casos (transectos 9 y 10; Fig 37c y 38c), ausencia de picnoclina en la región más costera (< 25 mn); **c)** una capa de mezcla identificable en todos los transectos, con una extensión vertical entre los 50 y 60 m y que, en general, no exhibió una profundización hacia la región oceánica;



d) un incremento monótonico con la profundidad, desde aproximadamente los 200 m hasta la máxima profundidad de muestreo, donde se registró valores centrados en los $27,0 \sigma_t$.

La distribución de oxígeno disuelto en los transectos 6 a 9 (en la transecta 10 no fue evaluada esta variable), reveló un estrato superficial bien oxigenado, con valores superiores a los 5 ml l^{-1} , a excepción de la transecta 9 (**Fig 37 d**), que presentó una concentración superficial levemente menor. La oxiclina se evidenció débil y extensa en profundidad, al igual que lo indicado previamente para las transectas del sector norte, las que se situaron verticalmente entre los 30 a los 200 m de profundidad, a excepción de la transecta 9 donde la oxiclina no se verificó. No se registró, salvo en pocas estaciones de muestreo, aguas con concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$). Bajo los 400 m de profundidad, se detectó un incremento en la concentración de oxígeno disuelto ($>3 \text{ ml l}^{-1}$), caracterizando la presencia de AIA en este estrato de profundidad.

La distribución vertical de la clorofila-a reveló valores muy bajos en todas las transectas, verificándose la ausencia de gradientes laterales. Los valores superficiales de esta variable no superaron los $0,6 \text{ mg m}^{-3}$, en tanto que, bajo los 60 m de profundidad, todas las secciones evidenciaron valores inferiores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$.

Transectas 11 a la 14 (Figuras 39 a la 42). Las transectas 11 a la 14 se situaron espacialmente entre los 36°LS y los 37°LS ; entre punta Nugurne y punta Lavapié. El patrón térmico de distribución vertical indicó la penetración desde el océano, de aguas cálidas ($>15^\circ\text{C}$) en el estrato superficial, lo que se apreció principalmente en las transectas largas (transectas 11 y 13, **Figuras 39a y 41a**), generando un gradiente lateral positivo al océano. El sector costero presentó aguas más frías ($<13^\circ\text{C}$) debido al ascenso de las isotermas de 12 y 13°C hacia la costa, con especial énfasis en la transecta 14, probablemente debido a la presencia de un



foco local de surgencia frente a Punta Lavapié. La termoclina estuvo bien desarrollada a lo largo de todos los transectos, particularmente hacia el sector oceánico, situándose entre los 50 y 100 m de profundidad. Se observó un descenso térmico, a una tasa relativamente constante con la profundidad, desde los 200 m hacia la máxima profundidad de muestreo, alcanzando valores menores a 6 °C en el estrato de 500 metros.

El campo vertical salino en las transectas 10 a 14, se caracterizó por: **a)** el ascenso de las isohalinas de 34,2, 34,3 y 34,4 psu hacia el sector costero, generando gradientes laterales de importancia en el estrato superficial; **b)** la presencia de una haloclina más intensa que la indicada en los sectores anteriormente reseñados, la que se profundizó hacia el sector oceánico, particularmente en los transectos 13 y 14 (**Figs. 41 b y 42 b**), situándose en los 100 y los 180 m de profundidad. La excepción se encuentra en la transecta 11, la cual evidenció una haloclina débil y extensa, **c)** la presencia subsuperficial de AESS, que se situó verticalmente entre los 150 y los 250 m de profundidad, siendo más extensas en las transectas 11 y 12. Las transectas situadas sobre la terraza del Itata (transectos 13 y 14), presentaron las AESS restringidas hacia el sector costero (< 75 mn desde la costa). En el estrato superficial, las transectas 12 y 14 evidenciaron el efecto local (en las dimensiones horizontal y vertical) de la influencia de aguas continentales producto del aporte fluvial de los ríos Itata y Bío-Bío, respectivamente.

Por su parte, la distribución vertical de densidad reveló la presencia, a diferencia de los transectos 6-10, de claras diferencias laterales en el estrato superficial, con aguas menos densas en el extremo occidental de las secciones, lo que se aprecia con mayor claridad en los transectos 13 y 14, debido al ascenso hacia la costa, de las isopícnas de 25,4 a 26 σ_t , algunas de las cuales rompen en superficie entre las 50 y 100 mn. Se verificó picnoclinas fuertemente desarrolladas en todos los transectos,



profundizándose claramente hacia el sector oceánico, situándose entre los 40 y 100 m de profundidad. La capa de mezcla también evidenció diferencias laterales (costa-oceano) en todos los transectos, siendo menores a 30 m en el sector costero (incluso menores a 10 m, transecta 14) y mayores a 60 m en el extremo oceánico de las transectas. De igual forma a lo indicado para las transectas anteriores, se evidenció un incremento monótono con la profundidad, desde aproximadamente los 200 m hasta la máxima profundidad de muestreo, donde se registró valores superiores a $27,0 \sigma_t$.

Debido a las malas condiciones climáticas y de estado del mar, sólo se obtuvo información de la concentración de oxígeno disuelto en el transecto 14 (**Fig 42d**), situado en los $37^{\circ}00'S$. En esta sección se aprecia claramente el ascenso hacia la costa de las isolíneas de concentración de 2, 3 y 4 ml l^{-1} , corroborando el probable evento de surgencia local en este sector. Se observó una oxiclina bien desarrollada a lo largo de la sección, más profunda hacia el sector oceánico, donde se situó entre los 150 y los 200 m de profundidad. A diferencia de las transectas evaluadas en el sector anterior (transectas 6 a 10), en esta sección se evidenció con claridad la presencia de aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$) situadas verticalmente entre los 180 y 350 m y cuya extensión longitudinal abarcó hasta las 75 mn desde la costa. Bajo los 400 m de profundidad, se detectó un incremento en la concentración de oxígeno disuelto ($> 4 \text{ ml l}^{-1}$), caracterizando la presencia AIA en este estrato de profundidad.

La distribución vertical de la clorofila-a muestra, al igual que para el grupo de transectas reseñadas con anterioridad, valores muy bajos en todas las secciones, con la ausencia de gradientes laterales. Los valores de esta variable en el estrato superficial (0-50 m), no superaron los $0,6 \text{ mg m}^{-3}$, en tanto que, bajo los 60 m de profundidad, todas las secciones evidenciaron valores inferiores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$. Entre



los bajos valores detectados, destaca un núcleo costero subsuperficial (10 m) en la transecta 14 (**Fig 42e**), con concentraciones comparativamente más altas (1 mg m^{-3}).

Transectas 15 a la 18 (Figuras 43 a la 45). Las secciones oceanográficas 15 a la 18, se localizaron entre los $37^{\circ}20' \text{LS}$ (punta Morguilla) y los $38^{\circ}20' \text{LS}$ (isla Mocha). Como se había señalado anteriormente, se omite de este análisis la transecta 17, situada en los 38°LS , debido a que gran parte de sus estaciones de muestreo no pudieron ser evaluadas debido a condiciones climáticas adversas.

La distribución vertical de la temperatura, a diferencia a lo descrito para el sector anterior, no presentó la intrusión de aguas cálidas ($>15^{\circ} \text{C}$) desde el sector oceánico en el estrato superficial, sino que por el contrario, se advierte la ausencia de gradientes laterales de importancia. La termoclina estuvo bien desarrollada a lo largo de todos los transectos, particularmente hacia el sector oceánico, ubicándose entre los 60 y 90 m de profundidad. No se verificó una profundización de la termoclina en ninguno de los transectos. Bajo los 200 m de profundidad, y al igual que en los sectores anteriores, se verificó un descenso en los valores de temperatura a una tasa relativamente constante con la profundidad, desde los 200 m hacia la máxima profundidad de muestreo, donde se registraron valores menores a 6°C en el estrato de 500 m (**Figs 43a, 44a y 45a**).

Por su parte, el campo salino estuvo caracterizado por: **a)** la ausencia de gradientes laterales (costa-océano) en el estrato superficial, en comparación a lo descrito en los transectos anteriores; **b)** la presencia de una fuerte haloclina la que, no evidenció una profundización hacia el extremo occidental del transecto (**Figuras 33b, 34b y 35b**), situándose entre los 80 y los 160 m de profundidad. La excepción a lo anterior, la constituyó el transecto 15, que presentó una haloclina débil y extensa, levemente profundizada hacia océano; **c)** una débil presencia subsuperficial de las AESS,



restringidas sólo a las estaciones más costeras de los transectos y situadas entre los 150 y los 250 m de profundidad.

El campo vertical de la densidad evidenció, por su parte, la ausencia de gradientes longitudinales en el estrato superficial. Sólo el transecto 15 (punta Lavapié) presentó un ascenso hacia la costa de las isopícnas de 25,4 a 26 σ_t , las cuales alcanzaron la superficie entre las 25 y 50 mn desde la costa, de manera similar a lo descrito para el sector anterior. Se verificó picnoclinas bien desarrolladas en todos los transectos, sin profundizarse hacia el océano. La profundidad de la capa de mezcla fue relativamente uniforme a lo largo de todos los transectos, excepto por la transecta 15 que mostró diferencias laterales (costa-océano), positivas al extremo oceánico del transecto. De igual forma a lo indicado para las transectas anteriores, se evidenció un incremento monótonico con la profundidad, desde los 200 m hasta los 500 m de profundidad, donde se registró valores superiores a 27,0 σ_t .

En este sector sólo se obtuvo información de la concentración de oxígeno disuelto en el transecto 15 (situado en los 37°20'LS), debido a las malas condiciones climáticas y de estado del mar (**Fig. 43d**). Esta sección presentó un estrato superficial bien oxigenado ($>5 \text{ ml l}^{-1}$), con una oxiclina bien desarrollada hacia las estaciones más costeras del transecto, siendo más extensa y débil hacia el extremo oceánico de la sección. A diferencia de las transectas evaluadas en el sector anterior (transecta 14), en esta sección la presencia de aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$) estuvo restringida sólo a la estación más costera de la transecta y se situó entre los 120 y 300 m. Bajo los 400 m de profundidad, se detectó un incremento en la concentración de oxígeno disuelto ($>5 \text{ ml l}^{-1}$), caracterizando la presencia AIA en este estrato de profundidad.

De igual manera a lo indicado para la distribución de oxígeno disuelto, en este sector sólo se obtuvo información de la concentración de clorofila-a en el transecto 15 (**Fig**



43e). La distribución vertical de la clorofila-a muestra, a diferencia a lo descrito en los sectores precedentes, dos núcleos subsuperficiales de concentraciones de 1,6 y 2,0 mg m^{-3} , los que fueron registrados en la estación de 130 mn desde la costa y se ubicaron a una profundidad de 10 y 40 m, respectivamente. El resto del transecto presentó valores en el estrato superficial (0-50 m), no superaron los 0,8 mg m^{-3} , en tanto que, bajo los 60 m de profundidad, no se encontró valores superiores a 0,2 mg m^{-3} .

Transectas 19 y 20 (Figuras 46 y 47). Las transectas 19 y 20 estuvieron situadas frente a Puerto Saavedra (38°40'LS y 39°LS). El patrón térmico vertical presentó un estrato superficial sin gradientes laterales importantes. La termoclina en ambos transectos aparece muy debilitada, especialmente hacia el sector costero, donde prácticamente desaparece. De manera similar a lo observado en otros sectores, se verificó un descenso térmico, a una tasa constante con la profundidad, a partir de los 200 m hacia la máxima profundidad de muestreo, alcanzando valores menores a 6°C en el estrato de 500 m.

El campo vertical de salinidad se caracterizó por: **a)** la ausencia de gradientes laterales en el estrato superficial; **b)** la presencia de una haloclina muy amplia e intensa, la cual no evidenció una profundización hacia el sector oceánico, quedando confinada entre los 50 y los 170 m de profundidad (**Figs. 46b y 47b**); **c)** la ausencia de AESS incluso de las estaciones más costeras del transecto.

Por su parte, el campo vertical de densidad no evidenció gradientes longitudinales en el estrato superficial. La profundidad de la capa de mezcla presentó valores altos, y una distribución vertical uniforme a lo largo de todos los transectos. En ambas transectas se verificó picnoclinas bien desarrolladas, pero no se evidenció una profundización hacia el sector oceánico de manera similar a lo reseñado en para los transectos 15 a 18. A partir de los 200 m de profundidad, se evidenció un incremento



monotónico con la profundidad hasta los 500 m de profundidad, donde se registró valores superiores a $27,0 \sigma_t$.

En este sector se obtuvo información de la concentración de oxígeno disuelto sólo en el transecto 20, debido a factores climáticos adversos (**Fig. 47d**). Se verificó un estrato superficial bien oxigenado ($>5 \text{ ml l}^{-1}$) y una oxiclina amplia y débil, ubicada verticalmente entre los 60 y 180 m de profundidad. En esta sección, y a diferencia de las transectas evaluadas en el sector anterior, se identificó la presencia de aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$), las cuales estuvieron presentes en una estrecha banda en todo el transecto, ubicándose entre los 180 y 220 m. Bajo los 400 m de profundidad, se detectó un incremento en la concentración de oxígeno disuelto ($> 4 \text{ ml l}^{-1}$), caracterizando la presencia AIA en este estrato de profundidad.

La distribución vertical de la concentración de clorofila-a en el transecto 20 (**Fig. 47e**) muestra un núcleo subsuperficial de concentraciones mayores a $1,4 \text{ mg m}^{-3}$ en la estación de 75 mn desde la costa, situado a una profundidad de 40 m. El resto del transecto presentó muy bajas concentraciones de clorofila-a entre $0,2$ y $0,4 \text{ mg m}^{-3}$.



Transectas 21 a la 23 (Figuras 48 a la 50). Las transectas 21 a la 23 estuvieron localizadas espacialmente entre los 39°20'LS y los 40°LS, en el extremo sur del área de prospección. El patrón térmico de distribución vertical evidenció aguas superficiales más frías ($<12\text{ }^{\circ}\text{C}$) y sin gradientes laterales (costa-océano) de importancia. En estos transectos no fue posible identificar una termoclina definida, observándose más bien un descenso térmico, a una tasa relativamente constante con la profundidad hacia la máxima profundidad de muestreo, alcanzando valores menores a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el estrato de 500 m.

La distribución vertical de salinidad, en tanto, estuvo definida por la presencia de una intensa haloclina, la cual estuvo presente a lo largo de todas las transectas (**Figs 48b, 49b y 50b**), situándose en los 80 y los 180 m de profundidad. En estos transectos no se detectó salinidades mayores a 34,4 psu; denotando la ausencia de AESS en el estrato subsuperficial a estas latitudes. Estos tres transectos mostraron marcadas diferencias laterales en el estrato superficial (0-50 m), debido al efecto local (en las dimensiones horizontal y vertical) de la influencia de aguas continentales producto del aporte fluvial del río Toltén y del estuario de los ríos Valdivia y Tornagaleones.

El campo vertical de densidad evidenció también gradientes laterales fuertes en el estrato superficial, debido a las marcadas diferencias salinas por el aporte fluvial en la zona costera, estableciendo densidades menores a $25,2\ \sigma_t$, asociadas a las estaciones más costeras ($<25\text{ mn}$ de la costa). Se verificó picnoclinas extensas en todos los transectos, pero no se evidenció una profundización hacia el sector oceánico. La capa de mezcla mostró una mayor extensión vertical, vinculada con el extremo oceánico de los transectos.

La concentración de oxígeno disuelto en estos transectos evidenció valores altos en superficie ($>5\text{ ml l}^{-1}$). La oxiclina se presentó más intensa que en las transectas



anteriores, siendo reconocible a lo largo de toda la sección. Se observó una profundización de la oxiclina hacia el océano, donde se debilita. La oxiclina se ubicó verticalmente entre los 120 y los 200 m de profundidad, al considerar la estación situada a las 100 mn desde la costa. No se verificaron aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto, características de la presencia de AESS a nivel subsuperficial. Bajo los 400 m de profundidad se detectó un incremento en la concentración de oxígeno disuelto ($> 5 \text{ ml l}^{-1}$), caracterizando la presencia incipiente de las AIA en este estrato de profundidad.

La distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica, evaluada como la concentración de clorofila-a, mostró una situación distinta a la reseñada en todas las transectas anteriores, conteniendo los valores más altos de toda el área de prospección. Se destaca la presencia de núcleos costeros (entre las 10 y las 50 mn) de concentraciones que sobrepasaron los $3,0 \text{ mg m}^{-3}$, siendo superficiales en las transectas 21 y 23 y, subsuperficial (10 m) en la transecta 22 (**Figs 48e, 49e y 50e**). El resto de las transectas evaluadas, presentaron bajos valores de clorofila-a, menores a $0,5 \text{ mg m}^{-3}$.

Transecta longitudinal oceánica (**Figura 41**). La transecta “oceánica” comprendió las estaciones 17, 30, 42, 54, 66, 79, 91, 99, 121 y 134 paralelas a línea de la costa.

La temperatura del mar en la transecta ubicada a 200 mn desde la costa, evidenció un estrato superficial (0-50 m) caracterizado por una importante variación latitudinal de aproximadamente $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, presentando aguas más cálidas ($> 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$) en el sector norte del área de estudio (33°LS) y aguas más frías en el extremo sur ($< 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Destaca la penetración superficial de aguas cálidas ($> 15^{\circ}\text{C}$) en el sector central del área de estudio, entre los $35^{\circ}30'\text{LS}$ y los $36^{\circ}40'\text{LS}$. La termoclina estuvo presente en prácticamente todo el transecto, ubicándose entre los 60 y 120 m de profundidad, siendo más desarrollada en el sector norte y centro del área de prospección y



debilitándose a partir de los 38°S hacia el sur. Se observó, además, un ascenso subsuperficial hacia el sur de la isoterma de 10 °C y un descenso a una tasa relativamente constante de la temperatura con la profundidad a partir de los 250 m hasta la máxima profundidad de muestreo.

Por su parte, la distribución vertical de la salinidad mostró una marcada variación latitudinal superficial, con una región norte (33°LS) de aguas más salinas (> 34,2 psu), en tanto que a partir de los 36°LS se hace evidente la disminución de la salinidad, acentuándose hacia el extremo sur del área de estudio con salinidades menores a 33,9 psu (**Fig. 51**). En esta transecta, las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) sólo estuvieron representadas por un núcleo de salinidades superiores a 34,5 psu , el cual se ubicó entre los 200 y 300 m de profundidad en la región norte del área de estudio (34°LS).

La densidad del agua de mar mostró un comportamiento similar a lo descrito para la temperatura, con marcada estratificación latitudinal, presentando densidades mayores hacia el sector sur del área de estudio (**Fig. 51**). Se identificó una pycnoclina entre los 60 y 100 m en el sector norte, la cual se debilita hacia el sur, a partir de los 38°LS. Bajo los 150 m de profundidad, todo el transecto presentó un incremento a una tasa relativamente constante de la densidad con la profundidad, alcanzando a 27,0 σ_t bajo los 450 m.

La distribución de la concentración de oxígeno disuelto sobre los 100 m mostró, en general, valores mayores a los 5 ml l⁻¹. En esta transecta, y de manera similar a lo observado en la transecta realizadas a las 100 mn desde la costa, sólo se detectó concentraciones mínimas de oxígeno (<1,0 ml l⁻¹) en las estaciones ubicadas en los 34°40'LS y a una profundidad entre 200 y 300 m. (**Fig. 51**). A partir de los 400 m se evidenció un incremento de los valores de oxígeno (hasta alcanzar 4 ml l⁻¹), indicando la presencia de AIA en este estrato de profundidad.



La distribución oceánica de la concentración de clorofila-a estuvo caracterizada a través de todo el transecto, por concentraciones muy bajas, las que no superaron los $0,4 \text{ mg m}^{-3}$ en los primeros 50 m de profundidad. Bajo los 60 m, las concentraciones fueron aún menores, con valores de clorofila-a inferiores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ (**Fig. 51**).

Transecta longitudinal intermedia (Figura 52). la transecta “intermedia” incluyó las estaciones 9, 14, 22, 27, 34, 39, 47, 51, 59, 63, 71, 76, 84, 89, 96, 104, 109, 118, 126 y 131.

De manera similar a lo descrito para la transecta oceánica, la distribución de temperatura en la transecta de 100 mn estuvo bien caracterizada por la isoterma de $14 \text{ }^\circ\text{C}$, sólo observándose gradientes térmicos latitudinales en la zona entre los 37° y 39°LS ($<12^\circ\text{C}$). En esta transecta no se detectó temperaturas superiores a $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Bajo los 200 m de profundidad, la temperatura disminuyó a una tasa relativamente constante desde los $9 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta valores menores a 6°C bajo los 400 m. La termoclina se ubicó entre los 40 y 100 m de profundidad a lo largo de toda la transecta, apareciendo bastante debilitada al sur de los 39°LS (**Fig. 52**).

La distribución de salinidad presentó un gradiente norte-sur en el estrato superficial (0-100 m), con la presencia de aguas comparativamente más salinas ($> 34,2$) asociadas a la región norte (al norte de los $33^\circ40'\text{LS}$) y aguas de salinidades menores a 33,8 en el extremo sur del área de estudio (**Fig. 52**). La haloclina estuvo situada entre los 80 y 160 m de profundidad, apareciendo mejor definida en el sector sur del área de estudio. De manera similar a lo descrito para la transecta oceánica, las AESS estuvieron debilitadas en este sector, siendo escasamente representadas por dos núcleos de aguas con salinidades superiores a 34,5 ubicados entre los 150 y 250 m de profundidad.



La densidad presentó un patrón de distribución similar al descrito para la temperatura, con una leve pycnoclina situada entre los 60 y 160 m de profundidad, a excepción del extremo sur, donde fue levemente más profunda.

La distribución de la concentración de oxígeno disuelto sobre los 100 m de profundidad mostró, en general, valores mayores a los 5 ml l⁻¹. En esta transecta se detectó concentraciones mínimas de oxígeno (<1,0 ml l⁻¹) en las estaciones ubicadas entre los 34°20' y 34°40'LS y a una profundidad entre 200 y 300 m. (**Fig 52**). Se evidencia un incremento de las concentraciones de oxígeno a partir de los 370 m hasta alcanzar valores superiores a los 4 ml l⁻¹, indicando la presencia de AIA en este estrato de profundidad.

La distribución oceánica de la concentración de clorofila-a reveló un gradiente en profundidad, en donde los valores menores (<0,1 mg m⁻³) se ubicaron bajo los 80 m. El máximo valor de clorofila-a (>0,7 mg m⁻³) fue detectado al sur de los 39° en el estrato sobre los 20 m de profundidad.

Transecta longitudinal costera (Figura 53). La transecta “costera” incluyó, de norte a sur, a las estaciones 1, 5, 10, 18, 23, 31, 35, 43, 48, 55, 67, 72, 80, 85, 92, 1000, 105, 110, 114, 122 y 127. A diferencia de las transectas anteriores, la transecta costera consideró estaciones sobre la plataforma continental, por lo que su profundidad máxima no sobrepasó los 100 m en la mayoría de los casos.

Esta transecta evidenció aguas más cálidas (> 14 °C) al norte de los 35°20' S y aguas comparativamente más frías, menores a 13° C, en la región sur del transecto. Sólo fue posible identificar una termoclina definida en las estaciones al norte de los 35°S, mientras que el sector sur mostró una columna de agua sin gradientes verticales, con temperaturas fluctuando entre los 11 y 12 °C (Fig 53).



Por su parte, la salinidad mostró la dilución superficial asociada a la mezcla de aguas con la proveniente de aguas continentales, particularmente al río Rapel ($34^{\circ}30'LS$), al sistema Itata-Bíobío ($37^{\circ}LS$) y al estuario de los ríos Valdivia y Tornagaleones ($39^{\circ}40'LS$). Sólo en las estaciones 92 y 100 se encontraron salinidades mayores a 34,5 psu, situadas entre 150 y 300, denotando que las AESS estuvieron mejor caracterizadas en el sector costero del área de prospección (**Fig. 53**).

La densidad evidenció también el proceso de mezcla con el aporte fluvial especialmente en el sector cercano a la Bahía de Corral ($39^{\circ}40'LS$). Se identificó una pycnoclina definida en prácticamente todo el transecto, situándose entre los 40 y 90 m de profundidad, la cual se hace más débil y se profundiza levemente hacia el extremo sur del área de prospección. Bajo los 200 m la densidad presentó un incremento a una tasa aproximadamente constante con la profundidad, alcanzando valores mayores a 26,8 bajo los 400 m.

La distribución latitudinal superficial de la concentración de oxígeno disuelto (**Fig 53**) estuvo caracterizada por una columna de agua bien oxigenada, sin la evidenciar variaciones clinales de importancia. Los valores detectados fueron mayores a 5 ml l^{-1} en todo el transecto. Se identificó una oxiclina definida, aproximadamente entre los 40 y 80 m en el sector centro-norte, con una leve profundización hacia el sector sur. Las AESS, caracterizadas por la presencia de concentraciones de oxígeno menores a 1 ml l^{-1} , sólo fue posible detectarlas entre los $36^{\circ}40'$ y $37^{\circ}20'LS$.

La distribución longitudinal de la clorofila-a mostró, en general, valores superficiales muy bajos a lo largo de toda la transecta, quedando bien caracterizada por las isolíneas de concentración de 0,4 y $0,6\text{ mg m}^{-3}$. Sólo en el sector más austral del área de estudio (39° y los $39^{\circ}33'LS$) se identificó un núcleo de concentraciones



mayores a $2,0 \text{ mg m}^{-3}$ (**Fig. 53**). Bajo los 50 m de profundidad las concentraciones de clorofila-a mostraron valores menores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$.



5.6.3.3 Perfiles verticales individuales

La distribución vertical de las variables oceanográficas medidas en el área de estudio es presentada a la forma de: a) perfiles verticales individuales por estación de muestreo, agrupando las estaciones en dos sectores, una región norte ($32^{\circ}40'$ - $36^{\circ}40'$ LS) y una región sur (37° - 40° LS) y, b) perfiles verticales promedio para cada una de las 23 transectas realizadas durante la prospección, privilegiando las diferencias longitudinales al interior de cada transecta.

a) Sector norte ($32^{\circ}40'$ - $36^{\circ}40'$ LS)

Los perfiles verticales de temperatura evidenciaron la presencia de un estrato superficial homotermo con un predominio de aguas cálidas ($>14^{\circ}\text{C}$). Bajo este estrato se observó la presencia de termoclinas bien desarrolladas (**Fig. 54**). Los máximos gradientes verticales de temperatura calculadas para las estaciones fueron altos, no evidenciando inversiones térmicas de importancia y fluctuaron entre los $-0,043^{\circ}\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$ y los $-3,138^{\circ}\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$.

La distribución vertical de salinidad (**Fig. 54**) reveló en gran parte de las estaciones de muestreo, un estrato superficial homogéneo (0-50 m) bien caracterizado por la isohalina de 34,1 psu y salinidades menores ($<33,8$ psu) asociadas a las estaciones más costeras. Bajo este estrato superficial se verificó la presencia de una haloclina extensa, con máximos salinos ($>34,5$ psu) que denotan la presencia de AESS bajo este estrato. La distribución de la densidad, por su parte, mostró una capa de mezcla bien desarrollada, que se profundizó levemente hacia las estaciones más oceánicas y que fluctuó entre los 36 y los 93 m de profundidad, con una marcada pycnoclina y máximos gradientes de densidad que fluctuaron entre los $0,015$ y los $0,889 \sigma_t 10 \text{ m}^{-1}$.



Los perfiles verticales de oxígeno disuelto revelaron un estrato superficial bien oxigenado (entre 5,2 y 6,3 ml l⁻¹) en gran parte de las estaciones de muestreo y una oxiclina con disposición vertical muy variable. Aguas con concentraciones bajas de oxígeno disuelto (< 1 ml l⁻¹) fueron detectadas entre los 100 y 300 m de profundidad (AESS) (**Fig 54**), detectándose la presencia de AIA (valores de oxígeno mayores a 2-3 ml l⁻¹), bajo los 400 m de profundidad.

La distribución vertical de la clorofila-a evidenció concentraciones bajas, con un estrato superficial que fluctuó entre los 0,4 y los 0,7 mg m⁻³ y una columna de escasos máximos subsuperficiales (bajo los 10 m de profundidad) de concentraciones mayores a 1 mg m⁻³ (**Fig. 54**). Bajo los 50 m de profundidad la mayor parte de las estaciones de muestreo reveló concentraciones de clorofila-a menores a 0,5 mg m⁻³

b) Sector sur (37°- 40°LS)

Los perfiles verticales de temperatura en esta región evidenciaron un estrato superficial con aguas más frías que las detectadas en la región norte, con temperaturas que fluctuaron entre los 11,5 y los 15,0°C y termoclinas bien definidas como las reportadas anteriormente (**Fig. 55**). Los máximos gradientes térmicos indicaron la presencia de inversiones térmicas superficiales en algunas estaciones costeras al sur de Puerto Saavedra, debido al aporte de aguas más frías de origen continental; así los máximos gradientes verticales de temperatura fluctuaron entre 1,257 y los -3,212 °C 10 m⁻¹.

La distribución vertical de las variables salinidad y la densidad en este sector (**Fig. 55**) reveló: **a)** una importante dilución superficial observada en algunas estaciones costeras debido al aporte de aguas continentales, generando gradientes marcados entre los 0 y 20 m de profundidad; **b)** la presencia predominante de un estrato



superficial homogéneo que sobrepasó los 50 m de profundidad bajo el cual se encuentra una extensa haloclina y pycnoclina, **c)** la presencia de un máximo salino ($> 34,4$ psu) situado entre los 120 y 280 m; **d)** bajo los 300 m se observó un leve decremento de la salinidad evidenciando la presencia incipiente de las AIA en el estrato más profundo y, **e)** la existencia de máximos gradientes verticales que fluctuaron entre los $0,002$ y $2,095$ psu 10 m^{-1} y entre los $0,003$ y los $1,410$ σ_t 10 m^{-1} , para la salinidad y densidad, respectivamente.

Los perfiles verticales de oxígeno disuelto en el sector sur mostraron un estrato superficial bien oxigenado, con concentraciones que fluctuaron entre los $5,3$ y $7,0$ ml l^{-1} . Se apreció también una oxiclina bien desarrollada la que tuvo alta variabilidad en su disposición vertical producto de una profundización hacia las estaciones más oceánicas del sector. Concentraciones mínimas de oxígeno disuelto (< 1 ml l^{-1}) se observaron entre los 120 y 240 m de profundidad, caracterizando la presencia de AESS en este estrato y al igual que lo reseñado anteriormente, el incremento progresivo de la concentración de oxígeno disuelto bajo los 300 m reveló la presencia de AIA hacia los estratos más profundos de la columna de agua (**Fig. 55**).

Los perfiles verticales de la concentración de clorofila-a, muestran mayores concentraciones que las ya reportadas, con importantes y numerosos máximos superficiales y subsuperficiales ubicados entre los 0 y los 50 m de profundidad, siendo en general, mayores que $1,5$ mg m^{-3} , alcanzando un máximo de $4,85$ mg m^{-3} al sur de Puerto Saavedra. Bajo este estrato, la concentración de clorofila-a exhibió valores extremadamente bajos, menores a los $0,5$ mg m^{-3} .



5.6.3.4 Perfiles verticales promedio

Las **Figuras 56, 57, 58, 59 y 60** presentan los perfiles verticales promedio para cada una de las transectas realizadas, considerando todas las variables medidas en este estudio, con el propósito de evaluar tanto las variaciones verticales latitudinales (entre transectas) como las longitudinales (entre estaciones de muestreo).

La distribución vertical promedio de la temperatura para las 23 transectas evaluadas durante el crucero, presentó un comportamiento similar, caracterizado por un estrato superficial homotermo en los primeros 20 m de la columna de agua, y que se profundiza al sur de los 39°20'LS. La termoclina estuvo bien definida en la gran mayoría de las transectas, situada verticalmente entre los 40 y 80 metros de profundidad, la que se debilita hacia el sector sur del área de estudio (**Fig 56**). Todas las transectas mostraron un descenso relativamente constante de esta variable a partir de los 200 m de profundidad hasta la máxima profundidad de muestreo.

Por su parte, la salinidad evidenció un estrato superficial (0-100 m) caracterizado por aguas con salinidades superiores a 34 psu en el sector norte del área de estudio (transectas 1 a 13) y salinidades sensiblemente menores al sur de los 36°40'LS (**Fig. 57**). Se observó una débil haloclina a lo largo de toda el área de estudio, situada entre los 40 y 180 m de profundidad que se intensifica al sur de los 36°20'LS. La posición vertical del máximo salino, que caracteriza a las AESS, se situó entre los 160 y los 300 m de profundidad. Bajo este estrato la salinidad comienza a disminuir levemente hacia la máxima profundidad de muestreo, denotando la presencia incipiente de las AIA hacia la máxima profundidad de muestreo.

La **Figura 58** muestra la distribución vertical promedio de la densidad en cada una de las transectas realizadas. El patrón de distribución reveló la presencia de picnoclinas



identificables en todas las transectas, con una capa de mezcla que aumenta progresivamente hacia el sector sur, donde alcanza los 60 m de profundidad (transectas 21, 22 y 23). Bajo los 140 m de profundidad, la distribución promedio de esta variable reveló un incremento uniforme con la profundidad hasta la máxima profundidad de muestreo.

La distribución vertical promedio de la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua se presenta en la **Figura 59**. Se observó una capa superficial bien oxigenada ($>5 \text{ ml l}^{-1}$), una oxiclina extensa en la mayoría de las transectas, concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ($<1 \text{ ml l}^{-1}$) que caracterizan la presencia de las AESS asociadas al estrato entre los 140 y los 300 m de profundidad y un aumento sostenido de esta variable bajo los 400 m hasta denotar la presencia de AIA en toda el área de estudio asociada a los estratos más profundos de muestreo.

La distribución vertical promedio de la biomasa fitoplanctónica (**Fig. 60**) evidenció, en general, una zona central y norte con una escasa concentración de clorofila-a en toda la columna de agua ($<0,3 \text{ mg m}^{-3}$) y leves gradientes verticales (transectas 1 a la 13); sin embargo, al sur de los $36^{\circ}40' \text{LS}$ se verificó la presencia de importantes máximos superficiales y subsuperficiales de clorofila-a en casi todas las transectas con concentraciones que sobrepasaron los $1,0 \text{ mg m}^{-3}$ (transectas 21, 22 y 23).

5.6.3.5 Profundidad capa de mezcla, base de la termoclina, espesor de la termoclina y temperatura base de la termoclina.

La distribución horizontal de la capa de mezcla (PCM) y de la profundidad base de la termoclina (PBT) en el área de estudio se presentan en la **Figura 61**. La PCM presentó un valor promedio de $67,1 \pm 16,8 \text{ m}$, con una fluctuación entre 17 y 145 m ($n= 124$ datos). En el extremo norte, la distribución horizontal de la PCM evidenció un



claro gradiente longitudinal (costa-océano) con un sector costero (< 50mn) que estuvo bien caracterizado por PCM menores a 70 m y con una profundización hacia el sector más oceánico de las transectas. Entre Constitución y punta Lavapié gran parte del área prospectada presentó PCM centradas en los 60 m, en tanto que, más al sur, nuevamente se apreció un gradiente longitudinal con PCM más profundas asociadas a las estaciones más oceánicas. La distribución espacial de la PCM reveló también un claro gradiente latitudinal en el área de estudio, donde los mayores valores de PCM (>110 m) se encontraron asociados a las estaciones oceánicas más australes.

Por su parte, la distribución horizontal de la profundidad base de la termoclina (PBT) evidenció un amplio rango de fluctuación, entre los 17 y los 159 m, con un valor promedio de $94,8 \pm 21,0$ m, considerando las 122 estaciones evaluadas para esta estructura vertical. A lo largo de toda el área de estudio se verificó la presencia de gradientes longitudinales costa-océano (**Fig. 61 b**), con una estrecha banda costera (<25mn) en la cual se asociaron los menores valores de PBT (<80 m) y, una marcada profundización hacia el sector más oceánico, especialmente al norte de los $33^{\circ}40'LS$, donde el sector comprendido entre los 25 y 100 mn evidenció PBT superiores a 100 m. Por el contrario, al sur de los $34^{\circ}40'LS$ se apreció un amplio sector con PBT menores a 100 m. El sector más oceánico del área de estudio evidenció las mayores PBT con valores >110 m.

El espesor de la termoclina presentó un espesor promedio de $28,5 \pm 16,4$ m, con un rango de fluctuación entre los 3 y los 84 m. En su distribución horizontal, el espesor de la termoclina reveló un gradiente costa-océano, especialmente marcado entre los $32^{\circ}40'LS$ y los $37^{\circ}20'LS$, con una franja costera (< 25mn) caracterizada por valores menores a 30 m y un sector oceánico que evidenció un espesor superior a los 40 m (**Fig. 61c**). Al sur de los $37^{\circ}20'LS$, el espesor de la termoclina disminuyó



notoriamente y el gradiente lateral fue perdiendo consistencia en las transectas más australes, donde alcanzó los menores valores reportados (< 20m). La temperatura registrada en la profundidad base de la termoclina (**Fig. 61d**) presentó un valor promedio de $10,805 \pm 0,525$ °C, con una fluctuación entre los 9,251 y los 13,004°C. Su distribución horizontal mostró un amplio sector caracterizado por temperaturas superiores a 10,5°C y una franja costera (< 25mn) con temperaturas mayores a 11,0°C. Se observó un leve gradiente latitudinal al sur de los 37°LS, donde la temperatura en la base de la termoclina fue inferior a 10,5°C. Temperaturas inferiores a 10,0 °C sólo estuvieron presentes en el sector sur-oriental del área prospectada.

5.6.3.6 Diagramas TS

El análisis de las masas de aguas se realizó a través del análisis e interpretación de diagramas TS. Para esto, las estaciones de muestreo fueron agrupadas en cuatro sectores: a) sector costero norte, b) sector costero sur, c) sector oceánico norte y d) sector oceánico sur; considerando como límite latitudinal la división operacional del área de estudio (37°LS) y longitudinal las 100 mn desde la costa.

Durante el presente estudio, y de manera similar a lo reportado en cruceros hidroacústicos anteriores, se detectó la presencia de tres masas de agua, las Aguas Subantárticas (ASAA), las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AEES) y las Aguas Intermedias Antárticas (AIA). El análisis para cada uno de los sectores considerados reveló los siguientes índices termosalinos:

Sector oceánico norte: El estrato superficial de la columna de agua estuvo caracterizada por la ASAA, que evidenciaron una variación térmica entre 10,10 y 15,47°C y un rango de salinidad entre 33,90 y 34,45 psu. Bajo los 150 m de profundidad, la columna de agua denotó la presencia de las AEES que tuvo un



rango salino entre 34,31 y 34,63 psu y una variación de temperatura entre 8,72 y 11,43°C. Las AIA se reportaron para el estrato más profundo, con temperaturas entre 5,21 y los 6,24°C y salinidades entre 34,32 y 34,46 psu (**Fig. 62a**).

Sector costero norte: Las ASAA presentaron un rango de temperatura entre 11,10 y 15,05°C, mientras que la salinidad evidenció un rango entre 33,25 y 34,30 psu. El rango salino correspondiente a las AESS en este sector fue entre 34,15 y 34,67 psu, con una variación térmica entre 9,58 y 11,73°C. Las AIA variaron entre 5,22 y 6,44°C y presentaron salinidades entre los 34,29 y los 34,40 psu (**Fig. 62b**).

Sector oceánico sur: El estrato superficial de la columna de agua, caracterizado por las ASAA, presentó un rango térmico de variación entre los 9,3 y 14,2°C, mientras que la salinidad varió entre 33,63 y 34,05 psu. Las AESS se denotan en forma incipiente, con una variación de temperatura entre 7,3 y 10,0°C y un rango de salinidad de 34,25 y 34,45 psu. Las AIA tuvieron un rango de salinidad entre 34,25 y 34,40 psu y una variación de temperatura entre 5,0 y 7,3°C (**Fig. 62c**).

Sector costero sur: El nivel superficial de la columna de agua evidenció valores de temperatura menores que en los sectores anteriores, variando entre 8,73 y 14,63°C, con salinidades entre 31,77 a 34,28 psu, rango que corresponde, en su límite inferior, a las ASAA modificadas por eventos de mezcla con aguas de origen continental. Las AESS, por su parte, presentaron un rango de salinidad de 34,36 y 34,50 psu y una variación de temperatura entre 8,40 y 10,86°C, situadas sólo en una parte del sector sur (hasta los 38°LS). Las AIA se presentaron con temperaturas entre 5,01 y 6,44°C y una variación de salinidad entre 34,29 y 34,40 psu (**Fig. 62d**).

Los índices termohalinos invernales reportados en este informe, son similares a los descritos para los cruceros de 2000 y 2001 (Núñez *et al.*, 2001, 2002), 1999 (Núñez



& Ortiz, 2000) y al crucero de 1994 (Figuroa *et al.*, 1995). Esta caracterización es coincidente, además, con lo descrito en numerosos estudios hidrográficos de características descriptivas y dinámicas realizados en la región central y centro-sur de Chile (Brandhorst, 1971; Silva & Konow, 1975; Robles, 1976; Silva & Sievers, 1981; Silva, 1982; Rojas & Silva, 1996; Strub *et al.*, 1998).

5.6.4 Relaciones espaciales de la distribución y abundancia de jurel respecto a las variables bioceanográficas.

5.6.4.1 Distribución geográfica del recurso

El recurso reportó un patrón característico a años anteriores, con total ausencia en el sector noroeste y concentrado mayoritariamente hacia el sur. Los resultados indican que el jurel se presenta en la columna de agua desde la superficie hasta más de 200 m de profundidad, con una clara preferencia por los primeros 150 m de la columna de agua donde se presenta aproximadamente el 90% de las celdas. Situación que es similar a lo descrito en años precedentes (Córdova *et al.*, 2000 y 2001).

En este sentido y con el fin de explorar asociaciones, se analizó específicamente el sector donde se concentró la mayor abundancia separado por tres estratos de profundidad que van desde los 5 a 50 m, 51 a 100 m y 101 a 150 m de profundidad.

En la capa que va desde la superficie hasta los 50 m, el índice de ocupación expresado como la relación entre el número de cuadrículas positivas (CP) y cuadrículas totales (CT), para jurel fue de 20% en la zona de estudio, y donde prevalecen las cuadrículas positivas de baja densidad que alcanzan al 84%, en tanto los niveles media y alta representan el 10 y 6% respectivamente (**Tabla 32**).



La distribución espacial fue más oceánica, con cinco áreas de concentración bien definidas (**Fig. 63e**), y en cuatro de ellas alta densidad. El primero ubicado al noreste de San Antonio con densidades regulares (50-300 t/mn²) en zonas de baja densidad de eufausidos, y en área de gradientes salinos como al borde de gradientes térmicos (**Figs. 63 a, e, d y Tabla 34**). El segundo al oeste de Talcahuano con alta densidad en un área de 50 mn², ubicado en sector de altos gradientes térmicos y niveles bajo de eufáusidos (63 a, e y **Tabla 33**). En tanto la alta densidad del tercer foco a 70mn de Pto. Saavedra, destaca por su gran extensión por sobre 200 mn² mientras el último ubicado frente a Corral, esta asociado a un sector de gran densidad de eufausidos.

Tabla 32. Índices de ocupación por categoría (en porcentaje) para los estratos: 5-50 m; 51–100 m, y 101–150 m.

DENSIDAD	5–50 m.		Capa 51-100 m.		Capa 101-150 m.	
	CP	CT	CP	CT.	CP	CT.
Densidad Baja	84	17	82	20	90	15
Densidad Media	10	02	11	03	08	02
Densidad Alta	06	01	07	02	02	0,5

CP = cuadrículas con jurel ; CT = cuadrículas totales en el área



Tabla 33. Estadísticos de las variables biológicas y oceanográficas en los principales núcleos de jurel.

ESTRATO	FOCO	VARIABLES						
		Sa Total	Temperatura Promedio	Salinidad Promedio	Densidad Promedio	Oxígeno Promedio	Eufáusidos Total	Copépodos Total
5-50 ml	1	123.570	14,7	34,1	25,4	5,8	394.765	1.804.569
	2	153.858	14,4	34,0	25,4	5,6	376.068	1.220.851
	3	352.144	13,6	33,8	25,3	5,7	2.213.072	882.099
	4	115.648	12,4	33,2	25,1	6,2	1.746.209	635.080
51-100 m	1	43.840	14,6	34,2	25,4	5,8	486.475	2.423.298
	2	98.615	13,2	33,9	25,5	5,4	1.140.179	1.446.800
	3	579.825	12,8	33,8	25,6	5,7	2.241.935	630.757
	4	114.660	12,5	33,9	25,7	5,7	558.886	2.498.106
101-150 m	1	591.209	10,6	34,0	26,0	5,2	923.204	2.761.378

Para la segunda capa (51 a 100 m) las bajas densidades de jurel corresponden a la mayor cantidad de celdas. En este sentido, para las cuadrículas positivas el 82% son de baja densidad y el 11% de densidad media (**Tabla 32**). Sin embargo, al igual que años anteriores es aquí donde se registra la mayor biomasa de jurel, en una zona cercana a las 30.000 mn².

En esta área se ubican cuatro focos de abundancia, el primero coincide con el señalado para el estrato superficial, pero su categoría de densidad de jurel es mala (64 e), mientras que el segundo es costero al sur de Coronel, situado en aguas de baja salinidad, temperatura y con presencia de eufáusidos (**Figs. 64 a, b, c y d**). El tercer foco y mayor ubicado a 60-80 mn al oeste de isla Mocha, presenta alta densidad de jurel asociada a concentración altas de eufáusidos y



gradientes térmicos y salinos relevante (**Figs. 64 a, b, c, d y e**), y un cuarto foco oceánico a las 180 mn frente a Pto Saavedra y Corral (**Figs 64 a, b, c, d y e**).

Entre los 100 a 150 m de profundidad, el jurel se distribuyó en un total de 24.000 mn², con cuadrículas que en su mayoría registraron baja densidad y solamente el 10% de las ellas exhiben densidades media y alta (**Fig. 65 d**).

En esta capa, se aprecia un importante núcleo de altas densidades de jurel a 150 mn al oeste de Corral, que indica una profundización del jurel en el sector más oceánico, al desaparecer en este estrato las altas concentraciones ubicadas entre 510 a 100 m a 60 y 80 mn de Isla Mocha. Esta concentración de jurel profundo estuvo asociada a una zona que exhibe bajas temperaturas, salinidades y concentraciones de eufáusidos.

5.6.4.2 Análisis integrado

a) Análisis cartográfico entre la distribución del jurel y la TSM

Se realizó un análisis visual de las diferentes cartografías y además se establecieron tabulaciones cruzadas (crostabulación) con el objeto de estimar los rangos óptimos de preferencia de la especie en relación los parámetros ambientales y de calcular los coeficientes Cramer de las cartografías de distribución de jurel, respecto de las variables ambientales en las capas de 5-50, 51-100 y 101-150 metros.

En relación con la temperatura

Las imágenes de temperatura del mar, a distintas profundidades de la columna de agua, se presentan en las **figuras. 66, 67 a, 68 a y 69 a**.



En la capa superficial (5-50 m) se observa que las TSM fluctuaron entre los 11 y 16°C; apreciándose el predominio de temperaturas entre los 13 y 15 °C; además se puede advertir que al norte de Constitución se produce una fuerte intrusión de aguas cálidas con TSM que alcanzaron los 15 °C y desde Constitución al sur hay una disminución de la TSM que oscilan entre los 11 y 13 °C. Frente a Lebú se vuelve a destacar una gran intrusión de aguas más cálidas (en color amarillo) (**Fig. 66 a**).

Los mayores focos de la especie se encuentran desde Constitución al sur a excepción del localizado frente a San Antonio. El núcleo más importante está al oeste de Talcahuano y se caracteriza por localizarse en un sector de altos gradientes térmicos; asimismo, el foco ubicado frente a bahía Corral se distingue por estar en un sector de gran densidad de eufáusidos.

En este sentido, la relación entre los pixeles con presencia de jurel y la TSM, muestra que el recurso se presentó en un rango de TSM desde los 11 °C hasta los 15 °C, con una clara preferencia por los 13-14 °C (**Fig. 8a**), coincidiendo con años anteriores, donde la distribución de jurel ha presentado un patrón similar con un amplio dominio de las aguas de 13-14°C como preferidas por la especie (**Fig. 70a**). El índice de Cramer entre las variables es de 0,23, indicado una baja asociación ($\alpha = 0,05$) (Tabla 34).

En el plano de 51-100 m, las temperaturas oscilaron entre los 10 y 16°C; observándose un cierto dominio de las temperaturas de 12-15°C (**Fig. 71 a**); de la misma manera que en el plano horizontal se produce un desplazamiento de la isoterma de 15 °C desde la dirección noroeste, destacando un bolsón de aguas frías frente a Talcahuano. En cuanto al recurso, los mayores focos de abundancia generalmente se sitúan al suroeste de Talcahuano al sur, con un foco de alta



concentración localizado a 60-80 al oeste de Isla Mocha que se relaciona con una lengua de aguas frías y gradientes térmicos relevantes (**Figs. 64 y 67**). La **Figura 71** a muestra que el recurso se reporta principalmente en temperaturas de 11-15 °C, con una acentuada preferencia por el rango 12-13 °C. La asociación entre el recurso jurel y la temperatura vuelve a ser moderada con un índice Cramer de 0,25 (**Tabla 34**).

Tabla 34. Coeficientes de Cramer por estrato de profundidad, respecto de las variables ambientales.

VARIABLE	5-50 m.	51-100 m.	101-150 m.
Temperatura (°C)	0,23	0,25	0,22
Salinidad (psu)	0,22	0,18	0,25
Oxígeno (ml/L)	0,14	0,15	0,25
Densidad (σ_t)	0,17	0,15	0,19
Clo-a integrada (mg/m ³)	0,23	0,19	0,27
Eufáusidos (ind/1000m ³)	0,36	0,35	0,15
Copépodos (ind/1000m ³)	0,30	0,34	0,06
Biomasa Zooplancton (ml/1000m ³)	0,15	0,18	0,10
Capa dispersión profunda	0,15	0,18	0,10

En el estrato de 101 a 150 m, las temperaturas caen notablemente y fluctúan entre los 9 y 12 °C; observándose una clara preponderancia de las aguas de 10 y 11 °C (**Fig. 68 a**); en este estrato se destaca la homogenización de las TSM a lo largo de la zona de estudio, lo que significa que no existen gradientes laterales relevantes. El recurso jurel se sitúa mayormente al oeste de Corral, con un núcleo muy denso que está restringido por el borde externo de las aguas de 9-10 °C.



En relación con la salinidad

En el plano superficial la salinidad presentó un amplio rango de distribución que va desde registros inferiores a 33,0 psu hasta 34,4 psu (**Figs. 63 b y 66 b**), observando un cierto dominio de los niveles de 33,8-34,2 psu; se destaca el notable gradiente longitudinal con salinidades que aumentan a mayor longitud y el diferencial norte-sur donde los más altos registros se observan al norte de Talcahuano. Por otra parte, los mayores focos de la especie se encuentran desde Constitución al sur, destacando como los focos más importantes aquellos que están al oeste de Talcahuano, caracterizado por localizarse en un sector de bajos gradientes salinos, en tanto que el centro situado frente a Corral por ubicarse en un sector de gradientes salinos fuertes. La relación entre los pixeles con presencia de jurel y la salinidad indica que el recurso jurel se distribuyó en el rango 33,3-34,3 psu, con una preferencia por los 33,9 y 34,0 psu, lo que es concordante con lo acontecido en años anteriores (**Figs. 70 b y 71b**). La asociación entre el recurso jurel y la temperatura es baja con un índice Cramer de 0,22 (**Tabla 34**).

En el plano de 50 m, las salinidades se incrementan y se reportan entre los 33,7 y 34,6 psu, con una leve predominancia de los registros mayores a 34,0 psu, debido a lo anterior se manifiesta un desplazamiento de la isohalina de 34,0 en dirección suroeste, centrándose al frente de Talcahuano. Se destaca que los principales focos de la especie se sitúan en sectores de moderados diferenciales salinos. La relación salinidad v/s jurel muestra que el recurso posee una preferencia por salinidades 33,8-34,0 psu, lo que es muy análogo a lo descrito en los años 1998 y 1999 (**Fig. 71 b**). El índice de Cramer es de 0,18 por lo que la relación es bastante poco significativa.



En el estrato de 100 m, los valores de la salinidad son relativamente altos y se ubican entre los 33,9 y 34,6 psu, apreciándose un dominio del estrato 34,1-34,4 psu, destacando los centros de altas concentraciones ubicados al sur de San Antonio y al norte de Talcahuano. En relación al recurso jurel, éste se sitúa principalmente al oeste de Corral, con un núcleo muy denso que está restringido por la salinidad de 34,0 psu. El índice de Cramer entre las variables es de 0,25, indicado una moderada asociación ($\alpha = 0,05$) (**Tabla 34**).

En relación con el oxígeno disuelto

En el plano superficial, el oxígeno presentó una distribución homogénea en un rango de 4,5 y 7,0 ml/L, con una participación de más del 90% de la categoría 5,0-6,0 ml/L, lo anterior implica que no se forman gradientes longitudinales relevantes (**Fig. 66 c**). En esta capa, el 100% del recurso se presenta en el rango 4,0-6,0 ml/L, con una marcada moda en 5,0 ml/L, lo anterior es coincidente con lo reportado para los años 2000 y 2001 (**Figs. 70c y 71c**). Finalmente, se señala que la asociación entre las variables es muy baja alcanzando sólo a un 0,14 (**Tabla 34**).

En el plano de 50 m, el oxígeno presentó un rango más amplio que en el anterior aunque se mantiene la marcada moda de los 5,0-6,0 ml/L, asimismo desde San Antonio hasta Talcahuano se observan pequeños bolsones con concentraciones de oxígeno más bajas especialmente al noroeste de Talcahuano. En cuanto a las tendencias, el jurel vuelve a presentar una clara preferencia por aguas entre los 5,0 ml/L, lo que similar a lo descrito en años anteriores (**Fig. 71 c**). Por otra parte, el índice de Cramer verifica una asociación poco significativa con un valor de 0,15 (**Tabla 34**).



En la capa de 100 m, siguiendo el tradicional modelo de comportamiento de esta variable, los niveles de oxígeno decrecen significativamente y se localizan entre los 1,0 y 6,5 ml/L, con una dominancia de registros menores a los 5,0 ml/L, también se señala el afloramiento de fuertes gradientes laterales (**Fig. 68c**). Se destaca, que el foco de altas concentraciones de jurel al oeste de Corral se restringe a valores de oxígeno de 5,0 ml/L. A su vez, el índice Cr reporta una asociación moderada alcanzando los 0,25.

En relación con la densidad

En la superficie, la densidad osciló desde los 25,0 hasta los 26,0 (σ_t), con un predominio de aguas de densidad menor a 25,6 (σ_t) (**Fig. 66d**). En la figura se aprecia el fuerte gradiente longitudinal, especialmente entre Constitución y Talcahuano donde se detectó la presencia de jurel. En este plano el recurso se presenta entre los 25,2 y 26,0 σ_t con una nítida preferencia por el rango 25,2-25,4 (σ_t) que concuerda con lo reportado en años anteriores (**Fig. 70d**). En cuanto a la asociación de las variables, ésta es poco significativa ($\alpha= 0,05$) alcanzando un índice de Cramer de 0,17 (**Tabla 34**).

En el estrato de 50 m, las densidades se incrementan y se reportan desde los 25,0 hasta los 26,2 (σ_t), con un leve predominio de niveles mayores a los 25,4 (σ_t); asimismo, se destaca la presencia de bolsones de altas densidades a lo largo de la franja costera. Las mayores concentraciones se sitúan al suroeste de Talcahuano asociados a un sector de densidades intermedias y en las proximidades de gradientes laterales. La **Figura 71d** indica que el jurel estuvo presente entre los 25,2 y 26,0 (σ_t), con una predilección por los 25,2 y 25,4. El índice de Cramer da cuenta de una magra asociación de 0,15.



En la profundidad de los 100 m, los registros de la densidad del agua aumentan notablemente y no se reportan densidades del agua inferiores a 25,6 (σ_t), destacándose lenguas de agua de gran densidad que salen desde la costa hacia el sector oceánico. Por su parte, el recurso se concentró mayoritariamente al oeste de Corral, con un núcleo muy denso que está restringido a las aguas de 26,0 (σ_t). Por último, el índice de Cramer indica una relación muy débil de 0,19 (**Tabla 34**).

En relación con la clorofila-a integrada

La distribución horizontal de la clorofila-a integrada evidenció valores que fluctuaron entre los 10,0 y los 80,0 mg/m³ (**Fig. 72a**). En ella se aprecia un notable gradiente latitudinal en el sector de punta Lavapié, con un dominio de los registros inferiores al norte de este sector, destacándose dos focos con mínimos de la variable (alrededores de San Antonio y norte de Talcahuano). Desde punta Lavapié al sur se detectaron niveles relativamente altos, destacando un núcleo oceánico situado al oeste de la isla Mocha, en un sector que coincide con altas densidades registradas por el jurel. A su vez, la distribución de jurel total se reporta preferentemente en concentraciones de clorofila a integrada entre 10 y 50 mg/m³ (**Fig. 70e y 71e**). Por último, el índice de Cramer indica relaciones moderadas que fluctúan entre 0,19 y 0,27, dependiendo de la capa de jurel analizada (**Tabla 34**).

En relación con la biomasa zooplanctónica, eufáusidos y copépodos

La biomasa zooplanctónica alcanza los 900 ml/1000 m³, el rango de distribución preferencial del jurel en el estrato superficial es entre los 33 y 300 ml/1000 m³ (**Fig 70**), mientras que en el estrato de 50 m este es de 33 a 100 ml/1000 m³ (**Fig 71**). El índice de Cramer indica que la relación entre la biomasa zooplanctónica y el jurel es baja (**Tabla 34**)



Como se mencionó anteriormente, los eufáusidos y copépodos se constituyeron en grupos de relevancia cuantitativa registrando una abundancia total superior a los 400.000 individuos, en cada caso.

En el caso de los eufáusidos, las mayores concentraciones se ubicaron en las zonas costeras frente a Topocalma y entre punta Nugurne y Corral (**Fig. 63d, 64d y 65c**). Como se puede apreciar en sus distribuciones, las mayores abundancias de jurel se encuentran vecinas a altas concentraciones de eufáusidos, en especial en las zonas costeras. El índice de Cramer señala que la relación entre las variables es muy significativa –a excepción de la capa de 150 m- (**Tabla 34**).

En cuanto a los copépodos, las mayores concentraciones se localizaron frente a Talcahuano a unas 150 mn de la costa (**Fig. 72c**). Los sectores de mayor densidad de copépodos se superponen con zonas de alta concentración de jurel, en especial en la capa de 51 a 100 metros de profundidad. En el caso de los índices de Cramer, éstos dan cuenta de asociaciones significativas entre las variables (**Tabla 34**).

En relación con la capa de dispersión profunda (CDP)

La repartición espacial de la CDP evidenció tres núcleos principales: el primero se sitúa al suroeste de San Antonio y donde se obtienen niveles regulares, el segundo foco se ubica en el sector costero entre Constitución y Talcahuano y es la zona donde se registraron los mayores registros y la última se localiza sobre las 120 mn entre Constitución y Pta. Nugurne y es un sector de gran extensión geográfica pero de bajísimos niveles (**Fig. 12b**). Lo anterior indica una relación inversa entre la densidad de jurel y la CDP ya que la mayoría de las lecturas acústicas se registraron en lugares donde la CDP presentaba bajas densidades. Los índices de Cramer indican una relación baja entre ambas variables (**Tabla 34**).



b) Señal latitudinal del jurel y su relación con variables oceanográficas

El análisis de la señal latitudinal de densidad acústicas de jurel expresado en Sa y las variables hidrológicas temperatura y salinidad, considero el agrupamiento de la información en tres sectores a saber; zona costera (5 a 50 mn), zona intermedia (51 a 100 mn) y zona oceánica (100 a 200 mn). Las **Figuras 73,74, 75 y 76**, en general presentan un descenso desde las latitudes más bajas hacia las más altas, siendo consecuente con la climatología local.

En relación con la temperatura (Capa superficial)

En la franja costera, se puede observar la mayor concentración de jurel frente de Corral (**Fig. 73a**). Por su parte, la temperatura presenta algunas zonas de fuerte gradiente latitudinal, en este sentido se observa que las TSM fluctuaron entre los 12 y 15°C; apreciándose un vigoroso aumento de éstas en la latitud 37°30'S (frente a Lebú) debido a una intrusión de aguas cálidas. En esta franja, la mayor densidad de jurel (Corral) está asociada a una zona de aguas frías y de gradientes moderados.

En el sector intermedio, se aprecia que las mayores concentraciones de jurel se registran al oeste de isla Mocha y están asociadas a bruscos descensos de la TSM y a un fuerte gradiente térmico (**Fig. 73b**), en este sentido cabe señalar que las mayores concentraciones del recurso se asocian a violentos cambios latitudinales negativos de la temperatura, es decir, la temperatura presenta un continuo descenso en la orientación norte-sur.

En la banda oceánica se observa que la señal de densidad del jurel indica la total ausencia de la especie al norte de Constitución, en esta banda el jurel presenta dos grandes picos, el primero se centra en la latitud 36°LS y el segundo se presenta



entre Talcahuano e isla Mocha en un sector de grandes diferencial térmicos, en esta zona la temperatura juega un rol importante en la distribución de la especie; en la **Fig. 73c** se logra apreciar que los dos focos de más importantes se localizan en zonas de fuertes cambios negativos de la temperatura y de notables gradientes térmicos, se destaca que ambos focos coinciden plenamente con los mayores peak de gradiente térmico (**Fig. 73c**).

En relación con la temperatura (Capa 50 metros)

En la capa de 50 metros de profundidad se advierte la débil presencia del recurso en el sector norte de la zona de estudio, en este sentido cabe destacar la escasa aparición del recurso al norte del río Itata ($36^{\circ}20'LS$). En la banda costera se aprecia que las concentraciones más altas se localizan desde Talcahuano al sur, no obstante que dichos registros son muy pequeños se caracterizan por estar relacionados con una zona de TSM relativamente estable y gradientes moderados (**Fig. 74a**).

La franja intermedia nos muestra que las altas concentraciones de la especie (entre Talcahuano e Isla Mocha) están asociadas a sectores donde las temperaturas presentan un continuo descenso en dirección sur, los cuales a su vez se asocian con grandes gradientes de temperaturas.

En el sector oceánico, la tendencia es similar a la franja intermedia con las más altas concentraciones de la especie en sectores que presentan un sostenido descenso de las TSM en la dirección norte-sur. Es importante señalar que en la franja oceánica la relación entre las más altas concentraciones de jurel y bruscos diferenciales térmicos es más significativa que en las bandas más costeras (**Fig. 74c**).



En relación con la salinidad (Capa superficial)

En la franja costera, la serie señala drásticos diferenciales de la variable relacionado con la presencia de desembocaduras de ríos. En este sentido, la mayor concentración de jurel (frente a Corral) está vinculada a una zona de bruscos cambios de la variable asociado al delta de la Bahía (**Fig. 75a**). Cabe señalar que en la bahía de Corral se producen fuertes gradientes salinos, no obstante el foco de jurel se encuentra en los bordes internos de dichos diferenciales, sectores que también se asocian a decrecimientos continuos de la temperatura.

En la zona intermedia, la salinidad presenta un comportamiento más uniforme con valores mayores en la zona norte y menores en el sector sur, no obstante lo anterior, diferenciales salinos substanciales no se producen. En esta franja las altas concentraciones de jurel se registran al oeste de isla Mocha y están unidas a un leve descenso de las salinidades y a gradientes salinos mínimos (**Fig. 75b**).

En el sector oceánico la serie indica que el jurel se concentra en dos focos; el primero en la latitud 36°LS y el segundo se entre Talcahuano e isla Mocha, en ambos casos, se ubican en áreas de salinidades intermedias y sectores de mínimo gradiente salino (**Fig. 15c**).

En relación con la salinidad (Capa 50 metros)

La señal latitudinal de la banda costera muestra que los núcleos principales de la especie (oeste de Talcahuano y frente a Corral) se asocian a sectores donde la salinidad presenta un comportamiento bastante homogéneo y donde no se observan gradiente salinos importantes (**Fig. 76a**).



En la franja intermedia, la salinidad presenta un leve incremento y alcanza valores más altos que en la costa, en este plano las mayores concentraciones de jurel registradas entre Talcahuano e isla Mocha se asocian a zonas en las cuales la salinidad exhibe un leve pero continuo descenso en dirección sur, que también incluye gradientes salinos moderados (**Fig. 76b**).

En el área oceánica, a diferencia de la franja intermedia, la mayor concentración del recurso está directamente relacionada con algunos cambios en la salinidad, generando diferenciales que alcanzan el nivel de moderado (**Fig. 76c**).

En relación con la biomasa zooplanctónica, eufáusidos y copépodos

En el sector costero (desde la costa a las primeras 50 mn) se observa valores altos de abundancia en eufáusidos y copépodos, asociados a sectores donde se registran gradientes salinos y térmicos. Cabe señalar que eufáusidos y copépodos reportan aproximadamente el 68 % de la biomasa zooplanctónica. Esta situación es menos evidente hacia el sector oceánico (**Figs 74,75 y 77**).

En la franja costera, se advierte que las mayores densidades de jurel (frente a Corral) coinciden con las mayores abundancias de los eufáusidos y de copépodos (**Fig. 77a**). Cabe señalar que esta zona presenta aguas frías y de gradientes térmicos y salinos asociados al delta de la bahía de Corral que favorecen la retención de eufáusidos y copépodos, por lo que sería una zona de alimentación para el jurel.

En el sector intermedio, los mayores picos de abundancia del jurel se registran al oeste de isla Mocha, en este sector las concentraciones de eufáusidos y copépodos



decaen fuertemente, especialmente las densidades de los eufáusidos, en esta capa no se aprecia de manera nítida alguna relación entre las variables (**Fig. 77b**).

En la franja oceánica, el jurel presenta dos grandes focos, el primero se centra en la latitud 36°LS y el segundo se presenta entre Talcahuano e Isla Mocha en un sector de grandes diferenciales térmicos. En esta zona se aprecia que los eufáusidos bajan notablemente las densidades y no presentan núcleos importantes; en el caso de los copépodos es todo lo contrario, ya que éstos presentan las mayores concentraciones frente a Talcahuano a unas 150 mn de la costa, coincidiendo absolutamente con las grandes agregaciones de la especie en este sector.

c) Relaciones funcionales entre la distribución del jurel y las variables bio-oceanográficas

Los resultados del análisis de varianza realizados a las distintas variables bioceanográficas, las cuales se resumen en la **Tabla 35**, indican que existe una diferencia significativa entre las macroáreas, al considerar el factor latitudinal (costa, intermedia y oceánico) y los estratos de profundidad, con valores para las macroáreas longitudinal de Rao ($R(16, 2498) = 26,80; p < 0,00$) y los estratos de profundidad de Rao ($R(88, 1246) = 85,78; p < 0,00$).



Tabla 35 Por longitud y estratos profundidad, valores medios de; densidad de jurel (S_a), temperatura TEMPRO($^{\circ}\text{C}$), gradiente de temperatura (TEMGR, $^{\circ}\text{C}/2\text{mn}^2$), salinidad (SALPR, psu), gradiente de salinidad (SALGR, $\text{psu}/2\text{mn}^2$), y valores integrados de clorofila a (CLOA, mg/m^2), eufausidos (EUTOT, ind/m^3) y capa de dispersión profundidad (CDP, S_a).

Estrato	S_a	TEMPRO	TEMGR	SALPR	SALGR	CLOA	EUFTOT	CDPTOT
Superficial (5 a 50 m)	1925	13,718	0,043	33,954	0,009	34,809	25438	24408
Media (51 a 100 m)	2105	13,253	0,063	34,052	0,007			

Perfil	NASC	TEMPRO	TEMGR	SALPR	SALGR	CLOAPR	EUFTOT	CDPTOT
Costero	1501	13,26	0,051	33,98	0,010	32,04	42177	20054
Intermedio	1355	13,42	0,055	34,03	0,008	34,11	25181	25869
Oceánico	3188	13,78	0,053	34,01	0,007	38,26	8944	27254

La prueba post-hoc empleando el test de LSD permite afirmar que para la densidad de jurel (S_a) existe diferencia entre zona costera e intermedia y entre los estratos medios y superficial, mientras que el gradiente de temperatura es diferente en las tres macroáreas, en tanto para la capa de dispersión profunda la diferencia radica entre las áreas costera y oceánica (**Tabla 36**).



Tabla 36 Probabilidades del LSD entre las macrozonas para las variables Sa (densidad promedio de jurel), temperatura, salinidad, oxígeno, densidad (sigma-t), cloa y eufausidos

	Longitudinal			Estratos de profundidad	
		Intermedio	Oceánico		Superficial
Densidad jurel (NASC)	Costero	0,570*	0	Media	0,389*
	Intermedio		0		
Temperatura TEMPRO(°C)	Costero	0,011	0	Media	0
	Intermedio		0		
Temperatura (TEMGR, °C/2mn²)	Costero	0,088*	0,654*	Media	0
	Intermedio		0,208*		
Salinidad (SALPR, psu)	Costero	0	0,031	Media	0
	Intermedio		0,128		
Salinidad (SALGR, psu/2mn²)	Costero	0	0	Media	0
	Intermedio		0,023		
Cloa (CLOAPR, mg/m²)	Costero	0,008	0		
	Intermedio		0		
Eufausidos	Costero	0	0		
	Intermedio		0		
Capa de Dispersión Profunda	Costero	0	0		
	Intermedio		0,441*		

*diferencias no significativas ($\alpha = 0,05$)

El análisis de componentes principales, muestra que el primer componente explica sólo el 28,0647% de la varianza, mientras que el segundo lo hace con el 15,064%, y donde los valores propios son de 4,21 y 6,469, respectivamente (**Tabla 37**). En este sentido, en la componente 1 las variables que presentan comunalidades significativas son; la clorofila a, la temperatura en el estrato superficial y la salinidad promedio en el estrato superficial e intermedio. En el componente 2 las variable con comunalidades significativas ($>0,7$) son; temperatura en el estrato intermedio, densidad y temperatura en el estrato intermedio y la capa de dispersión profunda con una significancia $\geq 0,5$.



Tabla 37 Valor propio en el análisis de componentes principales

COMPONENTES	VALOR PROPIO	% TOTAL DE LA VARIANZA	% VARIANZA ACUMULADA
1	4,210	28,064	28,064
2	2,260	15,064	43,128

Luego, el modelo funcional que permite conocer la densidad de jurel está dado por las variables conservativas de temperatura promedio ($t = 17,88$) y salinidad promedio ($t = 17,88$), la clorofila a ($t = 4,84$) y eufáusidos ($t = 1,98$). El modelo se ajusta con $F(9,619) = 80,07$ con $p < 0,005$, y donde el R^2 múltiple es de 0,543 y el R^2 ajustado de 0,533.



6. DISCUSIÓN

La biomasa de jurel estimada en invierno del año 2002 (1.990.000 t), es el volumen más bajo cuantificado por método hidroacústico en la zona de estudio, entre los años 1997 a 2001. Abundancia que está sustentada por un decremento importante en el número de ejemplares de jurel, aún cuando existe un leve crecimiento de carácter somático en el stock, dado el desplazamiento de la moda principal de 26 a 27 cm y la mayor presencia de ejemplares mayores durante el año 2002.

La precisión del estimado de biomasa fue menor a la esperada para la prospección (CV =29,73) y levemente superior a la registrada en la evaluación del 2002 (CV = 7,6), al alcanzar un 9,28, lo que se explica por una mayor homogeneidad de las densidades acústicas de jurel que determinaron una amplia zona de concentración durante el 2002. La evaluación de los métodos propuestos para estimar la varianza de la biomasa (conglomerado, estrato agrupado, bootstrap y geoestadística), determinó una mayor precisión en el método geoestadístico.

Este volumen de biomasa respecto al período 1997 a 2001, muestra un quiebre en la tendencia alcista observada en las biomásas en la zona de estudio, con volúmenes que crecieron desde 3.200.000 t (1998), 4.100.000 t (1999), 5.600.000 t (2000) y 5.970.000 (2001) (Córdova *et al.*, 1997, 1998, 1999, 2000, y 2001). Esta menor disponibilidad de jurel representó una baja de un 66,66% respecto al año pasado.

En este sentido, antecedentes de carácter cualitativos obtenidos durante el desarrollo y con posterioridad al crucero de evaluación hidroacústica, a través de información proporcionada por capitanes de pesca y jefes de flota, señalan una baja



disponibilidad de jurel que se manifiesta con reducidas zonas de pesca, dentro y fuera de la zona de estudio. Estos antecedentes se fortalecen al considerar que a la fecha, los armadores no han logrado completar la cuota asignada para el presente año. En este sentido, el análisis comparativo del régimen operacional realizado a la flota cerquera de la VIII Región, permite señalar la existencia de cambios entre el primer semestre del 2001 y 2002, en cuanto a un aumento del tiempo utilizado por las naves en cada viaje, así como la reducción del número de estos y de los lances de pesca durante el 2002 (L. Caballero IFOP com. pers.).

En el sentido batimétrico, el recurso presentó una distribución bimodal que difiere de lo observado en el 2000 y 2001, donde fueron de carácter unimodal. Asimismo, el recurso se concentró en un 60,17% entre la superficie y los 100 m, en tanto 39,83% restante lo hizo hasta 210 m de profundidad. Se mantiene la tendencia a localizarse a mayor profundidad de norte a sur, sin embargo, su presencia en los primeros 100 m este año respecto al 90,0% y 81,0% registrado en el 2000 y 2001, indica que el jurel tuvo una distribución más profunda.

La abundancia total en número para la zona de estudio fue de 8.245.047.272 individuos, lo que representa una fuerte reducción respecto al 2001 donde el número de individuos alcanzó a 31.250.395.075. Decremento que alcanza a un 73,61% y explica el volumen de biomasa estimado en la zona de estudio.

El mejoramiento de la estructura de talla de jurel registrada el 2001, con ejemplares menores a 26 cm y que aportaron a la abundancia un 35,97% en número y 24,88% en peso, no se mantuvo durante el estudio, disminuyendo estos porcentajes a un 14,11% en número y el 8,13% en peso. Estos resultados indican que reaparece la tendencia registrada entre 1998 a 2000, con una disminución progresiva en ejemplares pequeños (> 26 cm) que van desde 79,54, 63,13 y 16,4 % en número y



un 68,09, 43,41 y 11,47% para el peso. Aspecto que es importante de destacar, en atención a que el bajo volumen de biomasa registrado durante año 2002 se sustenta sobre una estructura de talla del stock bastante débil, al no disponer de ejemplares de menor talla que puedan sostener a futuro una actividad extractiva.

En la zona de estudio, el área comprendida al norte de Topocalma por sobre las 100 mn de la costa y donde no se detectó peces en los años anteriores, fue más acentuada, al restringir la distribución de jurel a las primera 10 y 45 millas. En este sentido las densidades fueron bastante similares en la zona de estudio, razón por lo cual la mayor abundancia se localizó desde el sur de Constitución a Corral y en ella se concentró más del 90,60% de la biomasa estimada, coincidiendo el área donde se ubica la distribución del jurel con la registrada en 1998 (>90% de la biomasa).

Las evaluaciones realizadas muestran cambios en la forma de ocupar el jurel el espacio en la zona de estudio, es así que entre 1999 y 2001, los índices de cobertura varían en 26,66, 23,78 y 31,47% mientras que la densidad se incrementa con valores de 185,323, 268,51, 271,09 t/mn², Luego, los índices obtenidos de 19,62% (IC) y 140,59 t/mn² (ID) durante la prospección, reflejan fuertes cambios en la agrupación espacial y disponibilidad del recurso año a año en la zona de estudio. Del mismo modo, variaciones desde agregaciones muy contagiosas a dispersas, también se han observado ante un aumento de la temperatura superficial durante la primavera de 1991 y 1992 (Córdova y Paillaman 1992), además de cambios en la participación porcentual de los distintos tipos de agregaciones (**Fig 78**) como se observa en la zona de estudio desde 1997, al disminuir sistemáticamente el tipo cardumen desde un 59,09% a 4,8% en el 2002, y aumentando el tipo disperso a partir de 1999, con porcentajes que van desde un 37,02 a 66,88% (Córdova *et al.*, 2001).



En este sentido, el análisis de la frecuencia de ocurrencia de agregaciones tipo cardumen para una distancia recorrida de 1 milla, indica variaciones importantes entre 1991 y 2001, con un valor máximo de 8 cardúmenes por millas en 1997, año de evento El Niño con anomalías de $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, para posteriormente disminuir progresivamente conjuntamente con la presencia de aguas frías en la zona de estudio. Los resultados alcanzados este año refuerzan esta relación, al registrar un máximo de sólo 2 cardúmenes por milla recorrida y el dominio de bajas temperaturas ($<12\text{ }^{\circ}\text{C}$) en el sector sur, las más bajas para al período 1997 a 2001 en la zona de estudio.

En relación al ambiente, el análisis de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) para el período 1991–2002 (Fig 79), evidencia anomalías positivas especialmente en los años 1992 ($+0,6^{\circ}\text{C}$) y 1997 ($+2,5^{\circ}\text{C}$) reflejando el efecto de eventos cálidos en el área de estudio, por el contrario, anomalías negativas fueron detectadas principalmente en los años 1994, 1999, 2001 y 2002, con el valor histórico más alto en la presente campaña, reflejando períodos fríos. Es así que, antecedentes históricos de estructura de tallas anual en la zona centro sur del país, indican en forma marcada la presencia de ejemplares de jurel de menor tamaño en los años donde se ha desarrollado un evento El Niño, sugiriendo como hipótesis, el desplazamiento de masas de aguas oceánicas que incluyen el transporte de ejemplares pequeños que habitualmente permanecen en el sector oceánico (pre-reclutas).

Antecedentes de ***Trachurus picturatus murphy*** en Perú, señalan que el habitat preferido es el frente oceánico forma por las Aguas Costeras Frías (ACF) y las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), y su distribución y abundancia guarda cierta relación con la variación e interacción de estas masas de aguas frente al litoral peruano, las que varían desde años normales a anormal. Durante el verano o en



años cálidos (El Niño) el recurso se acerca a la costa, en tanto en los meses de invierno o en años fríos se aleja (La Niña). En este sentido, en años de EL Niño el jurel presenta una distribución marcadamente juvenil, con tallas inferiores a 30 cm y modas entre 17 a 20 cm, como consecuencia del acercamiento de las ASS a la costa, generando en mayor o menor escala una expansión de la subpoblación en el año, o después de uno o dos años, lo cual se ve reflejado claramente en el incremento en las capturas de peces de edad 1 a 3 (reclutas). También en los últimos años se observa una disminución de las tallas de jurel respecto a años anteriores (T. Dioses y M. Gutierrez, IMARPE com pers.).

Durante la manifestación de evento EL Niño, ocurren cambios importantes en la distribución espacial de los diferentes grupos de tamaño de jurel, como se observó en las capturas de la flota soviética fuera de las 200 mn frente a Perú entre 1987 y 1988, donde prácticamente no se capturaron ejemplares mayores a 29 cm de longitud a la horquilla.

En este sentido, tras el evento intenso El Niño 97-98 cambios importantes se han registrado en la zona centro-sur del país, con una fuerte modificación en la estructura de tallas de jurel que expertos han definido como una juvenalización del stock. Asimismo, la densidad global de los grupos zooplanctónicos ha disminuido gradualmente con una caída drástica en el 2002, además de una reducción de las tasas presentes u oferta de alimento en el medio de 34 (1991 al 1994) a 18 (1997 al 2002). Al respecto, es importante mencionar que cambio en la disponibilidad de zooplancton (presas) también se han registrado de manera habitual en la zona norte del país, durante la ocurrencia del fenómeno del El Niño.

Luego, el análisis histórico de la distribución espacial de la biomasa de jurel para el período 1997-2002 revela la ausencia recurrente de recurso en el sector



noroccidental del área de prospección (**Fig. 80**), lo cual coincide espacialmente con la intrusión superficial por el NW de aguas comparativamente más cálidas ($> 15^{\circ}\text{C}$) y más salinas ($>34,2$), situación que es corroborada también por información satelital para los distintos períodos en el área de estudio. Para la presente campaña (mayo-junio 2002), se observa esta clara penetración oceánica en el sentido NW-SE, de aguas comparativamente más cálidas (15°C) que alcanzan la cercanías de la costa (25 mn) frente a punta Morguilla ($37^{\circ} 40'\text{LS}$), en tanto al sur se manifiesta la fuerte presencia de aguas más frías ($<12,0^{\circ}\text{C}$), generando un fuerte gradiente térmico en sentido longitudinal (costa- océano) y donde se concentró mayoritariamente el jurel (90,6% de la biomasa). La zona estuvo bajo el dominio de temperaturas que variaron de $11,50$ a $15,70^{\circ}\text{C}$ ($13,79 \pm 1,067^{\circ}\text{C}$) y salinidades entre los $32,80$ y $34,27$ ($33,97 \pm 0,238$ psu).

En general, la distribución de las variables y estructuras oceanográficas verticales (y sus anomalías para el período 1997-2002) para el área de estudio, evidenció la presencia de aguas más cálidas que las informadas en período invernal de 1999 y 2001, similares al año 2000 (Nuñez *et al.* 2001) y significativamente menores a los años 1997 y 1998 (Nuñez *et al.*, 2000 y Arcos *et al.* 2001). Las anomalías positivas de la temperatura superficial ((máx: $+2,5^{\circ}\text{C}$), revela la fase activa del evento El Niño 97-98, mientras las anomalías negativas registradas en 1999-2001 (máx: $-1,5^{\circ}\text{C}$), refleja una condición ambiental fría, principalmente en 1999.

En las evaluaciones hidroacústicas efectuadas hacia fines del otoño entre 1997 a 2001, en la zona central de Chile, cambios en la distribución espacial del recurso jurel se han presentado, así como también una fluctuación intranual en las variables bioceanográficas, causadas preferentemente por la influencia de eventos cálidos y fríos que han afectado el área. Sin embargo, frente a estas variaciones ambientales el jurel presenta rangos preferenciales en las variables hidrológicas, que van desde



los 12 a 14 C y 33,8 a 34,0 psu, los cuales coinciden con los de años anteriores, asimismo, al igual que en el 2000 y 2001, el jurel se ubicó de preferencia en el estrato con valores de oxígeno entre 5 a 6 ml/L.

En general es posible señalar que el recurso muestra una preferencia por sectores de fuertes gradientes y descensos continuos de temperatura, lo cual concuerda con lo planteado por Yañez *et al* 1996, quienes asocian los más altos rendimientos de la flota cerquera industrial con sectores ubicados en los bordes de diferenciales térmicos importantes.

El análisis comparativo entre sectores con ausencia y presencia de jurel, realizado para el año 2002, indica características propias en cada una de ellos. Es así que, en los sectores donde se detectó el recurso se observó una mayor concentración de zooplancton que se reflejó en la mayoría de los grupos analizados durante este año. Del mismo modo, el ambiente asociado a estos sectores presentó diferencia de a) una capa de mezcla más profunda y un rango de casi el doble de magnitud ($74,9 \pm 20,4$ m; 46-145 m) en estaciones con presencia de jurel, en contraste con sectores que evidenciaron ausencia del recurso ($64,7 \pm 10,4$ m; 45-93 m); b) la profundidad base de la termoclina fue más somera ($97,9 \pm 15,9$ m; 74-148 m) y el espesor de la termoclina menor ($23,0 \pm 15,7$ m; 3-56 m) en regiones con presencia de jurel, a diferencia de sectores donde no se detectó; c) la temperatura en la profundidad base de la termoclina presentó valores mínimos menores (en casi 1°C) en sectores con jurel; d) valores de clorofila-a integrada en la columna de agua, significativamente mayores ($40,4 \pm 14,9$ mg m⁻², 19,2–84,3 mg m⁻²) vinculados a sectores con recurso, en contraste con áreas donde no se observó ($29,1 \pm 6,2$ mg m⁻², 17,3–44,5 mg m⁻²) y, por último, e) concentraciones de oxígeno disuelto inferiores, cercanas a valores mínimos de oxígeno, en zonas con ausencia del recurso ($1,3 \pm$



0,45 ml l⁻¹, 0,64-2,29 ml l⁻¹), y superiores (1,95 ± 0,97 ml l⁻¹, 0,54-3,71 ml l⁻¹) en regiones donde se detectó jurel, al considerar el estrato de 200 m de profundidad.

Por otra parte, las alteraciones ambientales observadas entre 1991 al 2001 en la zona de estudio, muestran cambios en el uso del espacio por el jurel con distribuciones altamente contagiosas y altos niveles de densidad que varían entre los distintos años.

Estos cambios en la forma de agregarse el recurso observados a través de distintos índices acústicos (ID, IC y cardumen/milla), son importante de considerar al momento de establecer o aplicar la unidad de esfuerzo en la evaluación de jurel por método indirecto. Es así que, Petitgas 1994 señala la importancia de conocer la estrategia espacial de agrupamiento de los recursos, para conocer como varía el histograma de densidad y distribución espacial cuando cambia la población media, ya que esto permite estimar parámetros de la población con información de captura por unidad de esfuerzo (c.p.u.e.), dado a que ésta preferentemente representan zonas específicas de alta densidad que los capitanes encuentran, bajo un enfoque comercial (intencionalidad de pesca).



Por otra parte, Laurec y Le Guen 1997 analizan los efectos de los cambios de comportamiento del recurso sobre el índice de captura por unidad de esfuerzo, estableciendo la unidad de esfuerzo más apropiada ante distintos tipos de distribuciones espaciales en los peces, demostrando que un manejo acertado de las pesquerías requiere actualmente de información adicional a la c.p.u.e., para conocer precisamente la evolución del stock. Luego, el conocimiento de la estrategia de agrupación espacial de los peces es fundamental y la hidroacústica es una de los pocos métodos que puede entregar este tipo de información adicional, para la evaluación indirecta del stock de jurel en la zona de estudio.

En este sentido, la información de tamaño recolectada en los cruceros de evaluación acústica es consistente con lo estructura presente en la columna de agua, al no estar sesgada por la intencionalidad de pesca como es habitual en las capturas de la flota industrial (Córdova *et al* 2001). Situación que se potencia con el actual régimen de regulación de la pesquería, donde cada empresa dispone de un volumen de extracción definido y el tamaño de los ejemplares son determinados principalmente por el mercado (consumo humano, conserva, congelado y harina). Luego, es necesario contar con información complementaria a través de cruceros hidroacústicos y de Pesca de Investigación como las realizadas a partir de 1997.

Luego, el conocimiento acabado de los cambios que sufren en el tiempo las especies, permite tomar decisiones oportunas en el marco de normas de manejo adecuadas e inmediatas, como lo han planteado agentes del sector pesquero. El aumento de evaluaciones acústicas de jurel en la zona centro-sur, entregará una cantidad mayor de nuevos antecedentes que contribuyan fuertemente a apoyar los resultados y/o proyecciones de la evaluación indirecta. Este aspecto es importante, dado que actualmente sólo se realiza una evaluación del recurso en la zona centro-sur, quedando sujeto el estimado de biomasa a la exactitud de realizar la evaluación



del recurso durante el período de máxima concentración en el área de la pesquería, quedando abierta la posibilidad de no coincidir el período de crucero con el de mayor abundancia, obteniendo una señal errónea que incidirá con fuerza en la evaluación indirecta, al calibrarse este método con el estimado biomasa acústico.

La baja biomasa observada se explica en su mayoría por un fuerte decremento en el número de ejemplares desde 31,12 E+10 (2001) a 8,25 E+10 (2002), merma que también se expresa a través de un índice independientes del área de distribución, con una importante caída en la densidad acústica desde 113.42 a 37,20 t/mn². Valor de densidad acústica que se extiende por fuera del área de estudio, con valores cercanos a los 38 t/mn² (A. Sepúlveda com. pers.). En este sentido, el aumento de ejemplares de mayor tamaño y el desplazamiento de la moda principal desde 26 a 27 cm, determinaron una constante de transformación (0,1547 t/mn²) superior en un 7,4% a la registrada el 2001, no fue relevante. Estos resultados y las bajas capturas de la flota industrial de la VIII Región en el transcurso del presente año, en el sector donde se desarrolla principalmente la pesquerías de jurel en el país, indican una baja disponibilidad del recurso dentro y fuera del área de estudio.

Antecedentes de desembarco de jurel peruano, muestran un crecimiento sostenido que va desde 82.641 t (1999) a un máximo histórico de las capturas con 545.308 t (2001), que es coincidente con la tendencia alcista observada en los estimados de biomasa de jurel en la zona centro-sur del país, donde su más alto volumen de biomasa (5.990.000 t) se obtuvo en el 2001. Luego, las capturas peruanas caen bruscamente en el primer semestre del 2002 a las 87.585 toneladas, coincidiendo esta baja en la disponibilidad con los resultados de la evaluación y capturas de la flota cerquera industrial en la zona de la pesquería.



En este sentido, de los 13 grupos que conforman la estructura de edad en esta campaña, los grupos IV, V y VI son los más importantes y sostienen la pesquería de jurel, disminuyendo el principal grupo (IV) para el período 2000–2002, desde 44,7% a 35,62%. En general, desde 1996 se observan cambios importantes en la estructura de edad de jurel asociada a la fuerte presencia de ejemplares menores, lo que difiere radicalmente de lo observado entre 1975 a 1995, donde la pesquería estuvo sustentada por las edades V; VI; VII; y, VIII.

Luego, al considerar el bajo valor absoluto de biomasa estimado, la fuerte caída de la densidad acústica dentro y fuera de la zona de estudio, la presencia de sólo tres grupos de edad importantes, la baja disponibilidad del recurso en la pesquería y el reducido número de ejemplares pre-reclutas en la estructura de talla, no es posible señalar la continuidad de la tendencia creciente y mejorada de la estructura del stock observada hasta el 2001, sino más bien por lo contrario, un debilitamiento general de las condiciones en el recurso.

La distribución espacial que presentó el recurso durante la prospección en el 2002, hace necesario contar con información complementaria a la evaluación hidroacústica, a través de prospecciones exploratorias extensas bajo un régimen de Pesca de Investigación, antes y durante el desarrollo del crucero de cuantificación acústica. Lo anterior, permitirá conocer con anticipación la distribución espacial del jurel, y por tanto ajustar el área de estudio a fin de contener en ella los sectores de mayor concentración del recurso. Asimismo, una prospección efectuada durante el período del crucero de evaluación, brindará información anexa que permita evaluar la efectividad de cobertura del área de cuantificación, y por ende proyectar la importancia relativa de la abundancia por fuera del área de estudio.



7. CONCLUSIONES

7.1 Acústica

- 7.1.1** La biomasa de jurel para la zona comprendida entre Horcón (32° 40'LS) a Corral (40° 00'LS) y desde 5 y 200 millas de la costa fue de 1.990.000 t, con un coeficiente de variación (CV) de 9,28.
- 7.1.2** El método geoestadístico (Petitgas, 1991) presentó la mayor precisión y su biomasa no presentó diferencia con lo estimado en el método de Estratos Agrupados (Volter, 1985).
- 7.1.3** La abundancia numérica total alcanzó a 8.245.047.272 individuos y es inferior al 2001 (3,10E+10) en un 73,62%. El número de individuos bajo la talla mínima legal (26 cm) se disminuye este año, desde 35,97 a 14,11% en número y de 24,88 a 8,13% en peso. Reapareciendo la tendencia de reducción de ejemplares menores observada entre 1998 al 2000.
- 7.1.4** El patrón de distribución espacial del jurel durante este año, se corresponde con lo observado desde 1997 al 2000, en cuanto a la ausencia total de agregaciones en el sector noroeste donde se detecta recurrentemente la intrusión de aguas cálidas procedentes del área oceánica.
- 7.1.5** No se detectaron zona de concentración individual, sino una gran zona que se localizó entre Talcahuano (37°LS) y Corral (40°LS) desde 45 a las 200 mn de la costa, concentrando por sobre el 95,0% de la biomasa cuantificada en la zona de estudio. En este sentido, la zona fue amplia y



presentó una tendencia a prolongar su distribución hacia el sector oceánico al sur del área de estudio.

- 7.1.6** Esta distribución espacial de jurel no presenta grandes diferencias con la de 1998, donde más del 90,0% de la biomasa se localizó entre Talcahuano y Corral.
- 7.1.7** La densidad acústica media para este crucero alcanzo a 37,20 t/mn², lo que representa una fuerte reducción respecto a los 113,42 t/mn² registrada el 2001. Este valor menor también es observado durante el desarrollo de la prospección por sobre las 200 mn, lo que indica la existencia de una densidad homogénea dentro y fuera del área de estudio, que sugiere una disminución de la abundancia producto de una merma importante en la presencia de jurel más que su distribución en el 50% del área de estudio.
- 7.1.8** El número de cardúmenes máximo por milla recorrida fue de 2, manteniendo la tendencia a disminuir entre 1997 al año 2001 (8 a 3) y conservando la relación entre la reducción del número de cardumen – presencia de aguas frías.
- 7.1.9** El índice de cobertura y densidad fueron de 19,62% y 140,59 t/mn² para la zona de estudio, indicando un decremento del grado de cobertura y densidad de jurel en la zona comparado con un 31,47% y 271,09 t/mn², lo cual ratifica la merma en la disponibilidad del recurso en la zona de estudio.
- 7.1.10** El jurel se localizó entre los 10 a 210 m en la zona de estudio, manteniendo las agregaciones al igual que en los otros años, una tendencia a profundizarse hacia el sector sur. Es así que, entre la superficie y los 100 m el porcentaje de agregaciones fue menor con 60,17%, respecto de un 90,0 y 81,0% registrado en el 2000 y 2001, respectivamente.



7.2 Pesca

- 7.2.1 El 86,13% % de la captura correspondió a jurel, en tanto el 13,87 % lo constituyó la fauna acompañante.
- 7.2.3 El mayor aporte en la fauna acompañante correspondió a las especies; jibia *Dosidicus gigas* (10,89%); anchoveta *Engraulis ringens* (1,46%), reineta *Brama australis* (0,95%); sierra *Thyrsites atun* (0,29%); caballa *Scomber japonicus* (0,23%); Mictófidios (0,04%); y, merluza de cola *Macruronus magallenicus* (0,01)
- 7.2.4 El alto volumen de jibia registrado se explica principalmente por la captura de sólo dos lances de pesca (22 y 23), los cuales con su aporte dan cuenta del 10,89 % alcanzado por esta especie.
- 7.2.4 Se capturaron ejemplares de jurel entre 19 a 50 cm, donde un 26,66% de ellos estuvieron bajo la talla mínima legal (26 cm), lo cual representa una disminución en el número de individuos pequeños respecto al año 2001 (41,23%).
- 7.2.5 El intervalo de talla 20 a 45 cm concentró el 99,87% de los ejemplares, lo que difiere respecto al 2001, donde un 99,33% se ubicó entre 20 a 35 cm, indicando un aumento de ejemplares mayores en el estudio.
- 7.2.6 La especie más recurrente en la captura fue caballa, con tallas que van desde 17 a 34 cm de longitud horquilla y una moda principal en 24 cm y una secundaria en 20 cm. Esta distribución bimodal no se observó el año 2001, donde los tamaños fueron mayores entre 27 a 36 cm y sólo con una moda en 32 centímetros.



- 7.2.7** No existen diferencias significativas entre las distribuciones de tallas en los sectores norte y sur, razón por lo cual se determinó una distribución general para la zona de estudio.
- 7.2.8** La composición por grupo de edad fue de 13 grupos, siendo los principales el IV, V y VI que participan con un 35,62, 17,47 y 18,08% respectivamente. La edad IV se mantiene como grupo principal para el período 2000-2002, sin embargo, este año su aporte disminuye (35,62%) respecto del 2000 (44,7%) y 2001 (42,2%).
- 7.2.9** Al igual que desde 1997 al 2001, las relaciones longitud peso entre machos y hembras no fueron significativamente distintas, lo que permite el uso de una relación general (machos y hembras) para determinar la constante de ecointegración.

7.3 Sección trofodinámica

- 7.3.1** El espectro trófico durante el periodo de estudio, estuvo representado por 10 taxa, de los cuales destaca como el principal recurso alimenticio a los eufáusidos.
- 7.3.2** Del análisis de importancia relativa de presas, reveló que los eufáusidos dominaron la dieta de jurel, tanto en número, peso y frecuencia de aparición, alcanzando un IIR 3,94.
- 7.3.3** La importancia relativa separado por grupos de tamaños muestra a los crustáceos pequeños (copépodos, ostrácodos y larvas de gastrópodos) con mayor importancia en los grupos de tamaños inferiores (grupo I y II),



mientras que en individuos de mayores tamaños la preferencia esta orientada a los mictófidios.

- 7.3.4** La similitud entre conglomerados muestra una estrecha relación entre los grupos intermedios de tamaños (grupos 3 y 4), básicamente dados por el alto consumo de eufáusidos. Los individuos más pequeños < 30 cm, difieren radicalmente del resto de conglomerados, esto dado básicamente por un alto consumo de restos crustáceos pequeños, representados principalmente por copépodos, ostrácodos, larvas de gastrópodos y otras presas en un alto estado de digestión.
- 7.3.5** En la relación consumo versus biomasa (Q/B), los eufáusidos fueron la presa de mayor consumo alcanzando cerca de la totalidad del alimento ingerido por el predador durante el periodo de estudio (99,1% del consumo total).
- 7.3.6** Durante el periodo de estudio, las presas que presentaron el mayor patrón selectivo de acuerdo al Índice de selectividad por tamaño (**U**), fueron los anfípodos y sardinas ($ds = 0,375-0,376$).
- 7.3.7** El análisis de selectividad de Chesson reveló que *T. s. murphyi*, predó selectivamente en los sectores más costeros de la zona de estudio, mostrando una clara preferencia por los eufáusidos. En los sectores más oceánicos la proporción en la abundancia de la oferta ambiental es menor para el caso de los ostrácodos, dando como resultado altos valores de selectividad sobre esta presa.



7.4 Sección Oceanografía

- 7.4.1** La distribución superficial de la temperatura del mar evidenció aguas comparativamente más cálidas que las informadas para el invierno del año 2001, y similar a lo reseñado para el año 2000. En este crucero destacó: a) la ausencia de aguas de 16 °C, en contraste con la presencia de aguas cálidas (> 16°C) en el extremo NW del área de estudio, reseñado para los años 1997 y 1998; b) la clara penetración oceánica, en sentido NW-SE, de aguas comparativamente más cálidas que alcanzan las cercanías de la costa (25 mn) frente a punta Morquilla (37°40'S), generando un fuerte gradiente térmico de disposición longitudinal (costa-océano); c) la presencia de aguas más frías (<12°C) hacia el sector austral del área prospectada
- 7.4.2** La distribución superficial de salinidad estuvo dominada por las isohalinas de 34,1 y 34,2 psu en el sector norte. Al sur de los 36°LS el campo salino reveló aguas levemente menos salinas, representadas por las isohalinas de 33,9 y 33,8 psu. En la región costera se verificó marcados gradientes laterales de salinidad debido al aporte de aguas continentales asociados a la desembocadura de los ríos Rapel, Bío-bío y al estuario del río Valdivia. Esta distribución salina superficial reflejó una condición ambiental muy similar a lo reportado para el período invernal de los años 1999 y 2001 y, por el contrario, una situación distinta a lo reseñado para el invierno del año 2000 donde estas isohalinas estuvieron restringidas al extremo norte, y a los años 1997 y 1998, donde aguas más salinas dominaron el sector centro-norte del área de estudio.



- 7.4.3** La distribución subsuperficial de salinidad destaca la presencia de una banda costera de aguas más salinas (34,4-34,5 psu), un gradiente salino de disposición SE-NW frente a punta Lavapié, y aguas comparativamente menos salinas hacia el sector suroccidental del área de prospección. La disposición de las isohalinas y la ausencia de salinidades de 34,6 psu, revela una situación muy similar a lo descrito para el año 1999, y diferente de lo reportado para el resto del período contrastado, especialmente para los años 1997 y 1998.
- 7.4.4** La distribución de la concentración de oxígeno disuelto mostró un estrato superficial bien oxigenado, patrón similar a lo descrito para el año 2001 (centrado en los 6 ml l⁻¹) y a los años 1993, 1994 y 2000, pero distinto a los bajos valores superficiales descritos para el invierno de 1999. El estrato de 200 m de profundidad se caracterizó por una banda costera con concentraciones pobres en oxígeno disuelto, caracterizando el flujo de las AESS hacia el sur, que se extendió hasta los 37°40'S, límite menor al reportado para los años 2000 y 2001, donde alcanzó los 39°LS.
- 7.4.5** La distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (estimada como clorofila-a) evidenció que gran porcentaje del área prospectada con valores bajos, menores a 0,5 mg m⁻³, situación consistente con el período invernal y la región oceánica evaluada en este crucero. No obstante lo anterior, se detectó dos importantes núcleos de altas concentraciones asociados al extremo SE del área de estudio, con concentraciones superiores a los 3,5 mg m⁻³. La distribución de la clorofila-a integrada reveló dos ambientes distintos, situados al norte y sur de los 37°LS, con concentraciones menores a 30 mg m⁻² y mayores a 60 mg m⁻², respectivamente.



- 7.4.6** En la dimensión vertical, los perfiles verticales y secciones oceanográficas evidenciaron, en general, termoclinas y pycnoclinas bien definidas, situadas aproximadamente entre los 50 y 120 m de profundidad, con una leve profundización hacia las estaciones más oceánicas. La salinidad presentó un gradiente vertical más extenso, verificable en la mayoría de las secciones, situado entre los 60 y 140 m de profundidad. El grado de mezcla entre las ASAA y aguas de origen continental, aportadas principalmente por los ríos Rapel, Itata, Bío-bío, y el estuario del río Valdivia, imponen un cambio local en la distribución salina superficial entre la costa y las 25 mn.
- 7.4.7** La capa de mezcla presentó un claro gradiente longitudinal, verificándose valores comparativamente menores en el sector costero (<60 m) y valores mayores hacia las estaciones más oceánicas de los transectos. Los valores detectados en la región costera fueron significativamente superiores a lo reportado para los años 1998, 1999 y 2000, que evidenciaron una capa de mezcla mucho más somera en la costa (20-30 m). La profundidad base de la termoclina evidenció también la presencia de gradientes longitudinales, con una estrecha banda costera de valores menores (<80 m) y una marcada profundización hacia el sector más oceánico alcanzando valores superiores a los 100 m. La distribución de la profundidad base de la termoclina para 2002, reveló una distribución espacial similar al año 1997, en contraste con el período 1998-2001, donde la PBT exhibió valores menores a 60 m cerca de la costa.
- 7.4.8** El análisis de los diagramas TS reveló, al igual que en estudios anteriores, la presencia de tres masas de agua, las Aguas Subantárticas (ASAA), las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) y las Aguas Intermedias Antárticas (AIA).



7.5 Plancton

- 7.5.1** La diversidad de los grupos zooplanctónicos presentes durante el otoño 2002 es similar a años anteriores, pero la abundancia total registrada es una de las más bajas de la serie 1997- 2002
- 7.5.2** La densidad particular de la mayoría de los grupos zooplanctónicos, en especial de los que presentaron las abundancias más elevadas durante este último período, se ubicaron dentro de los registros más bajos de total de años analizados.
- 7.5.3** Los eufáusidos por primera vez ocupan un lugar tan alejado de los grupos numéricamente dominantes, siendo desplazados a la octava posición
- 7.5.4** La zona donde no se ha detectado jurel, correspondiente al extremo norte de las prospecciones realizadas desde el año 1997, ha exhibido en la mayor parte de las estaciones, presencia de eufáusidos, pero sus concentraciones han sido las más bajas en relación al resto de las áreas de estudio. Detectando sólo en el año 1999 una situación diferente, al encontrar en esta zona las estaciones con niveles de abundancia alto.
- 7.5.5** La distribución de los zooplanteros y sus mayores niveles de abundancia, se registro mayoritariamente en la zona donde se detectó la presencia del recurso jurel.
- 7.5.6** La biomasa zooplanctónica promedio exhibida durante este último período, correspondió a la más baja de todos los años analizados, superando sólo lo registrado durante el año 2000.



7.6 Asociaciones

- 7.6.1** En cuanto al rango de distribución del jurel respecto de las variables ambientales se puede observar que la especie se reporta en aguas cuya temperatura varía desde 10°C hasta 15°C, con una clara preferencia por aguas de 12-14°C; referente a la salinidad, el recurso se distribuyó en un rango de 33,3 a 34,6 psu, con una inclinación por los 33,8-34,0 psu; relativo al oxígeno, la especie se presenta mayoritariamente en el rango 4,0-6,0 ml/L, con una marcada moda en 5,0 ml/L.
- 7.6.2** En cuanto a la biomasa zooplanctónica y las variables ambientales, en el sector costero se observa una asociación entre área con presencia de gradiente térmico y salino y altas concentraciones de zooplancton
- 7.6.3** De las señales latitudinales se puede concluir que la especie, en general, muestra preferencia por los sectores de continuos descensos de la temperatura, los cuales a su vez se asocian con fuertes gradientes térmicos. A su vez, dichas zonas exhiben un leve pero continuo descenso de la salinidad y diferenciales salinos moderados. Finalmente, se destaca que estas áreas presentan agregaciones de eufáusidos y grandes concentraciones de copépodos.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aravena, G. 1999. Composición, distribución y abundancia de las apendicularias y su posible relación con las características oceanográficas de la zona norte de Chile (18°20'S – 31°00'S). Tesis para optar al título Biólogo marino. Departamento de Biología Marina, Facultad de Cs del Mar, Universidad Católica del Norte. 69 pp +31 Figuras, 4 Tablas.

Arancibia, H. 1988. Cluster analysis: the use of a simple statistical method in the identification of groups. ICES. C.M.D:12 Statistical Cttee., Ref. Demersal Fish Cttee., 18 pp.

Aranis, A y J. C. Mendieta, 1986. Manual de muestreo biológico. Documento técnico interno. Inst. Fom. Pesq.. Santiago, Chile. 23 p., anexos.

Aranis A., 2001. Informe Biológico Pesquero N° 7. Pesquería Pelágica Zona Centro-sur. Enero a Octubre 2001. Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile.

Aranis A., G. Böhm, R. Gili, V. Bocic, H. Hidalgo, G. Rosson, S. Mora, A. Gómez y A. López. 2001a. Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro Sur. 2000. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile. 71 p.+ Anexos.

Aranis A., G. Böhm, P. Barría, R. Gili, V. Bocic, H. Hidalgo, H. Miranda, G. Rosson, S. Mora, A. Gómez y A. López. 2001b. Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro Sur. 2001. Seguimiento del Estado de



- Situación de las Principales Pesquerías Nacionales .Informe de avance. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile. 68 p.+
- Aranis A., G. Böhm, R. Gili, V. Bocic, H. Hidalgo, P. Barría, . Caballero, M. Nilo, E. Palta, H. Miranda, R. Serra, S. Mora, y G. Muñoz. 2002.** Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro Sur. 2002. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales .Informe de avance. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile. 68 p.+
- Arcos, D. F. 1975.** Copépodos Calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. *Gayana Zool.* 32:1 - 31.
- Arcos, D.F., L.A. Cubillos & S.P. Núñez 2001.** The jack mackerel fishery and El Niño 1997-1998 effects off Chile. *Progress in Oceanography*, Vol 49:597-617.
- Barbieri, M. A. 1981.** Variabilité des données acoustiques utilisées dans l' evaluation des biomasses 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. Bohm, 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 final al FIP 95-07. IFOP, Chile. 52 p + anexos y figs.



- Barría, P., A. Aranis, S. Mora, G. Böhm, V. Catasti; H. Peña, C. Gonzáles, F. Vejaar, A. Hernández 2000.** Monitoreo de la captura de jurel 1999. Informe final Proyecto FIP 99-02. IFOP, 123 p.+figs y tablas.
- 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.
- Bodenheimer, F. 1955.** Précis d'ecologie animale. Payot, Paris. 235p.
- Bodholt, H. 1991.** Fish density derived from echo-integration and *in situ* target strength measurements,. ICES C.M. 1990/B:11.
- Brandhorst, W. 1971.** Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso. 14(3):45-84.
- 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., 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.

Castillo, J., M.A. Barbieri, M. Espejo y V. Catasti . 2000. Evaluación de la biomasa y distribución espacial de anchoveta y sardina común en el periodo del reclutamiento. Primavera 1999. En: Informe Final Proyecto Evaluación acústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur de Chile. Fondo de Investigación Pesquera, Proyecto FIP 99-13. 138 p + Anexos.

Córdova, J y A. Paillamán. 1992. En 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.

Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1995. Evaluación Hidroacustica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).

Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1997. 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).

Córdova, J., M. A. Barbieri, S. Lillo, 1998. Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (161p)+ anexo figs.



- Córdova, J., M. A. Barbieri, H. Miranda, M Espejo y M Rojas, 1999.** Evaluación Hidroacustica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (200 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2000.** Evaluación Hidroacustica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE, marzo 2001. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (204 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2001.** Evaluación Hidroacustica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (207 p)+ anexo figs.
- 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.
- Eastman, J.R. 1995.** IDRISI for Windows. User's Guide Version 1.0. Clark University Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. 239p.
- 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, 1995.** Oceanografía física. En: Informe final proyecto "Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sir, V a IX regiones. FIP, 221p



- Foote, K. 1986.** Maintaining precision calibrations with optimal cooper spheres. Journal of the Acoustical Society of America.
- Foote, K. and J. Rivoirard 1992.** Geostastical analysis of acoustic survey data on = group herring in Fjord. IVES. C. M. 1992/ D: 10. 14 p.
- Frontier, S. 1980.** 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.
- 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.
- Hahm, W. R. y Langton. 1985.** Prey Selection based on predator Prey weight, ratios for some norwest atlantic fish: Mar. Ecol. Progr.ser 19: 1 – 5
- 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.
- Hirakawa, K. 1984.** Seasonal distributions of zooplankton in the susface waters of Aysen Fiord, Southern Chile. Introducion into Aysen Chile of Pacific Salmon, Informational Brief, 9.



- 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.
- Hulley, P. A. 1984.** Mictophidae. In Fishes of the North-Eastern. Atlantic and the Mediterranean. Vol 1
- Hunter, J. R. 1971.** Sustained speed of Jack Mackerel, *Trachurus symmetricus*. Fis Bull. 69(2): 267-271.
- Hynes, H. 1950.** The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*)
- Hyslop, E. 1980.** Stomach contents analysis. A review of methods and their application. J. Fish.Biol., 17:411-429.
- Jones, J. B. 1990.** Jack mackerel (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. N. Z. Fish. Tech. Rep. 23: 28 pp.
- Kara, A.B., P.A. Rochford & H.E. Hulbert. 2000.** An optimal definition for ocean mixed layer depth. J. Geophys. Res., 105(C7):16803-16821.
- Kawahara, S., J. Uozum Y h: Jamada. 1988.** First record of a carangid fish. *Trachurus murphyi*, from New Zealand Waters. Jap. J. Ichthyol. 35 (2):21-214
- Kong, I. y R. Meléndez. 1991.** Estudio taxonómico y sistemático de la ictiofauna de aguas profundas capturadas entre Arica e Isla Mocha (18°30'-38°30' Lat., S). Estudios Oceanológicos 10:1-81.



Krefst, G. 1984. Nodosudidae. Pag 421-425

Lamilla, J. 1986. *Bathyraja albomaculata* (Norman, 1937): Primer registro para las costas de Chile (Chondrichthyes, Rajidae). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, Chile. Tomo 57:177-182.

Laurec, A. y Le Guen J. C. 1977. c.p.u.e. des senneurs et abondance, impact des structures fines. Rec. Doc. Sci. ICCAT, 8 ;: 30-50.

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.

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*). ICES C.M./H:33, Pelagic Fish. Comm., 11 pp.



- Meléndez, R. y D. Meneses. 1989.** Tiburones del talud continental recolectados entre Arica (18°19'S) e Isla Mocha (38°30'S), Chile. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 17:3-73.
- Millero, F. y A. Poisson. 1981.** International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.
- Microimages. 1997.** TNTmips- The map & Image Processing system. Millero, F. y A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.
- Miranda, L., C. Cuevas y H. Rebolledo. 1998.** Capítulo: Trofodinámica. *En:* Proyecto FIP 96-13. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en las regiones V a IX. 161 pp + anexos.
- Miranda, H. 1999.** Derivación del estimador de la varianza para el factor de eointegración. Informe Técnico – Unidad de estadística. IFOP.
- 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.
- Núñez, S. J. Ortiz y D. Arcos. 1998.** Capítulo: Oceanografía física y química. *En:* Proyecto FIP 96-13. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en las regiones V a IX. 161 pp + anexos.



Núñez, S. & J. Ortiz. 2000. Informe Final. Capítulo: Oceanografía. *En:* Proyecto FIP 99-03 Evaluación acústica del recurso jurel en la ZEE de Chile, 1999.

Núñez, S. & J. Ortiz. 2000. Informe Final. Capítulo: Oceanografía. *En:* Proyecto FIP 99-04 Evaluación acústica del recurso merluza común en la zona centro-sur, 1999. 79 pp.

Núñez, S, D. Arcos & J. Ortiz (2000). El Niño 1997-1998 y la hidrografía invernal en el área de pesca de jurel de Chile central. Resúmenes del XX Congreso de Ciencias del Mar. Universidad Católica de la Santísima Concepción, p.162.

Núñez, S., J. Ortiz & P. Torres. 2001. Informe Final. Capítulo: Oceanografía. *En:* Proyecto FIP 2000-03 Evaluación hidroacústica del jurel en la ZEE de Chile, Año 2000.

Ojeda, P. y S. Avilés. 1987. Peces oceánicos chilenos. Islas Oceánicas Chilenas. Conocimiento Científico y Necesidades de Investigaciones. J.C. Castilla (Ed.) 1987. Ediciones Universidad Católica de Chile:247-270.

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

Palma, S. Y S. Rosales. 1995. Composición, distribución y abundancia estacional del macroplankton de la bahía de Valparaíso. *Invest. Mar.* , Valparaíso, 23:49-66.

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



- Pequeño, G. 1971.** Sinopsis de Macrouriformes de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 32: 269-298.
- Pequeño, G. y E. D'Ottone. 1987.** Diferenciación taxonómica de los lenguados comunes de Valdivia, Chile (Osteichthyes, Bothidae). Revista de Biología Marina, Valparaíso, 23(1):107-137.
- 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 pour IBM-PC effectuant l'analyse structurale et les calculs de variance d'estimation es quantites totales pour des donnees geographiquement correlees. ICES C.M. 1993/D:65.
- Petitgas, P. 1994.** Spatial strategies of the fish populations ICES/CIEM. C. M. 1994/D: 14
- 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.
- Power, J. H. y L. N. May. 1991.** Satellite observed sea surface temperatures and yellow fin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico. Fish. Bull., 89 (3-4): 429-439.



- Reddy, R., V. Lyne, R. Gay, A. Easton y S. Clarke. 1995.** An application of satellite-derived sea surface temperatures to southern bluefin tuna and albacore off Tasmania, Australia. *Sci. Mar.*, 59 (3-4): 445-454.
- Retamal, M.A. 1981.** Catálogo ilustrado de los crustáceos decápodos de Chile. *Gayana (Zoología)*, N° 44, 110 págs.
- Robertson, A. 1979.** An improved apparatus for determining plankton volume. *Fish. Bull. S. Africa* (6): 23-36.
- Robles, F. 1976.** Descripción general de las condiciones oceanográficas en aguas chilenas. Instituto de Fomento Pesquero, 103 p.
- 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.
- Rojas, R. & N. Silva. 1996.** Atlas Oceanográfico de Chile. Vol. 1. Primera Edición. Servicio Hidrográfico de la Armada de Chile. 130 p.
- SERNAPESCA 1999.** Anuario estadístico de pesca de Chile
- Serra R., C. Canales, P. Barría, J. Córdova y A. Aranís. 2001.** Investigación y captura Total Permisible Jurel, 2001. Proyecto IFOP – SUBPESCA. Informe final 61p+ Anexos.
- Serra, R. 1991.** Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Invest. Pesq. (Chile)*, 36: 67-83.



- SIMRAD, 1991.** SIMRAD EK-500 Scientific echosounder. Operation. P217E.0. 15p. manual.
- Silva, N. & H. Konow. 1975.** Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Suroriental. Expedición Krill. Crucero 3-4. Julio-Agosto, 1974. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur. Ciencia y Derecho del Mar 3:63-75.
- Silva, N. & H. Sievers. 1981.** Masas de agua y circulación en la región de la rama costera de la Corriente de Humboldt. Latitudes 18°S y 33°S (operación oceanográfica Mar Chile X – ERFEN I). Cienc. Y Tec. Del Mar. CONA, 5:5-50.
- Silva, N. 1982.** Masas de agua y circulación en la región norte de Chile, Latitudes 18-32 °S (operación oceanográfica Mar Chile XI – ERFEN II). Cienc. y Tec. del Mar, CONA 7:47-84.
- 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.
- Sneath, P. Y R. Sokal. 1973.** Numerical taxonomy . The principles and practice of numerical classification. W. H. Freeman, San francisco. 573 pp
- Strub, P.T., J.M. Mesías, V. Montecino, J. Rutland & S.Salinas. 1998.** Coastal ocean circulation off western South America. In: The Sea A.R. Robinson & K.H. Brink (eds). Vol. 11, p: 273-313.
- UNESCO. 1981a.** The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. Unesco Tech. Papers in Mar Sci. N°36.



- UNESCO. 1981b.** Background paper and supporting data on the practical salinity scale 1978. Unesco Tech. Papers in Mar Sci. N°37.
- Ursin, E. 1973.** On the prey size preferences of cod and dab. Meddr. Danm. Fisk.-og. Havunders 7:85-98.
- Vidal, J. 1968.** Copépodos Calanoídoes epipelágicos de la expedición Marchile II, Gayana Zool., 15:1 - 98.
- Volter, K. M. 1985.** Introduction to Variance Estimation xii, 428 pp.
- 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.
- Yashnov, U. A. 1959.** A new model of volume meter for rapide and precise plankton evaluation under field conditions. Zoologic. Chesku, Zhurnal (moscow) 38:1741-1744.

FIGURAS

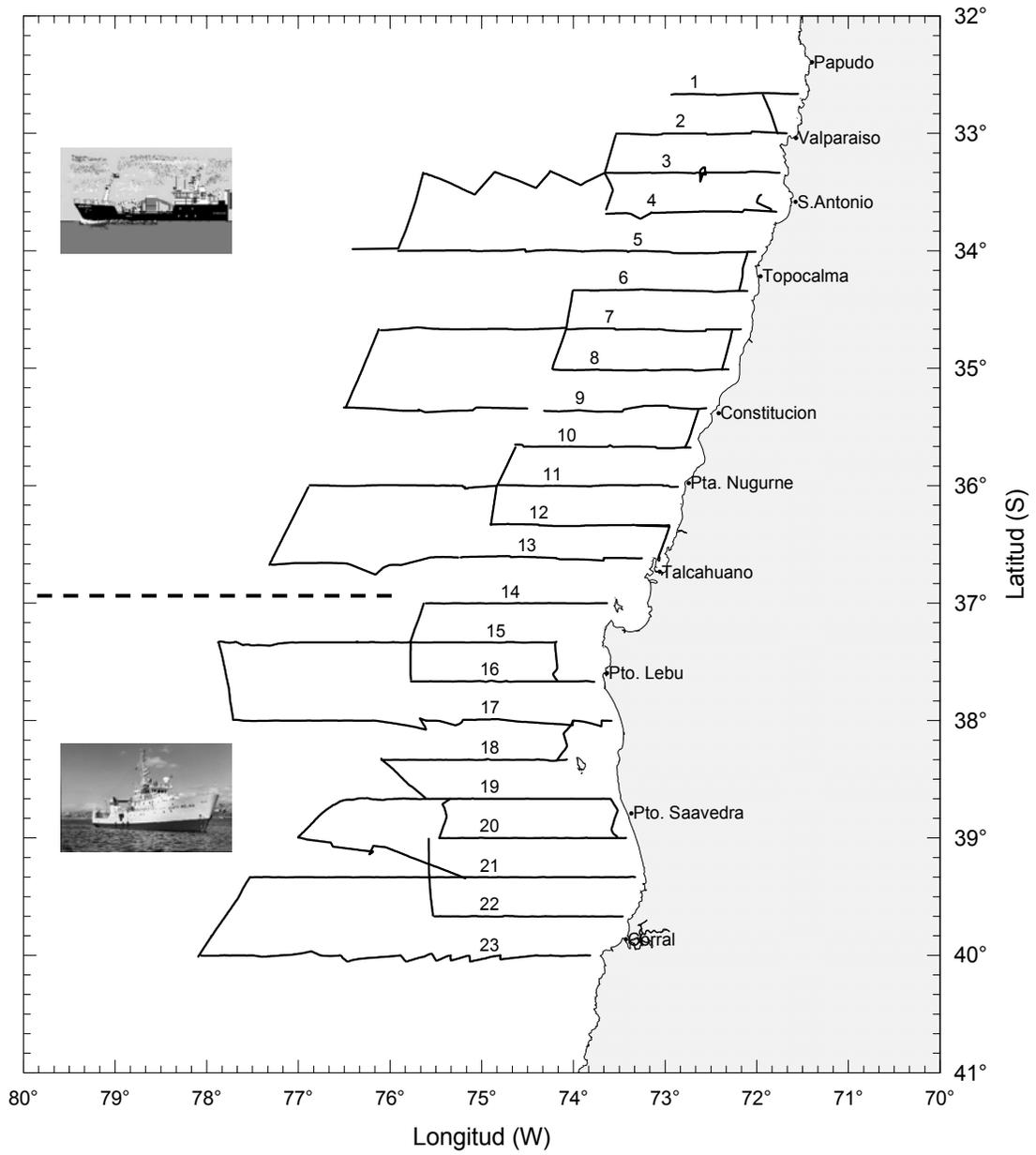


Figura 1. Ubicación de las transectas en la zona de estudio.

B/I “ABATE MOLINA”



PAM “LÍDER”



Figura 2. Equipos utilizados en las embarcaciones B/I “Abate Molina” y PAM “Lider”.

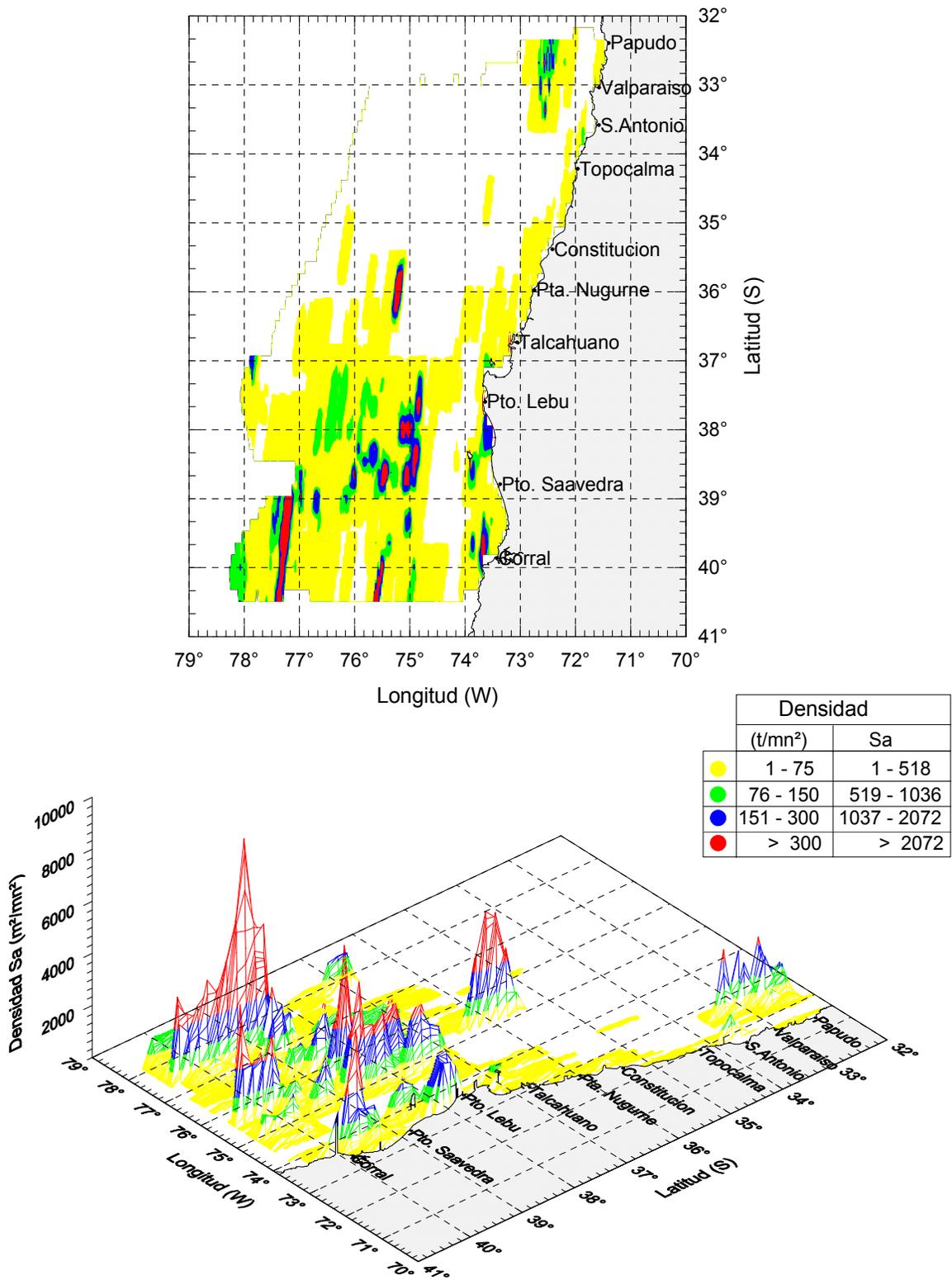


Figura 3. Distribución espacial de jurel en la zona de estudio.

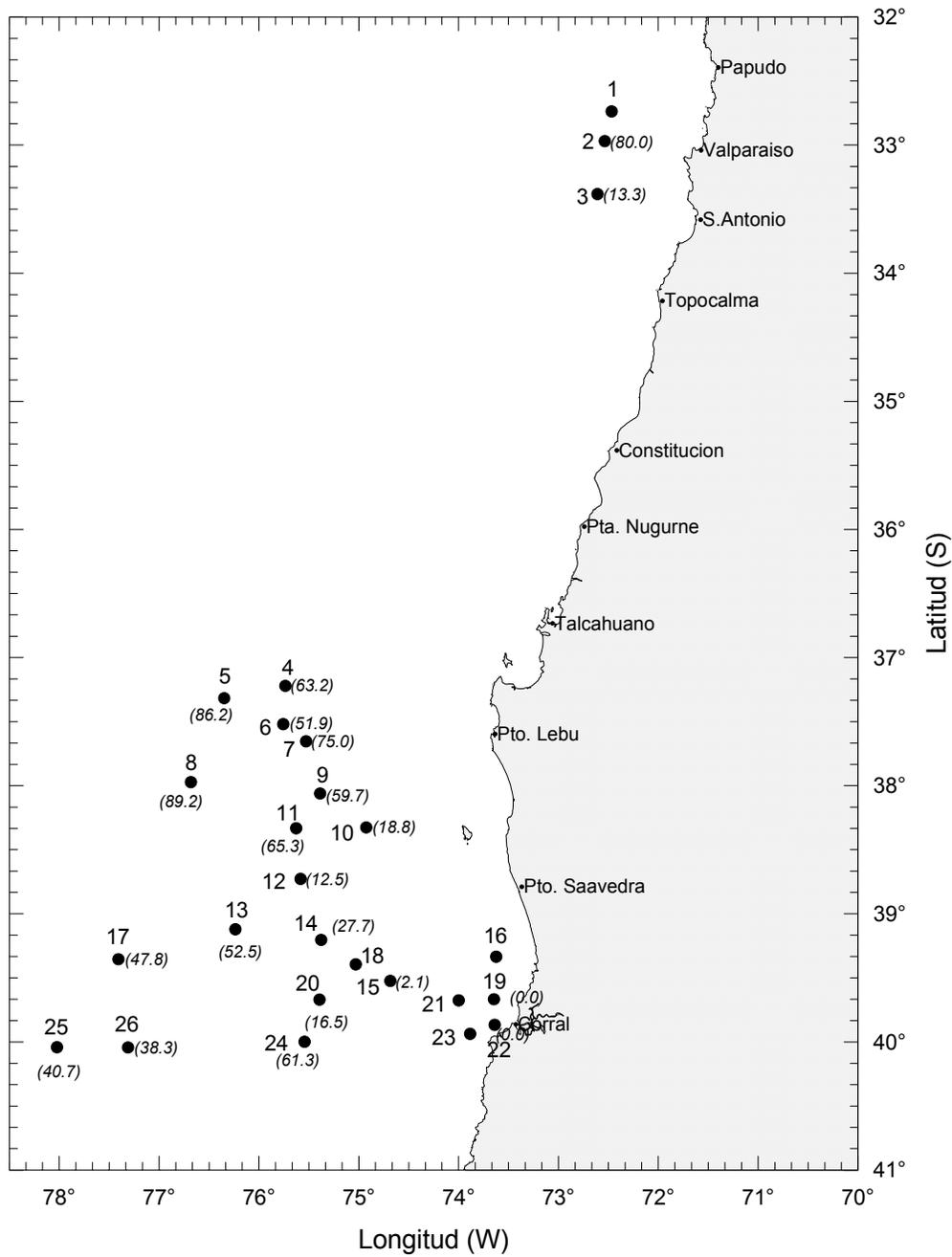
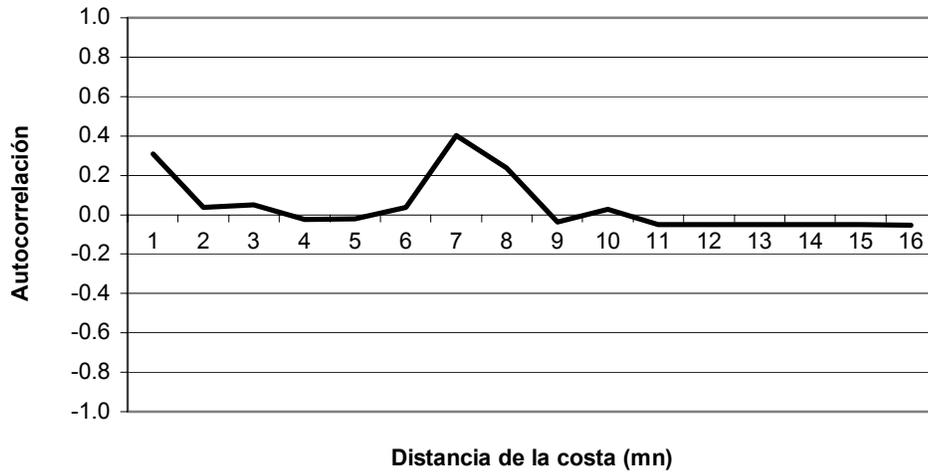


Figura 4. Ubicación de los lances de pesca y porcentajes bajo talla mínima.

a) Zona norte



b) Zona sur

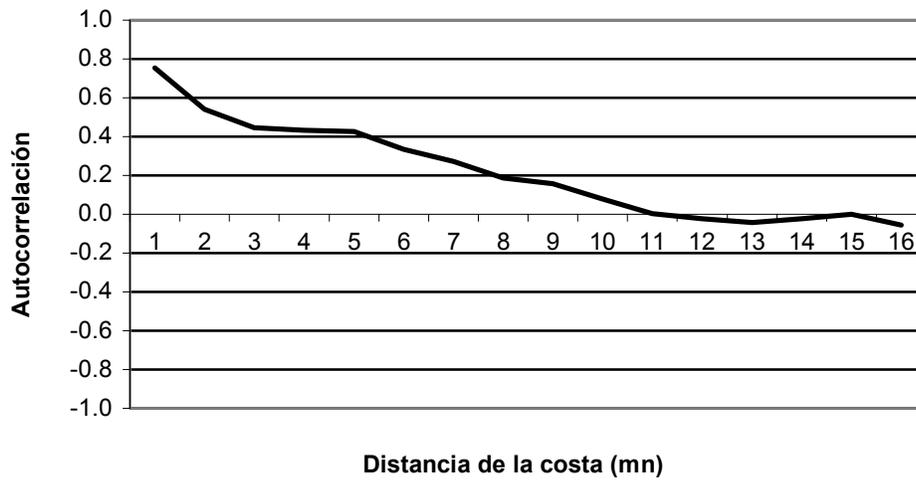
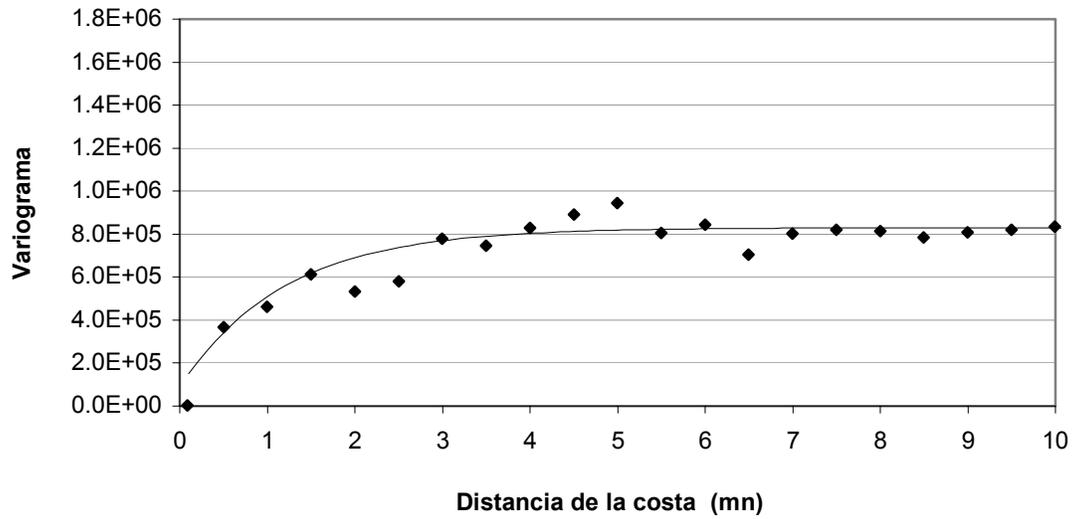


Figura 5. Correlogramas por sectores: a) zona norte; b) zona sur.

a) zona costera



b) zona oceánica

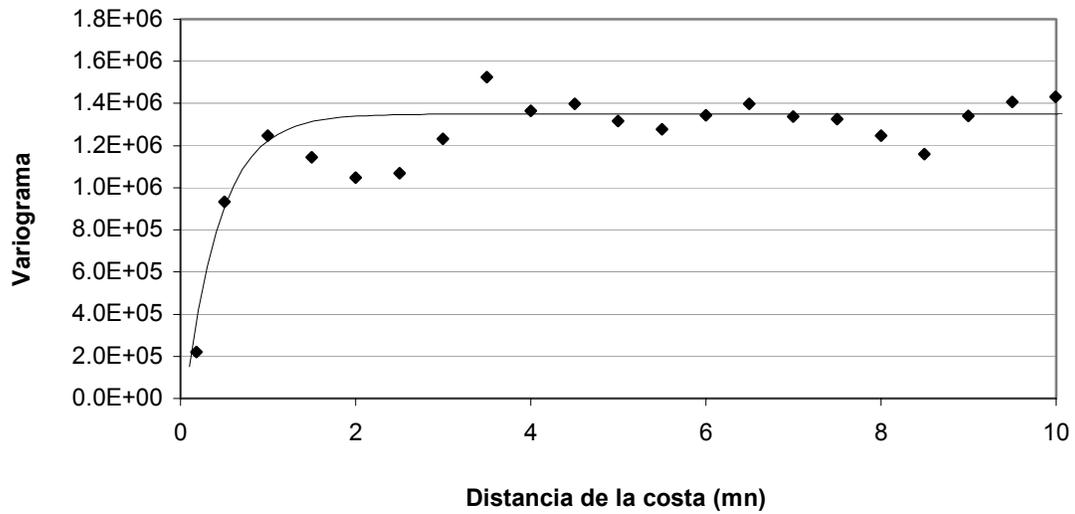


Figura 6. Variogramas para la zona de estudio. a) zona costera y b) zona oceánica.

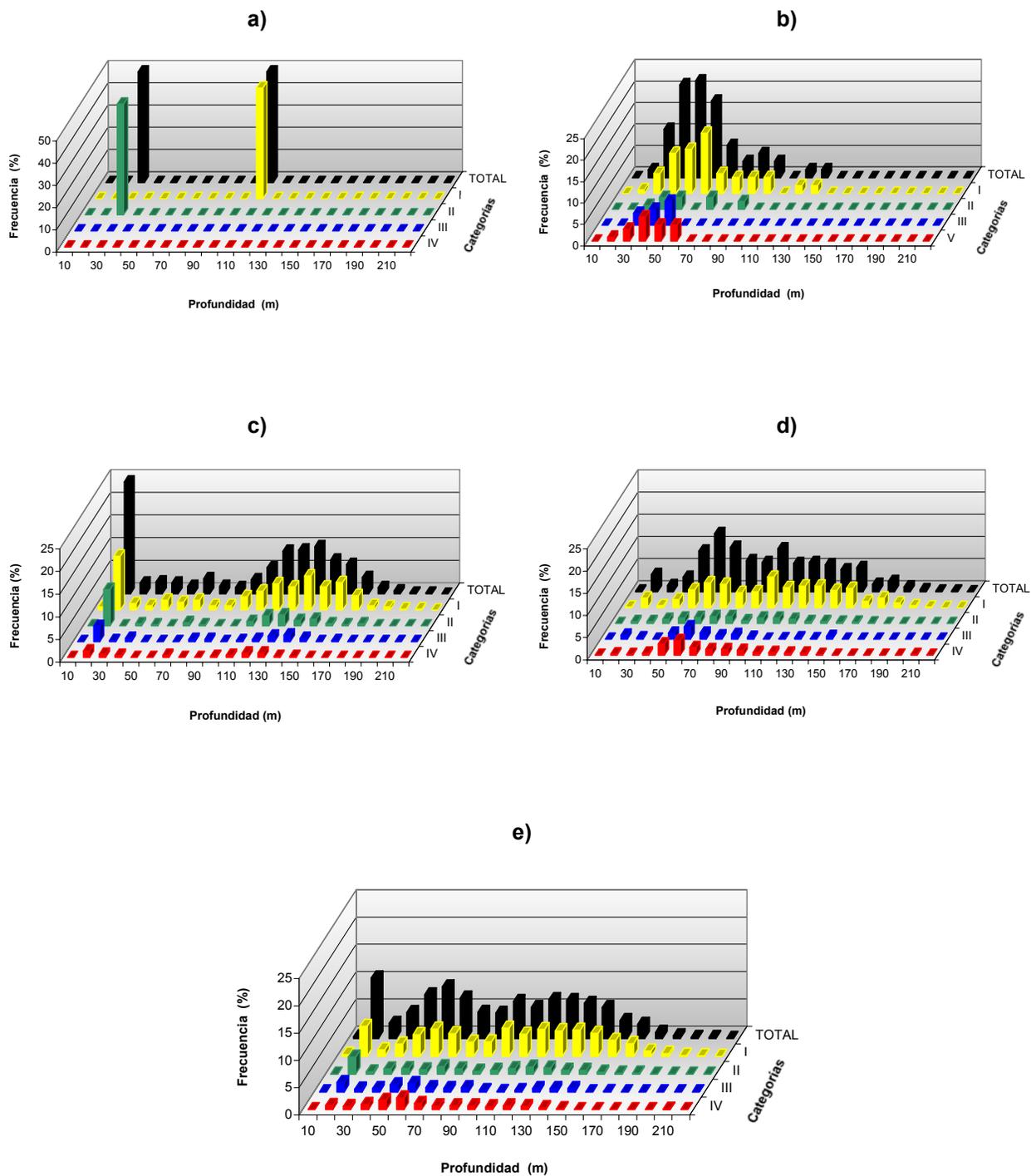


Figura 7. Distribución batimétrica de jurel por categorías y sectores: a) norte oceánico, b) norte costero, c) sur oceánico, d) sur costero y e) total.

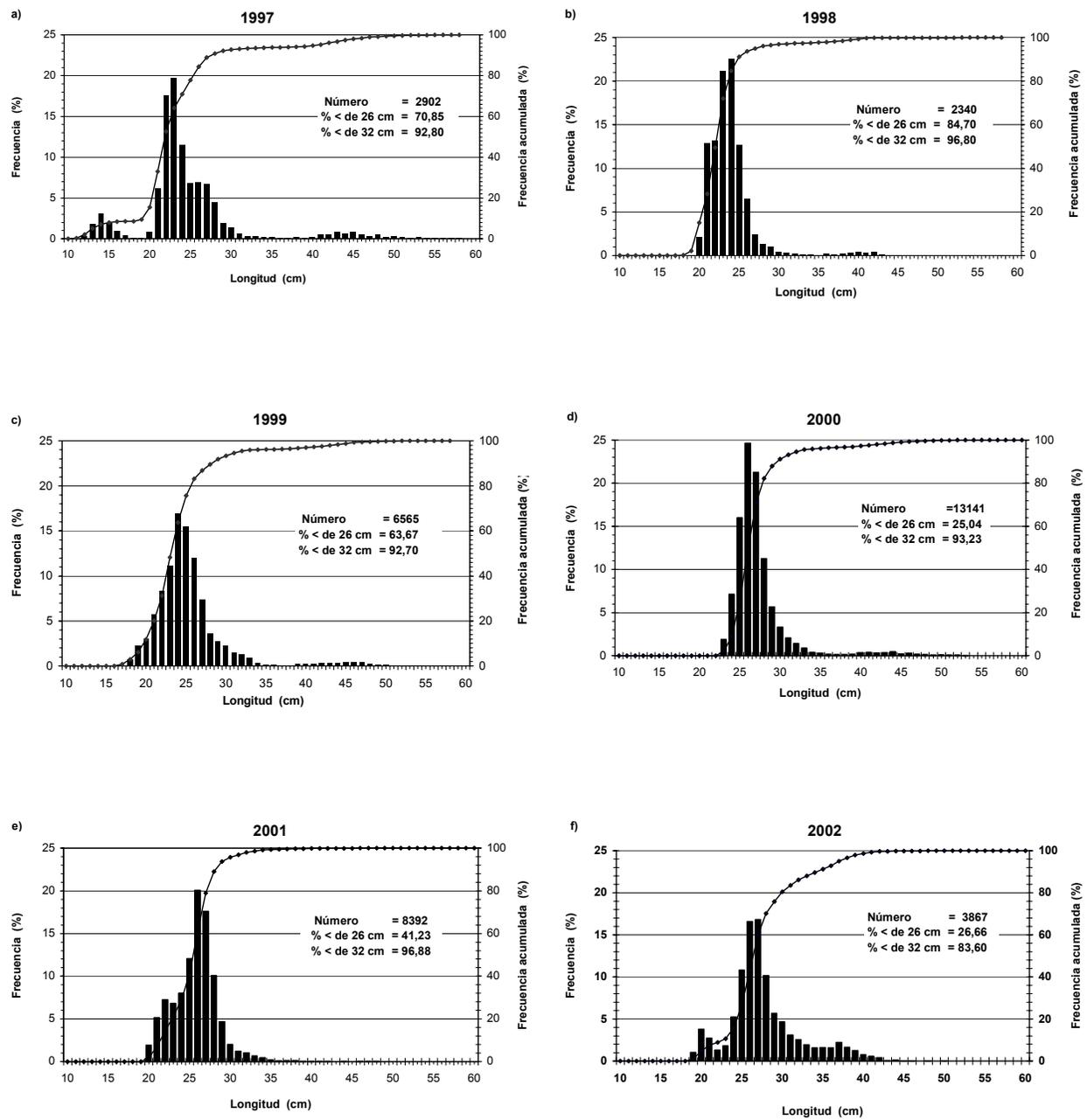


Figura 8. Distribución de tallas de jurel: a) 1997, b) 1998, c) 1999, d) 2000, e) 2001 y f) 2002.

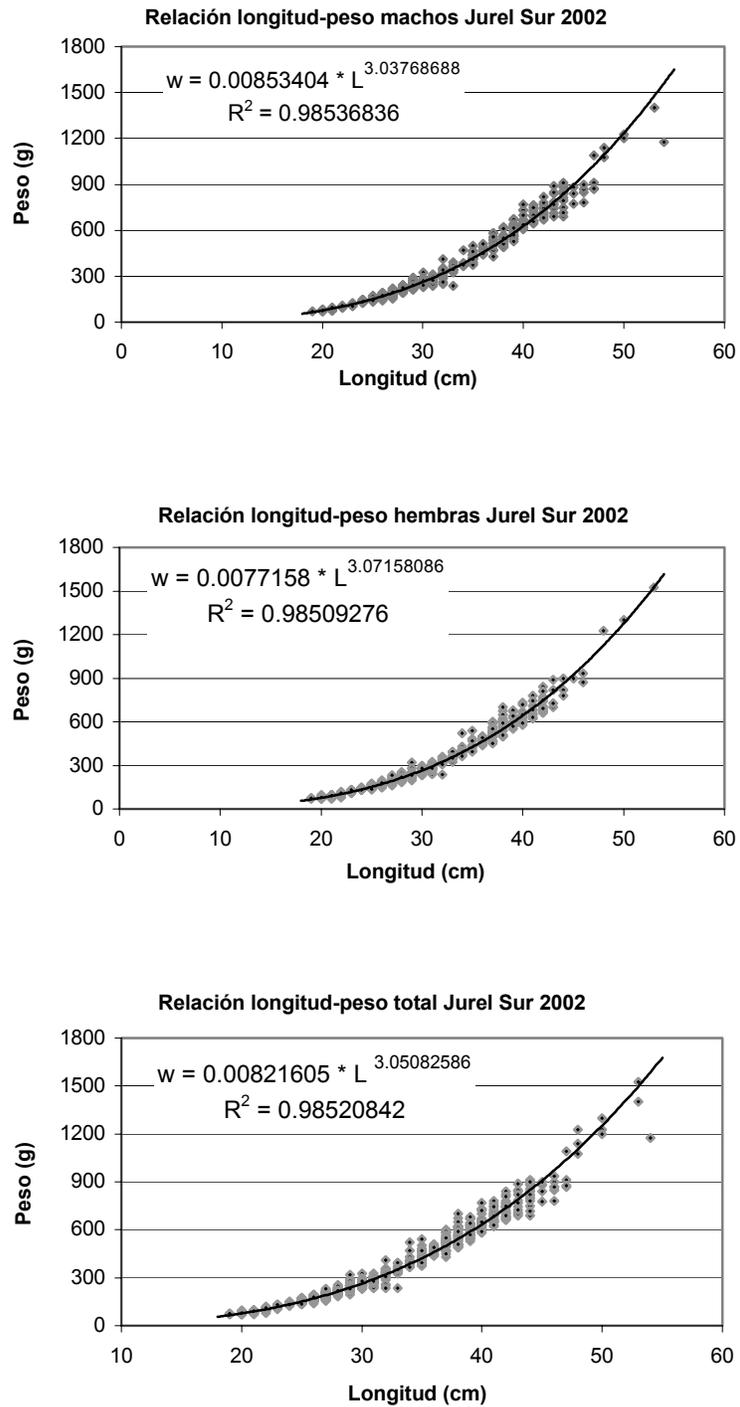
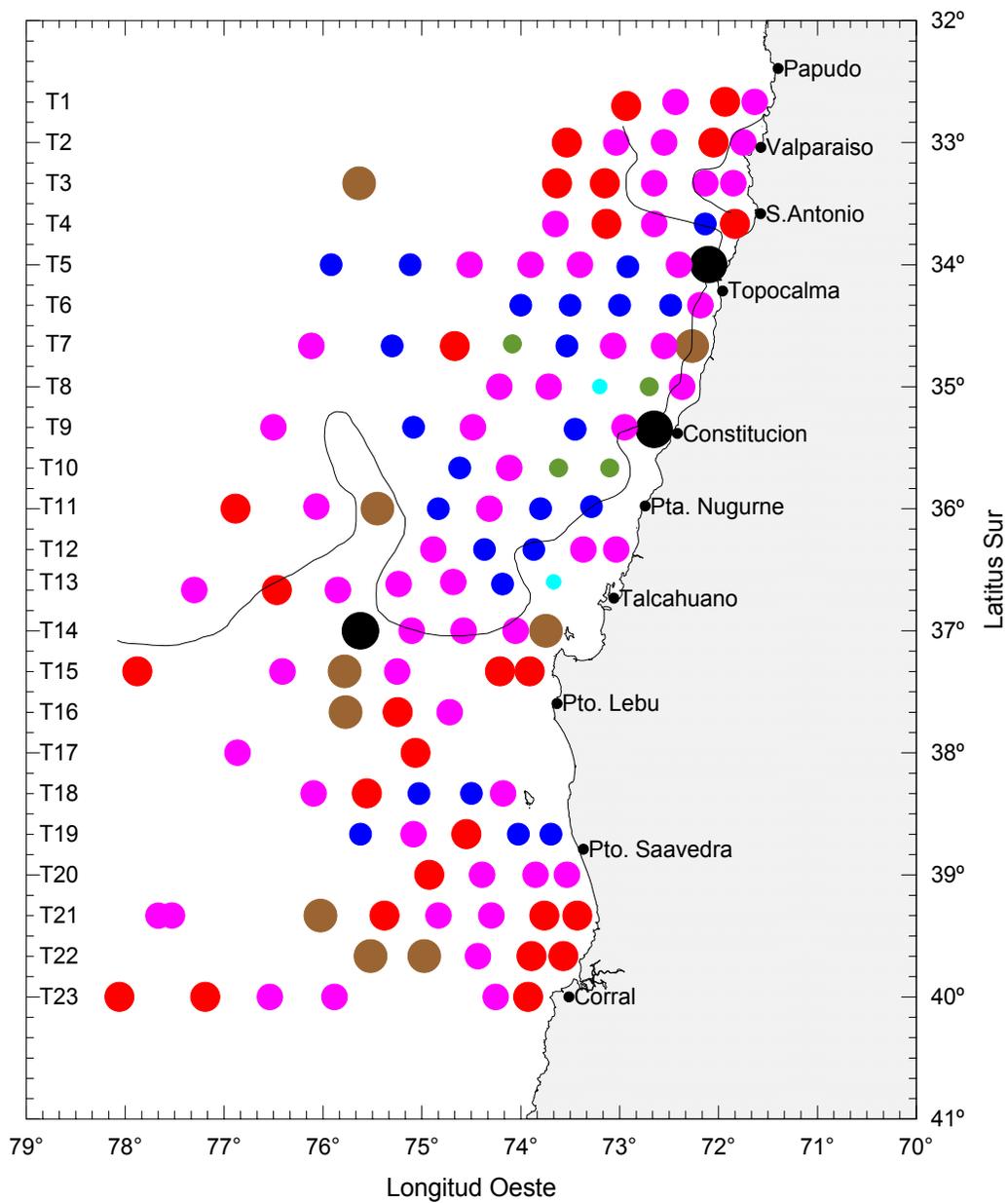
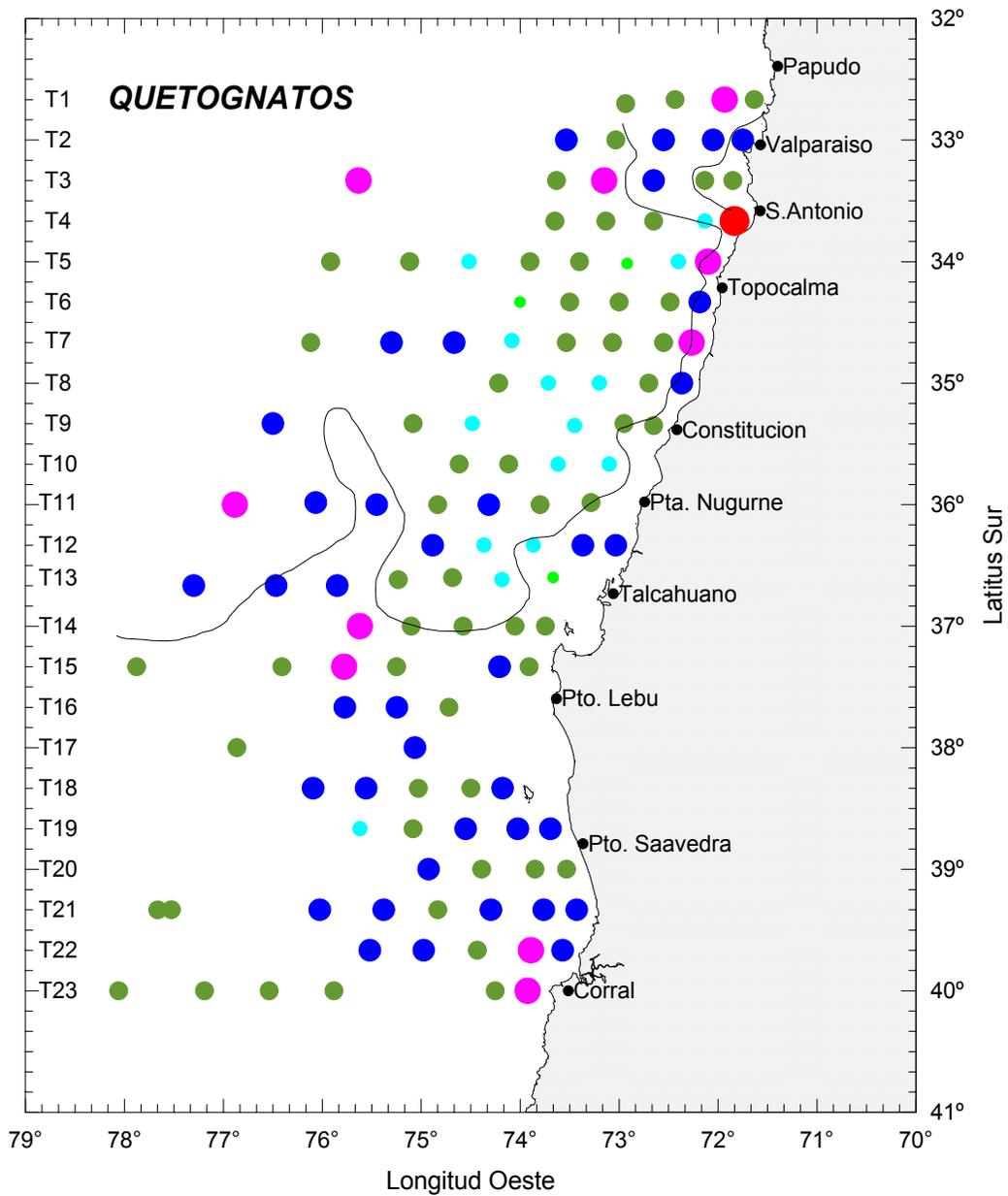


Figura 9. Relación longitud-peso de machos, hembras y total de jurel para el crucero de jurel en la ZEE, 2002.



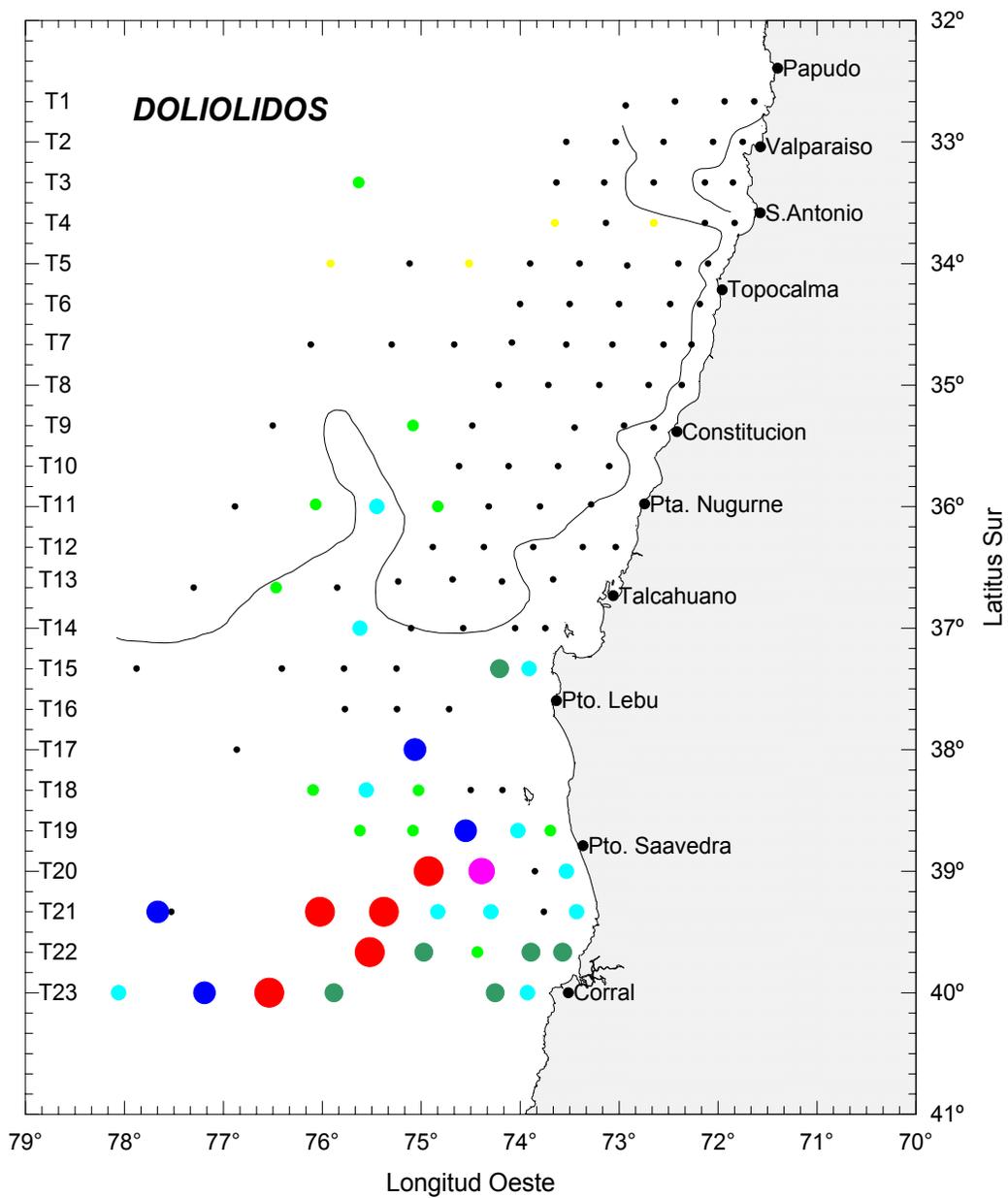
Categorías de densidad N°Ind/1000m³ de agua filtrada		
● 1 - 65	● 1.387 - 4.243	● 27.734 - 62.949
● 66 - 367	● 4.244 - 11.373	● 62.950 - 135.000
● 368 - 1.386	● 11.374 - 27.733	● 135.001 - 276.402

Figura 10. Distribución y abundancia de Copépodos en otoño de 2002.



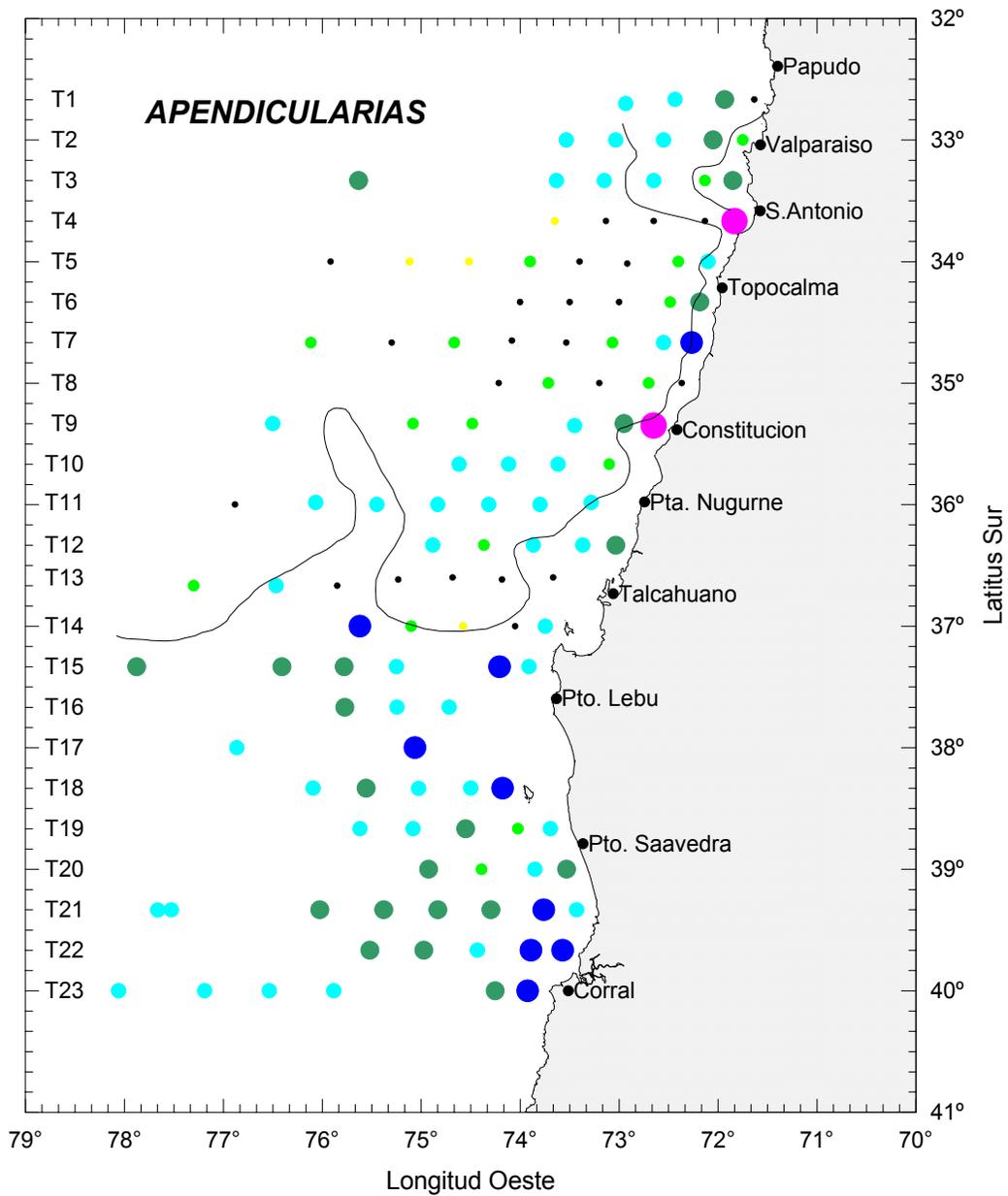
Categorías de densidad N°Ind/1000m³ de agua filtrada		
● 1 - 65	● 1.387 - 4.243	● 27.734 - 62.949
● 66 - 367	● 4.244 - 11.373	● 62.950 - 135.000
● 368 - 1.386	● 11.374 - 27.733	● 135.001 - 276.402

Figura 11. Distribución y abundancia de Quetognatos en otoño de 2002.



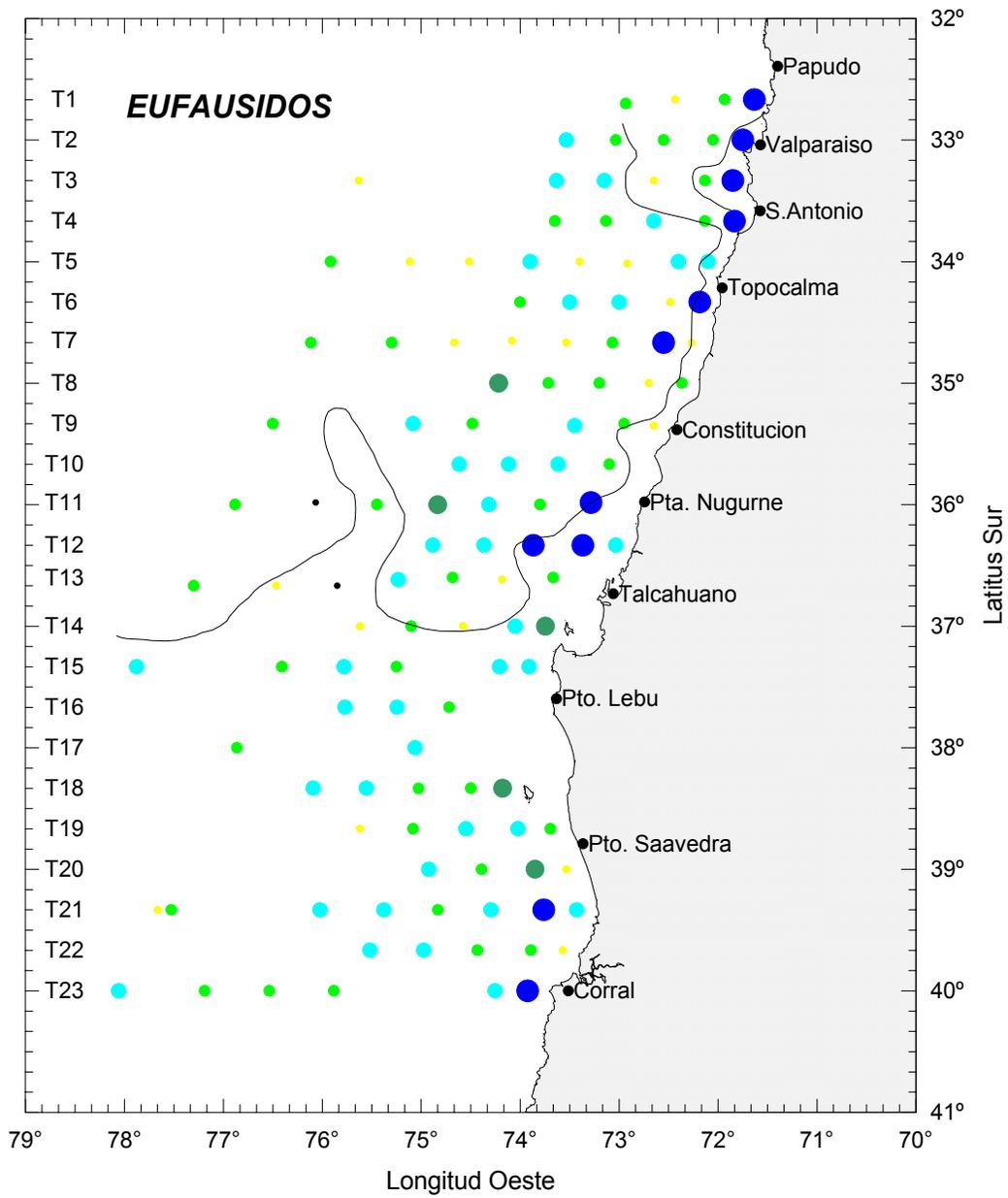
Categorías de densidad N°Ind/1000m ³ de agua filtrada		
● 1 - 65	● 1.387 - 4.243	● 27.734 - 62.949
● 66 - 367	● 4.244 - 11.373	● 62.950 - 135.000
● 368 - 1.386	● 11.374 - 27.733	● 135.001 - 276.402

Figura 12. Distribución y abundancia de Doliólidos en otoño de 2002.



Categorías de densidad N°Ind/1000m ³ de agua filtrada		
● 1 - 65	● 1.387 - 4.243	● 27.734 - 62.949
● 66 - 367	● 4.244 - 11.373	● 62.950 - 135.000
● 368 - 1.386	● 11.374 - 27.733	● 135.001 - 276.402

Figura 13. Distribución y abundancia de Apendicularias en otoño de 2002.



Categorías de densidad N°Ind/1000m ³ de agua filtrada		
● 1 - 65	● 1.387 - 4.243	● 27.734 - 62.949
● 66 - 367	● 4.244 - 11.373	● 62.950 - 135.000
● 368 - 1.386	● 11.374 - 27.733	● 135.001 - 276.402

Figura 14. Distribución y abundancia de Eufásidos en otoño de 2002.

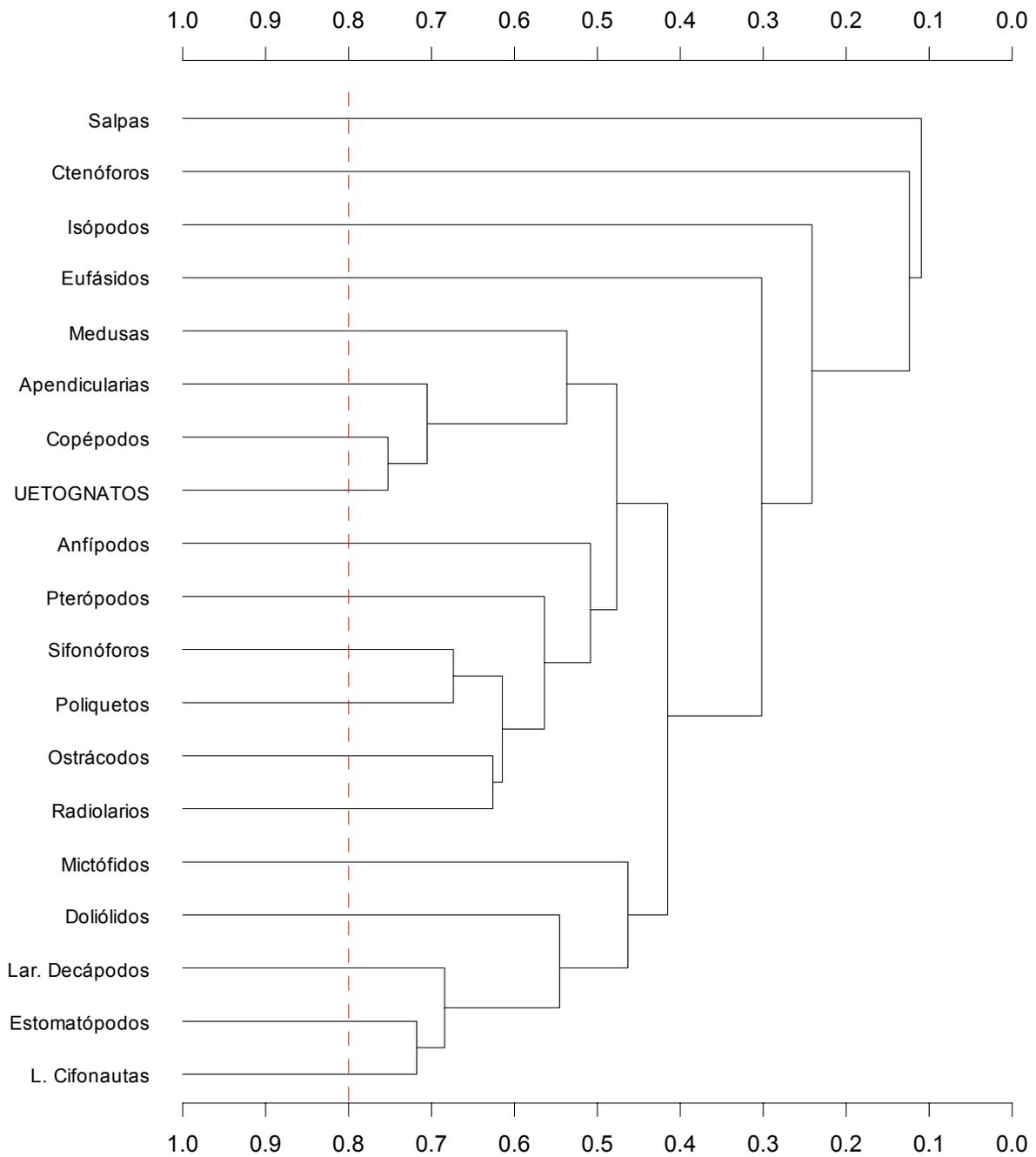


Figura 15. Dendrograma de similitud de Winer de los grupos zooplanctónicos analizados en otoño 2002.

Categorías de densidad
ml zoo/1000 m³ de agua filtrada

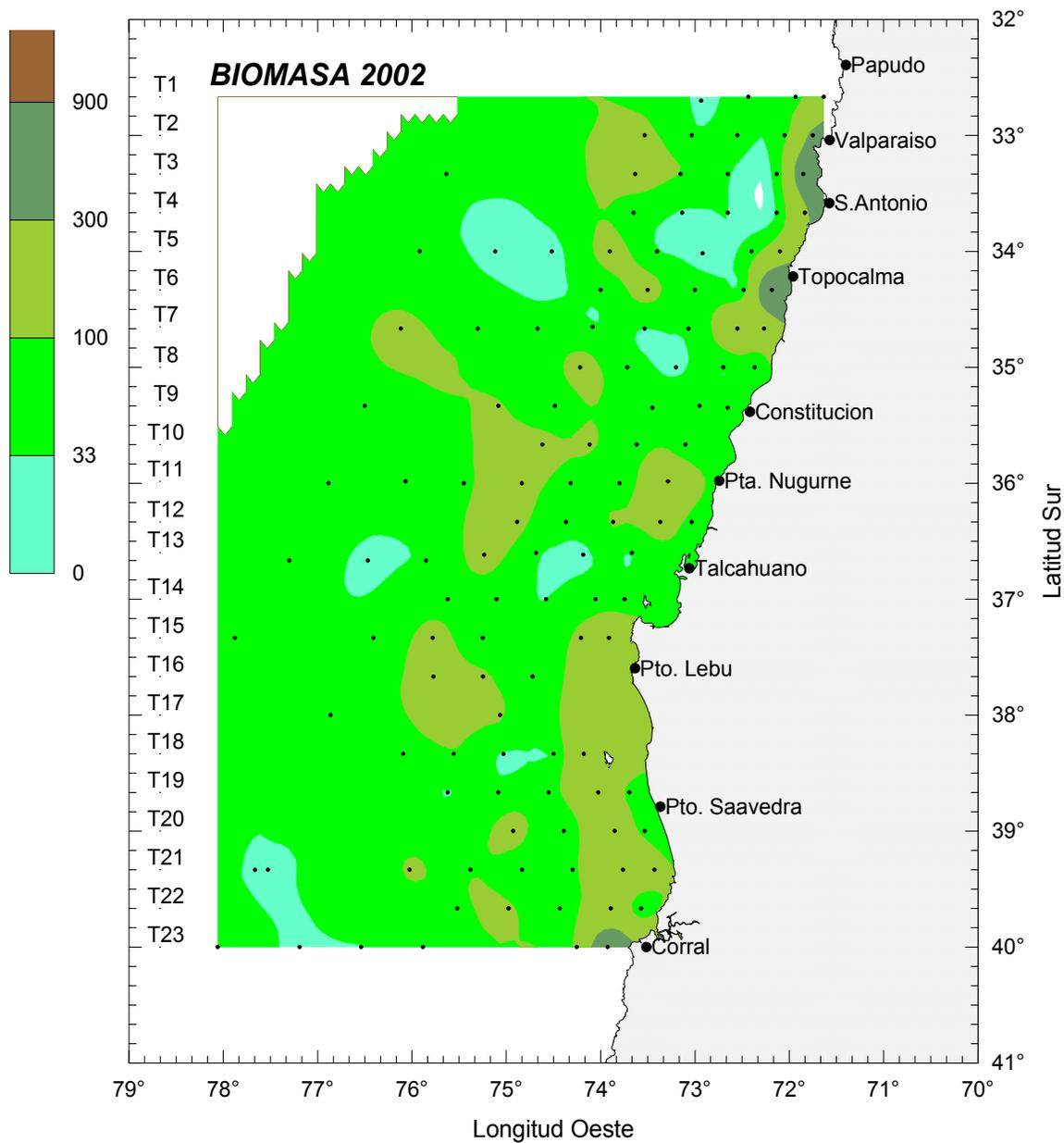


Figura 16. Distribución de la biomasa zooplanctónica durante el crucero de otoño de 2002.

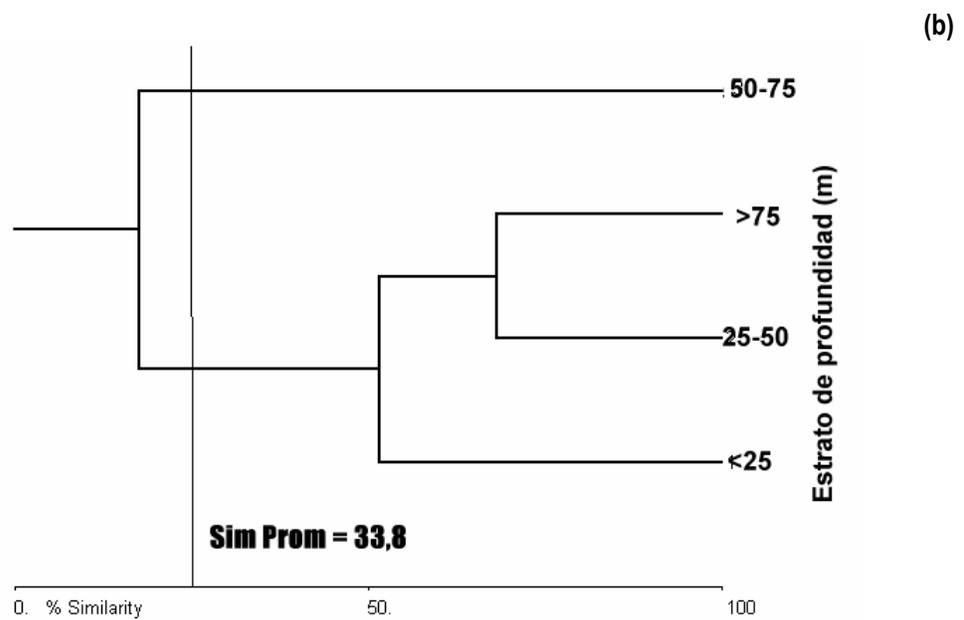
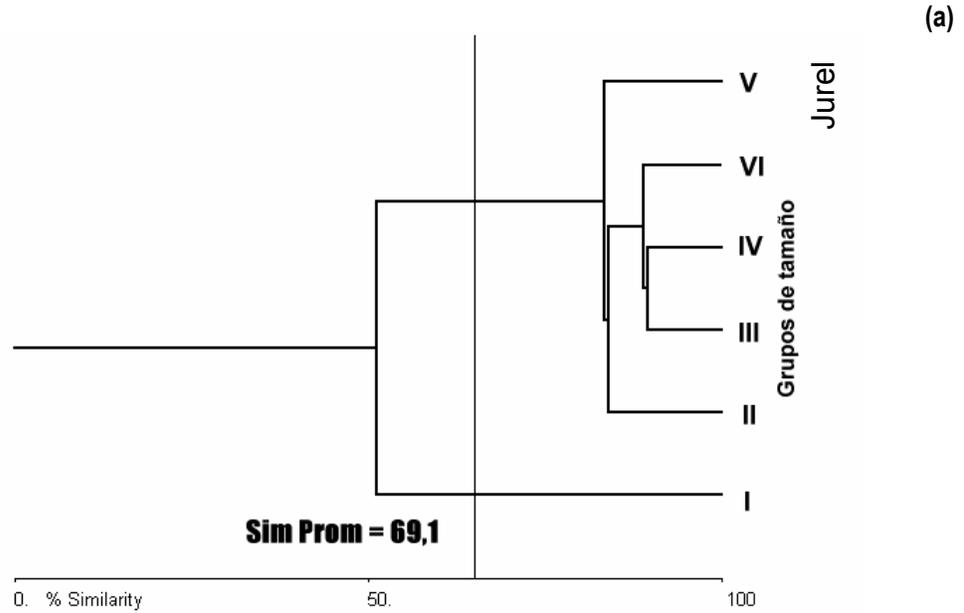


Figura 17. Dendogramas de similitud trófica de jurel (*Trachurus s.murphyi*) por: (a) por grupo de tamaños y (b) por estrato de profundidad.

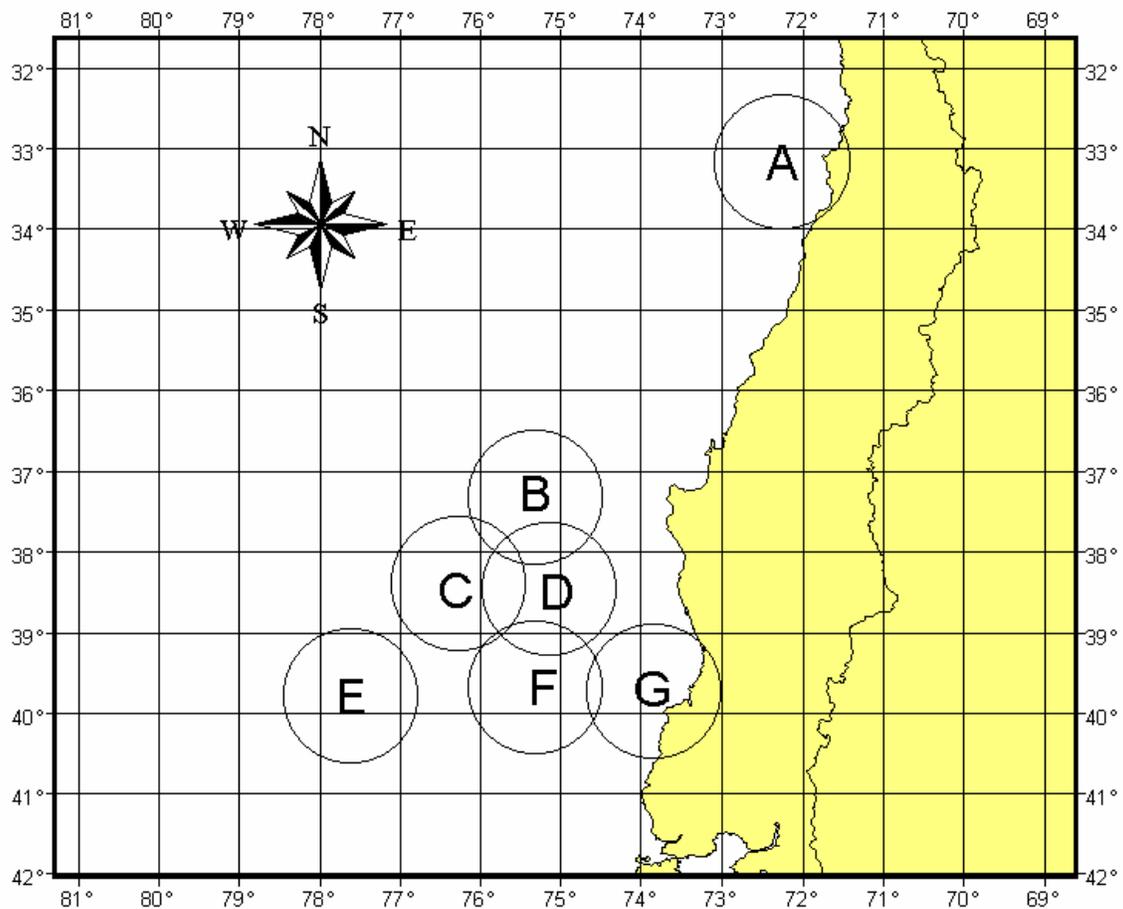


Figura 18. Agrupaciones de lances de pesca en sectores circulares de 40 mn de radio.

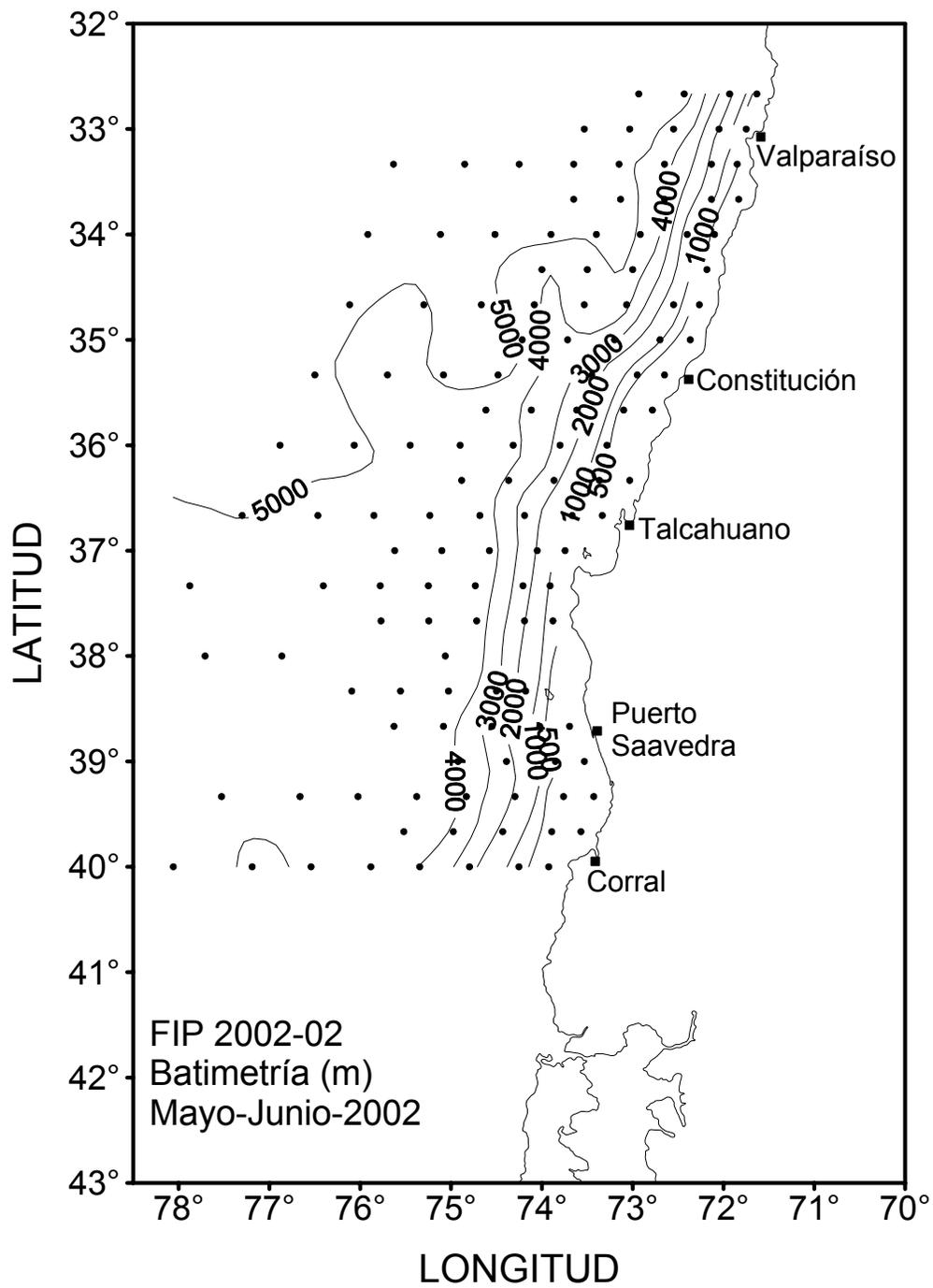


Figura 19. Batimetría global del área de estudio.

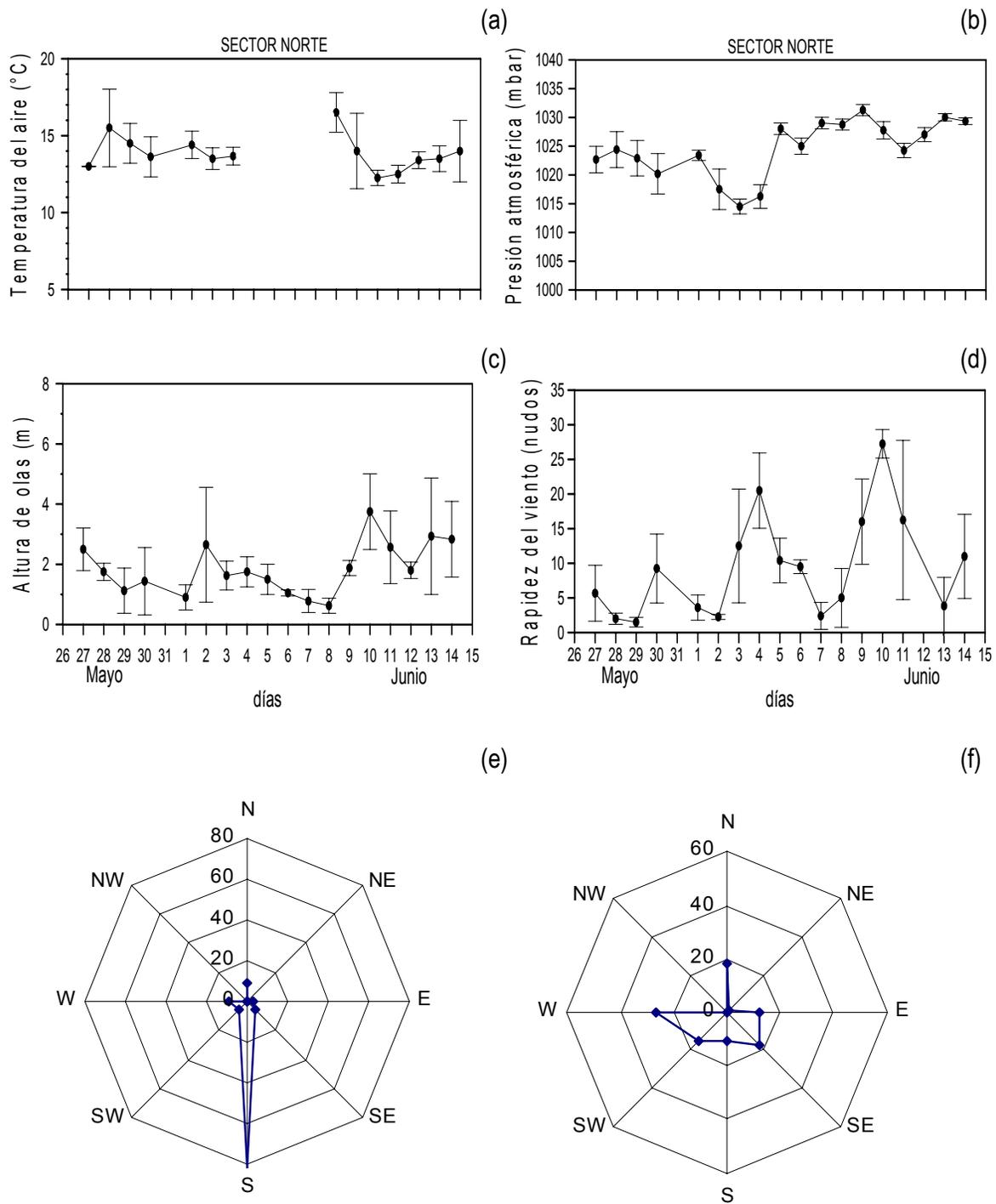


Figura 20. Variabilidad de las condiciones meteorológicas en el sector norte del área de estudio: (a) temperatura aire (°C), (b) presión atmosférica (mB), (c) altura de olas (m), (d) rapidez del viento (nudos), (e) rosa de dirección de olas y (f) rosa de dirección de vientos.

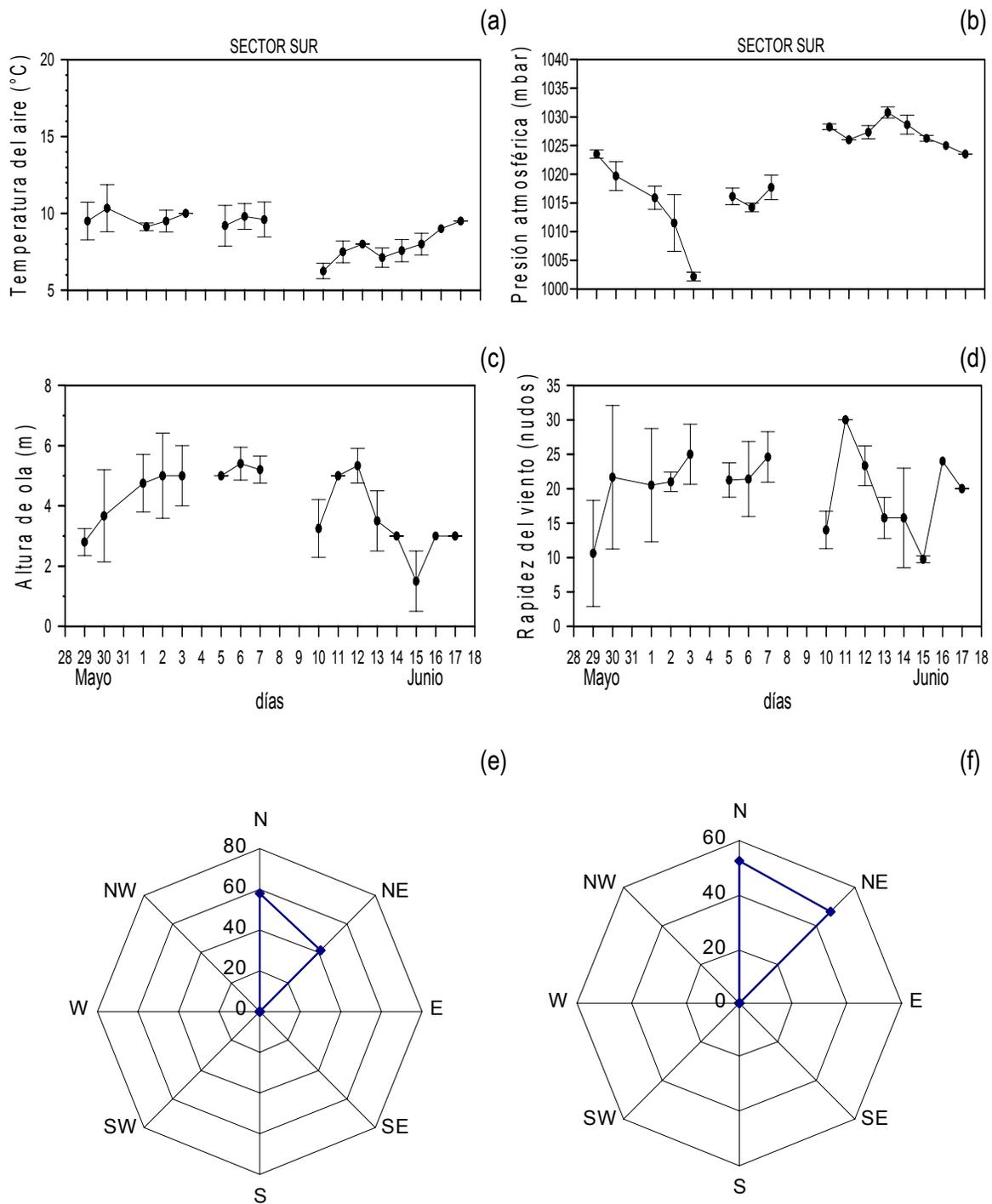


Figura 21. Variabilidad de las condiciones meteorológicas en el sector sur del área estudio: (a) temperatura aire (°C), (b) presión atmosférica (mB), (c) altura de olas (m), (d) rapidez del viento (nudos), (e) rosa de dirección de olas y (f) rosa de dirección de vientos.

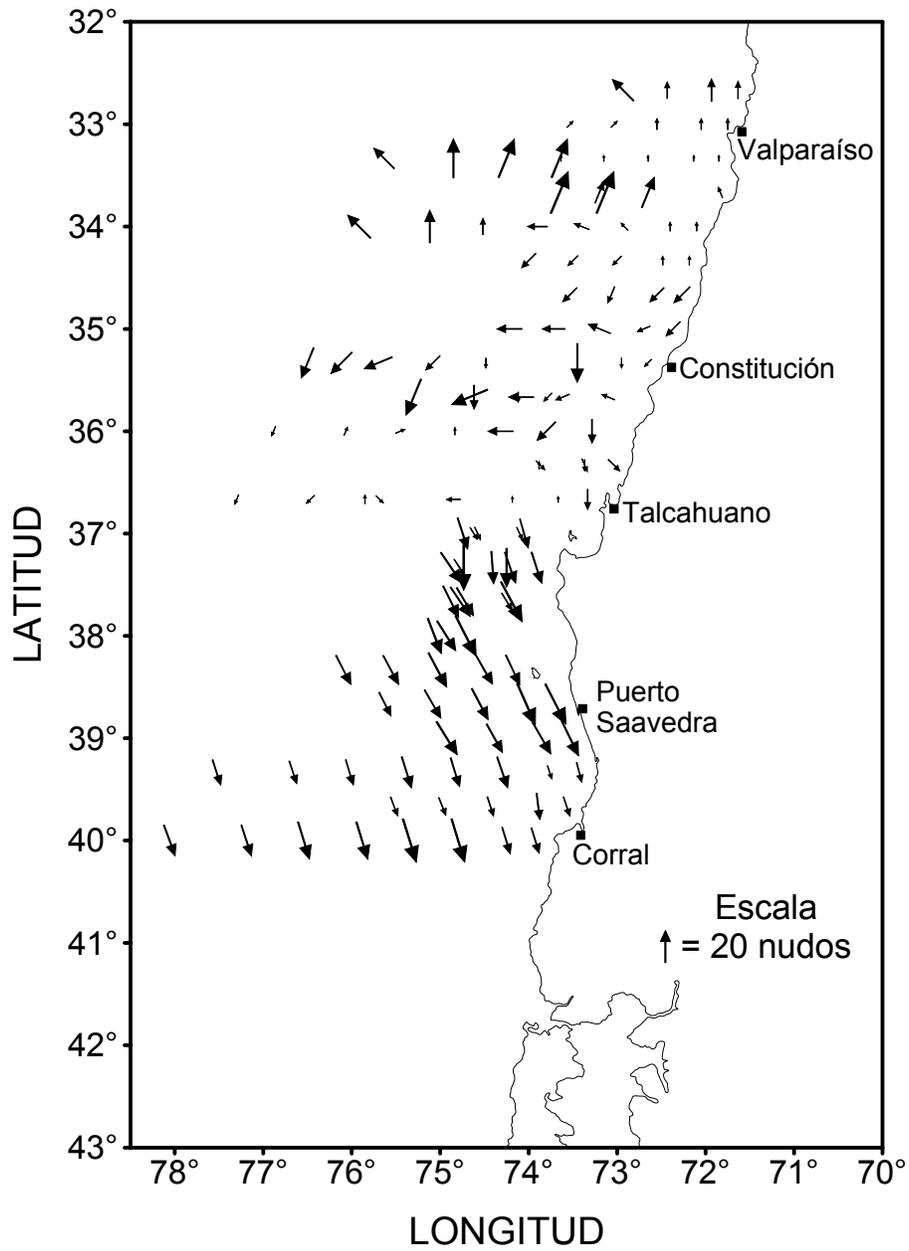


Figura 22. Variabilidad espacial de la velocidad del viento registrado a bordo de las embarcaciones participantes para el área y período de estudio.

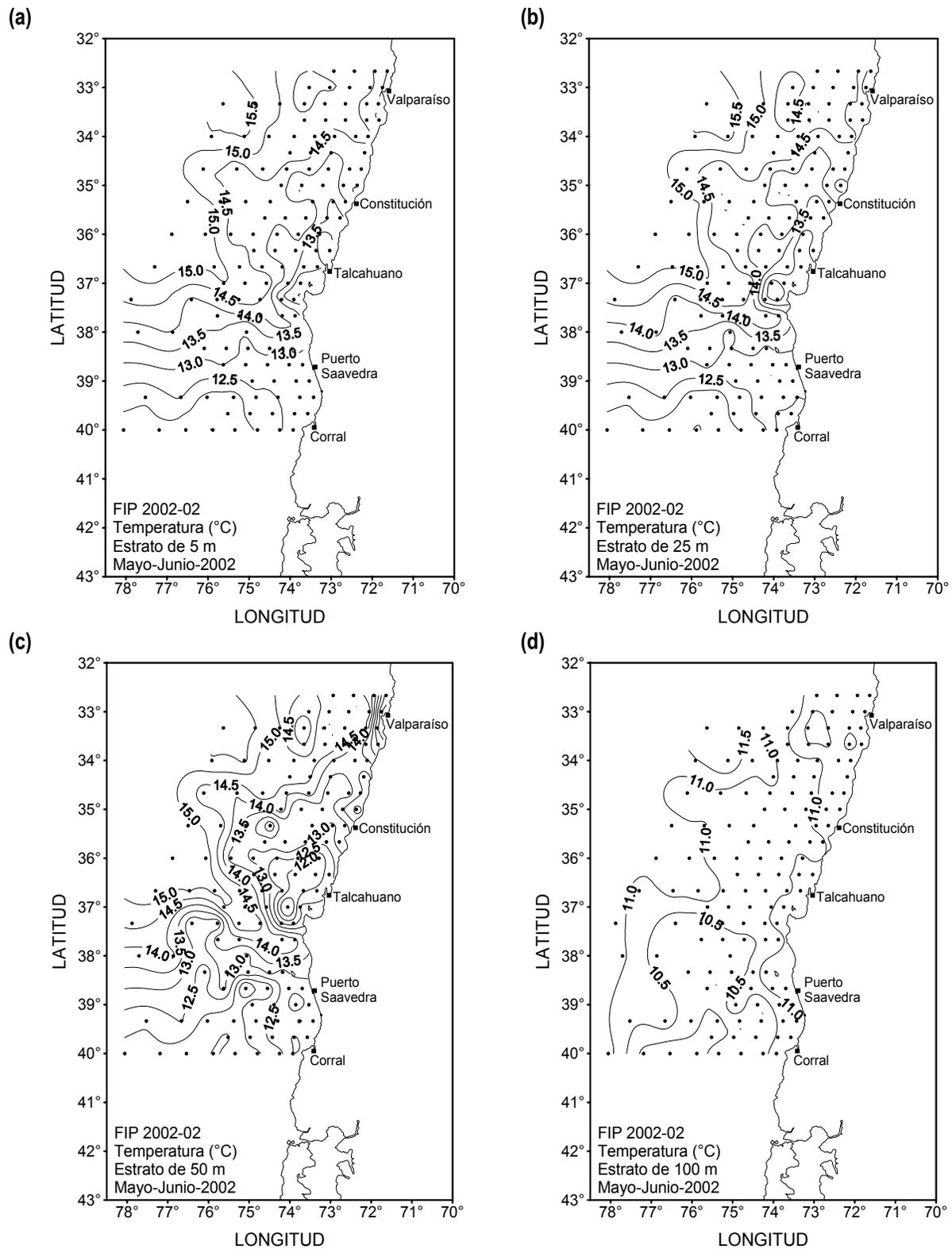


Figura 23. Distribución horizontal de temperatura (°C). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50 y (d) 100 m de profundidad.

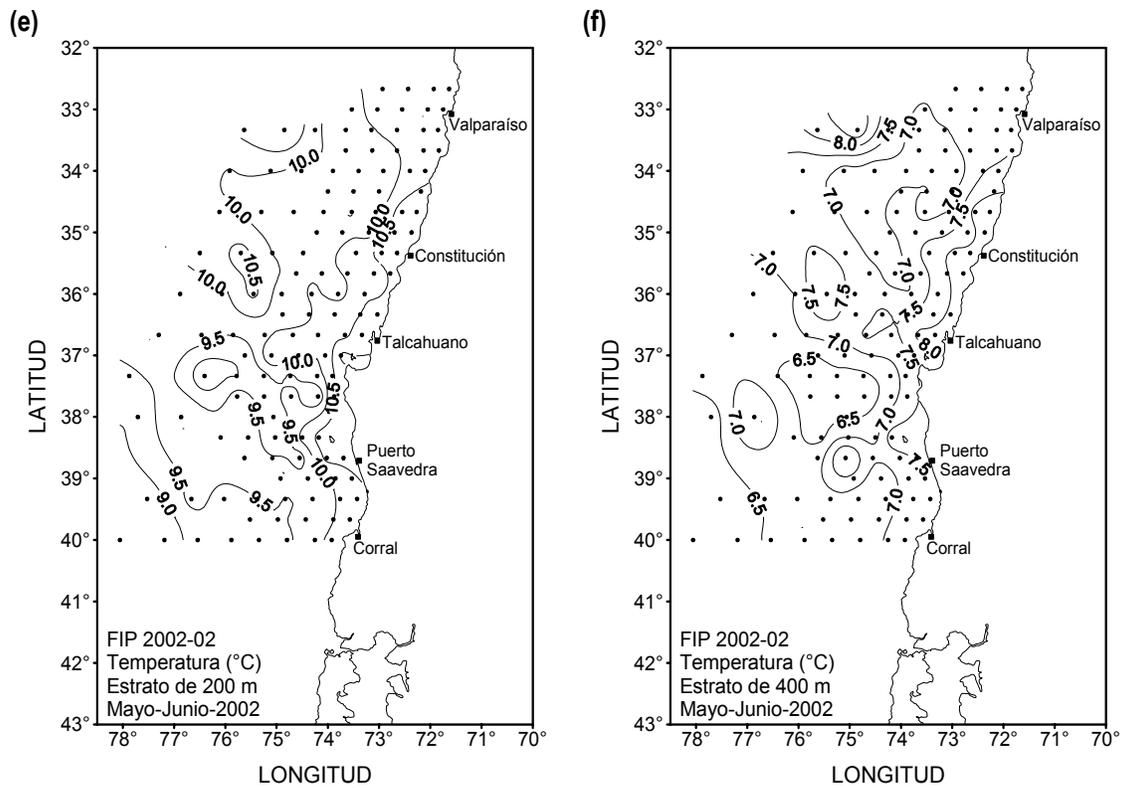


Figura 23 (continuación). Distribución horizontal de temperatura (°C). Estratos de (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.

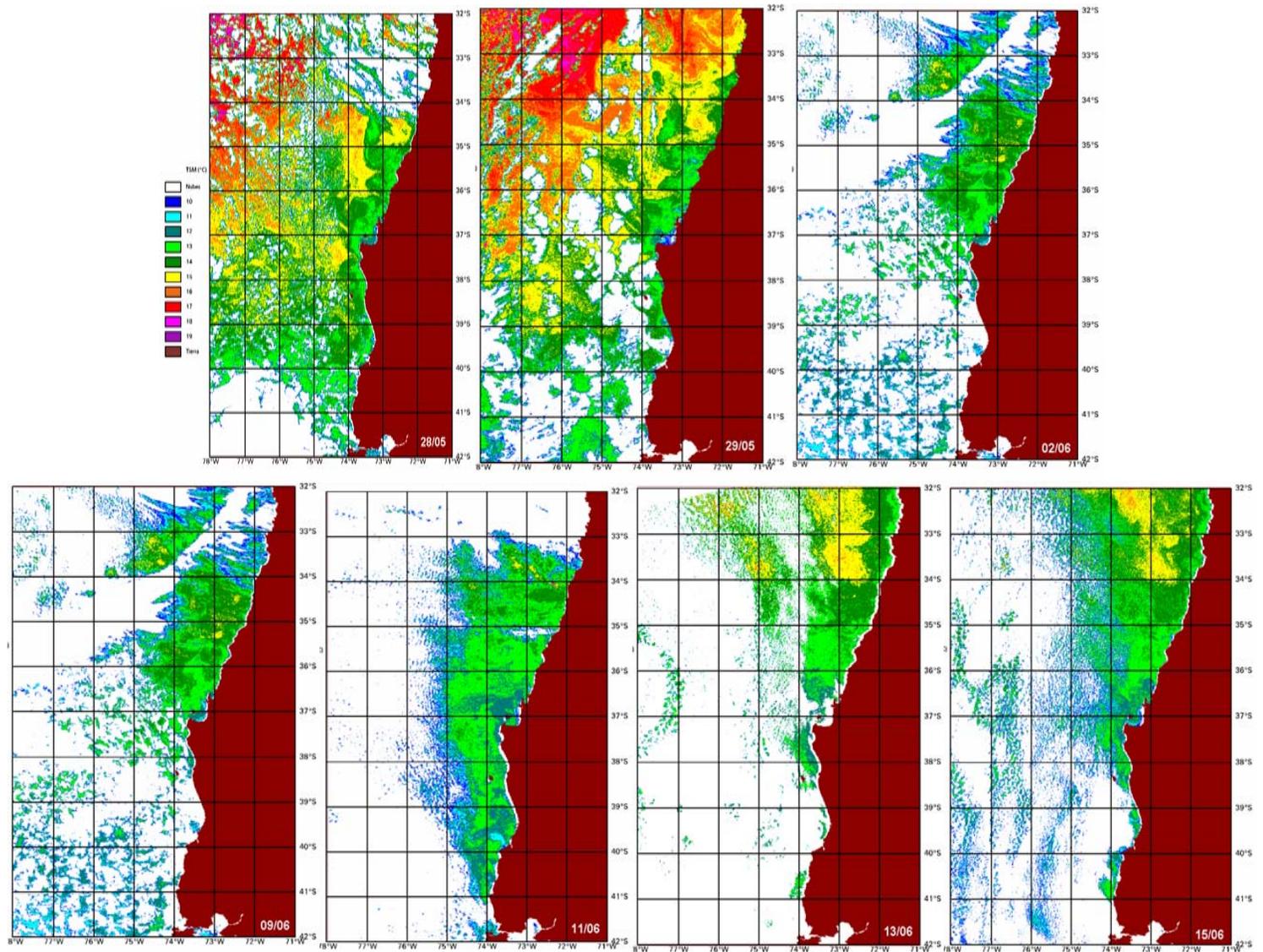


Figura 24. Imágenes de TSM para el período comprendido entre el 27 de Mayo y el 18 de Junio de 2002.

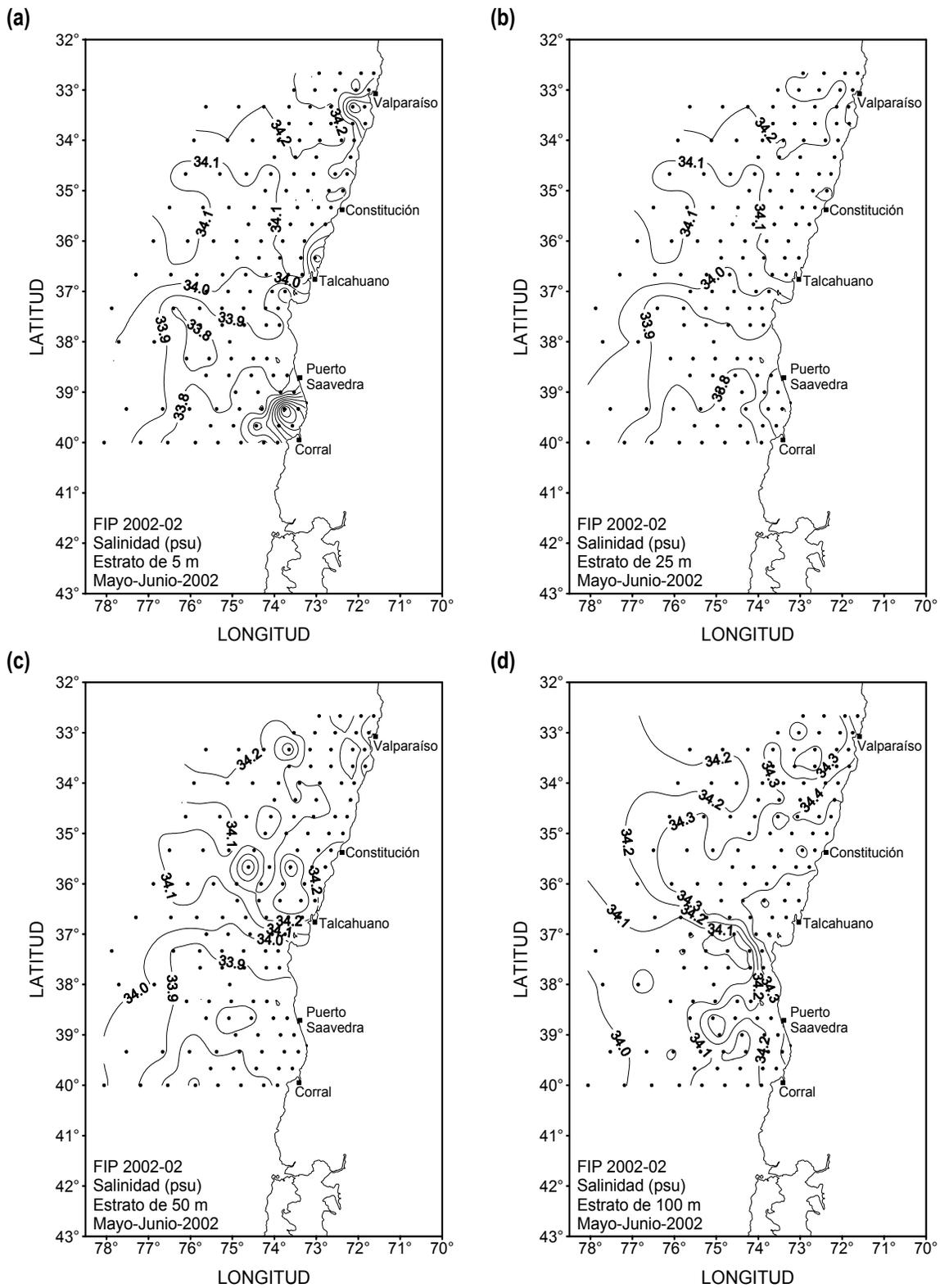


Figura 25. Distribución horizontal de salinidad (psu). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50 y (d) 100 m de profundidad.

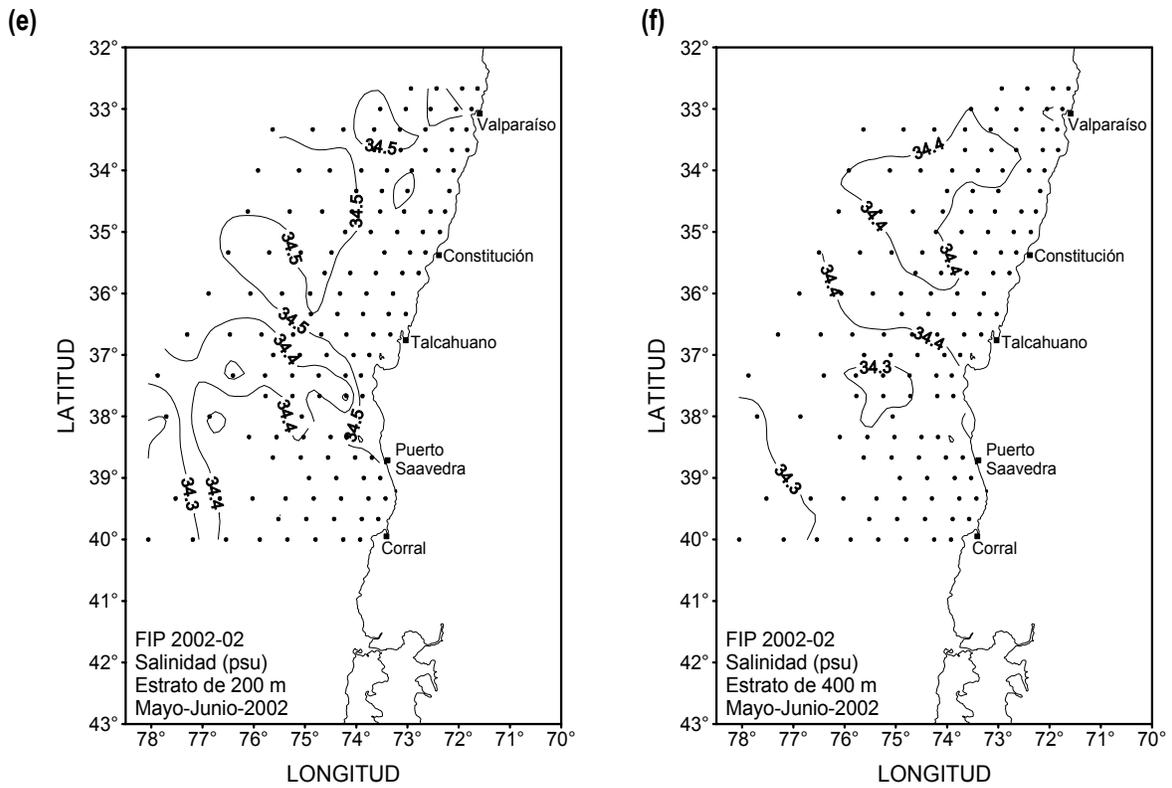


Figura 25. (continuación). Distribución horizontal de salinidad (psu). Estratos de (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.

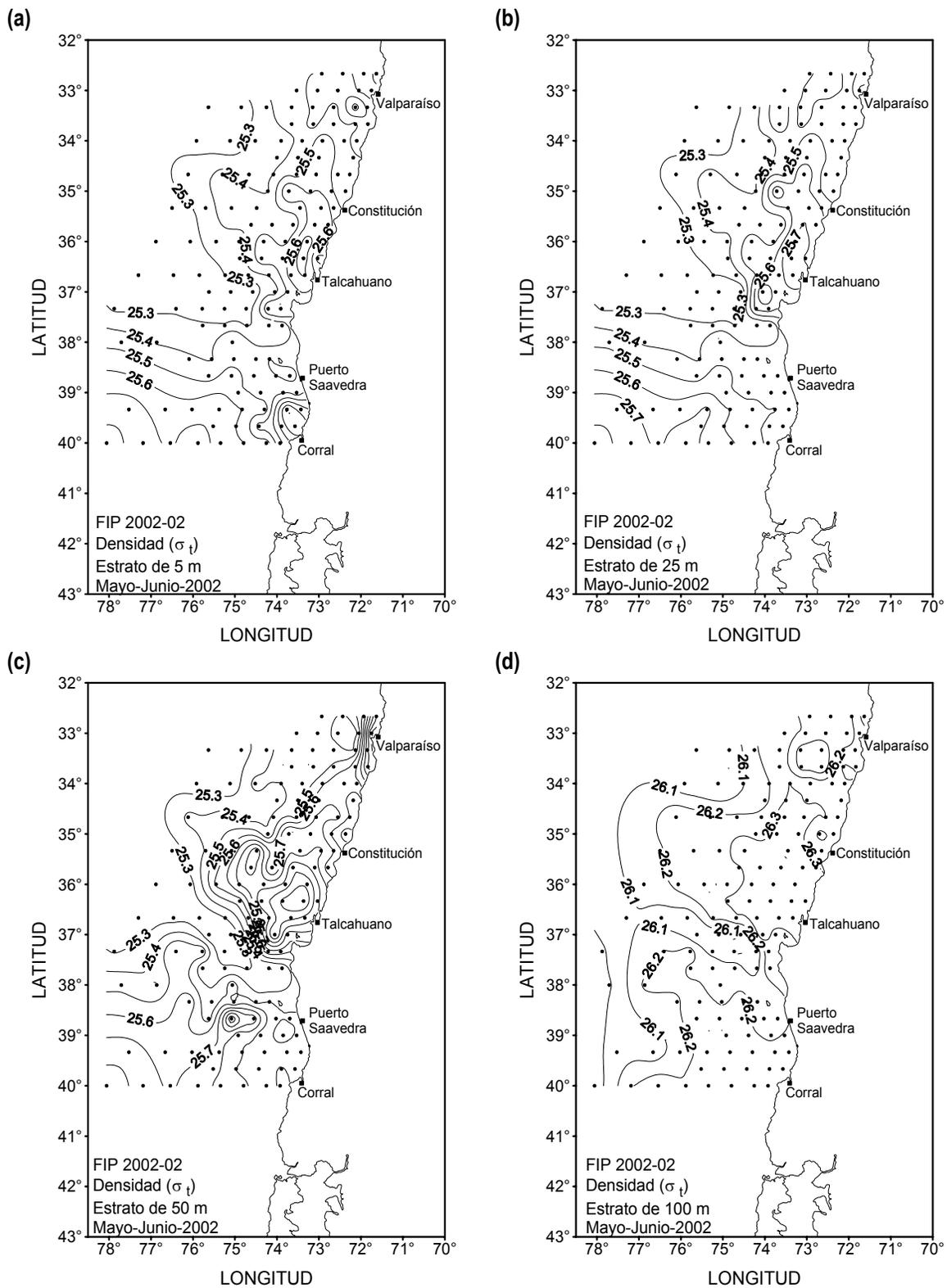


Figura 26. Distribución horizontal de densidad (σ_t). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50 y (d) 100 m de profundidad.

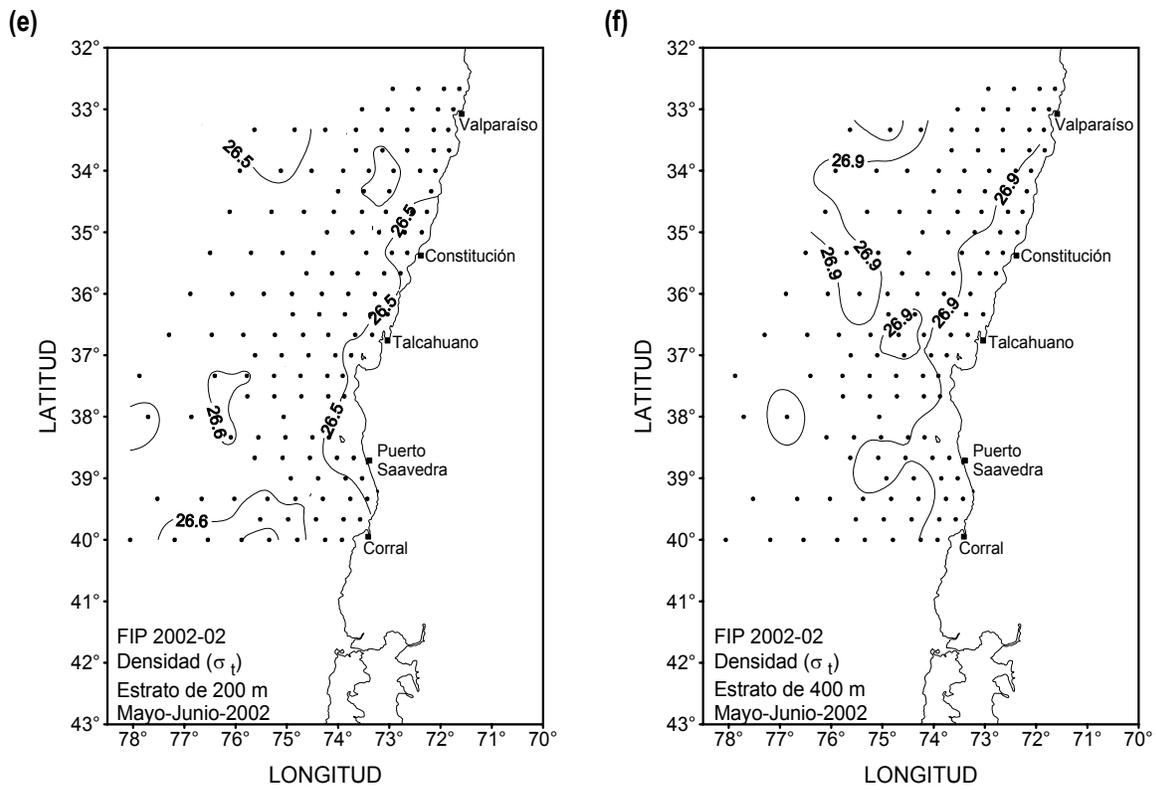


Figura 26. (continuación). Distribución horizontal de densidad (σ_t). Estratos de (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.

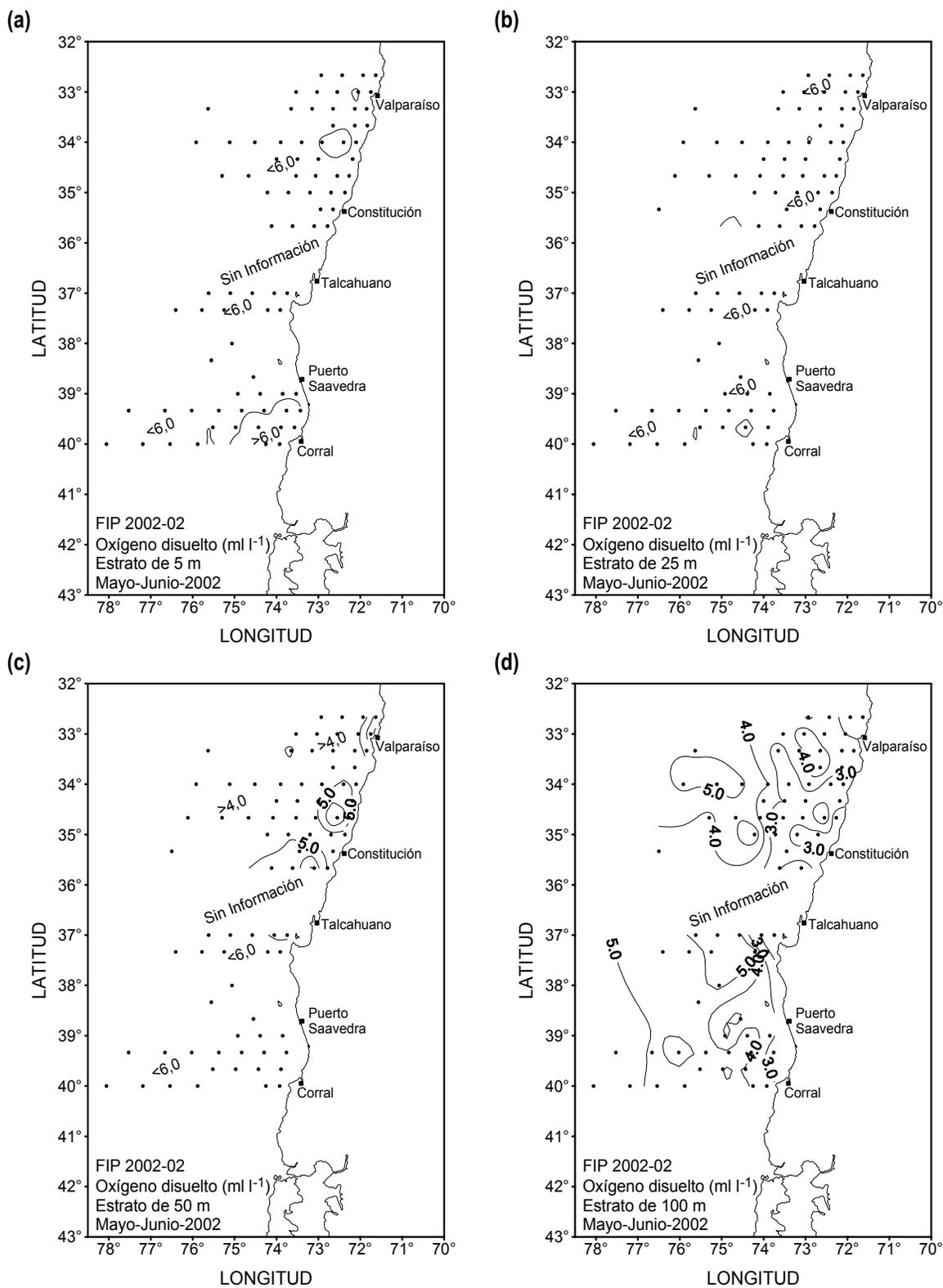


Figura 27. Distribución horizontal de oxígeno disuelto (ml l⁻¹). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50 y (d) 100 m de profundidad.

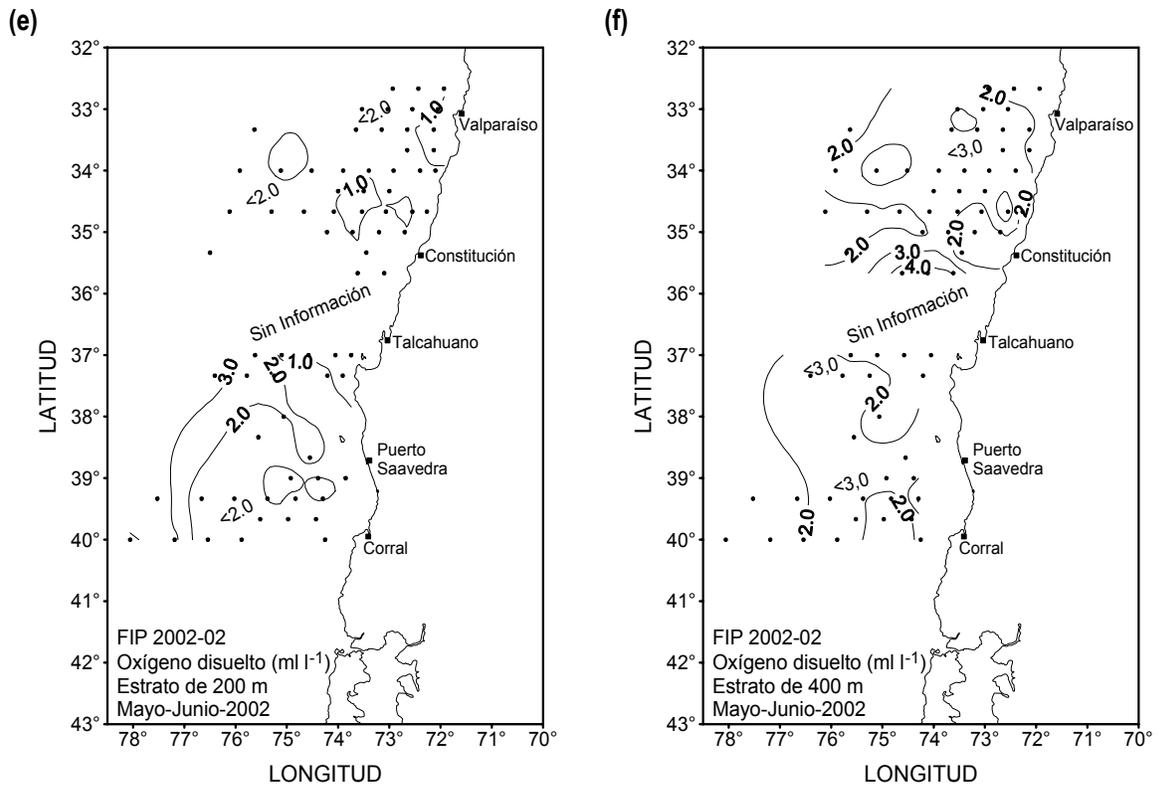


Figura 27 (continuación). Distribución horizontal de oxígeno disuelto (ml l⁻¹). Estratos de (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.

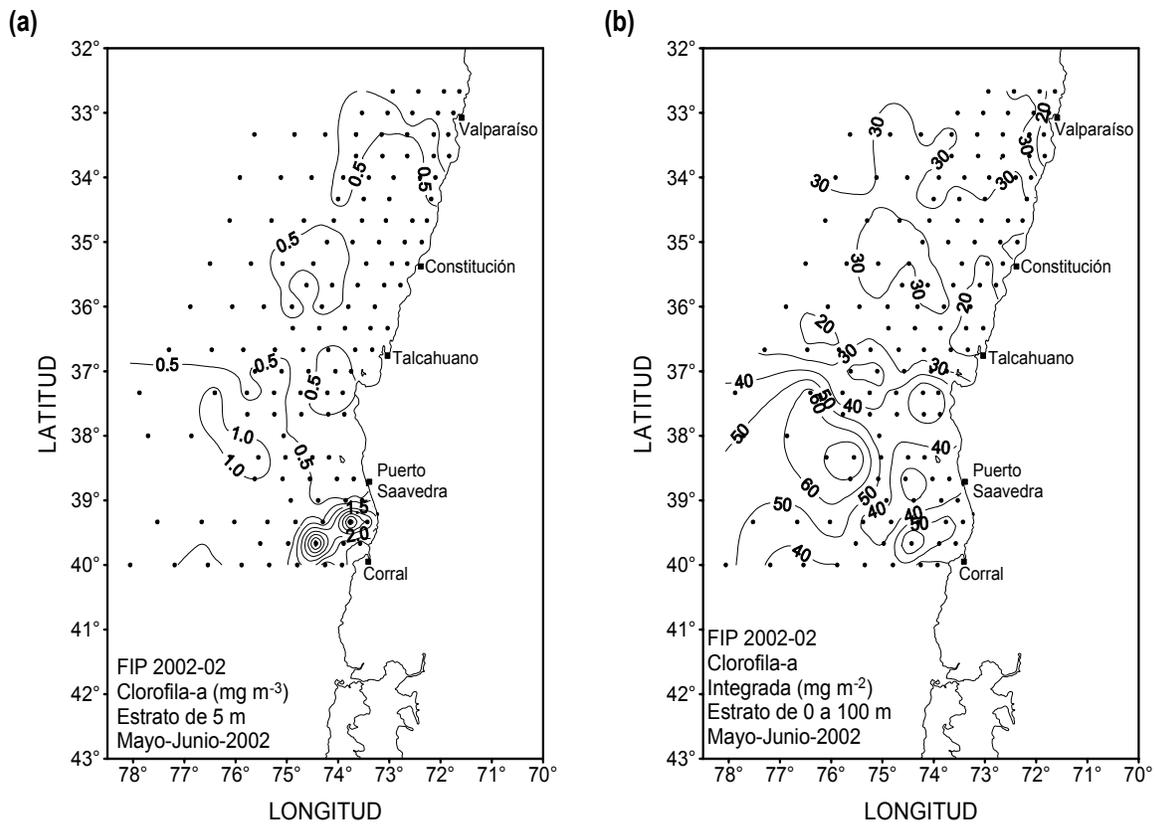


Figura 28. Distribución horizontal de (a) Clorofila-a (mg m^{-3}) en el estrato de 5 m de profundidad y (b) Clorofila-a Integrada (mg m^{-2}) estrato 0 a 100 metros.

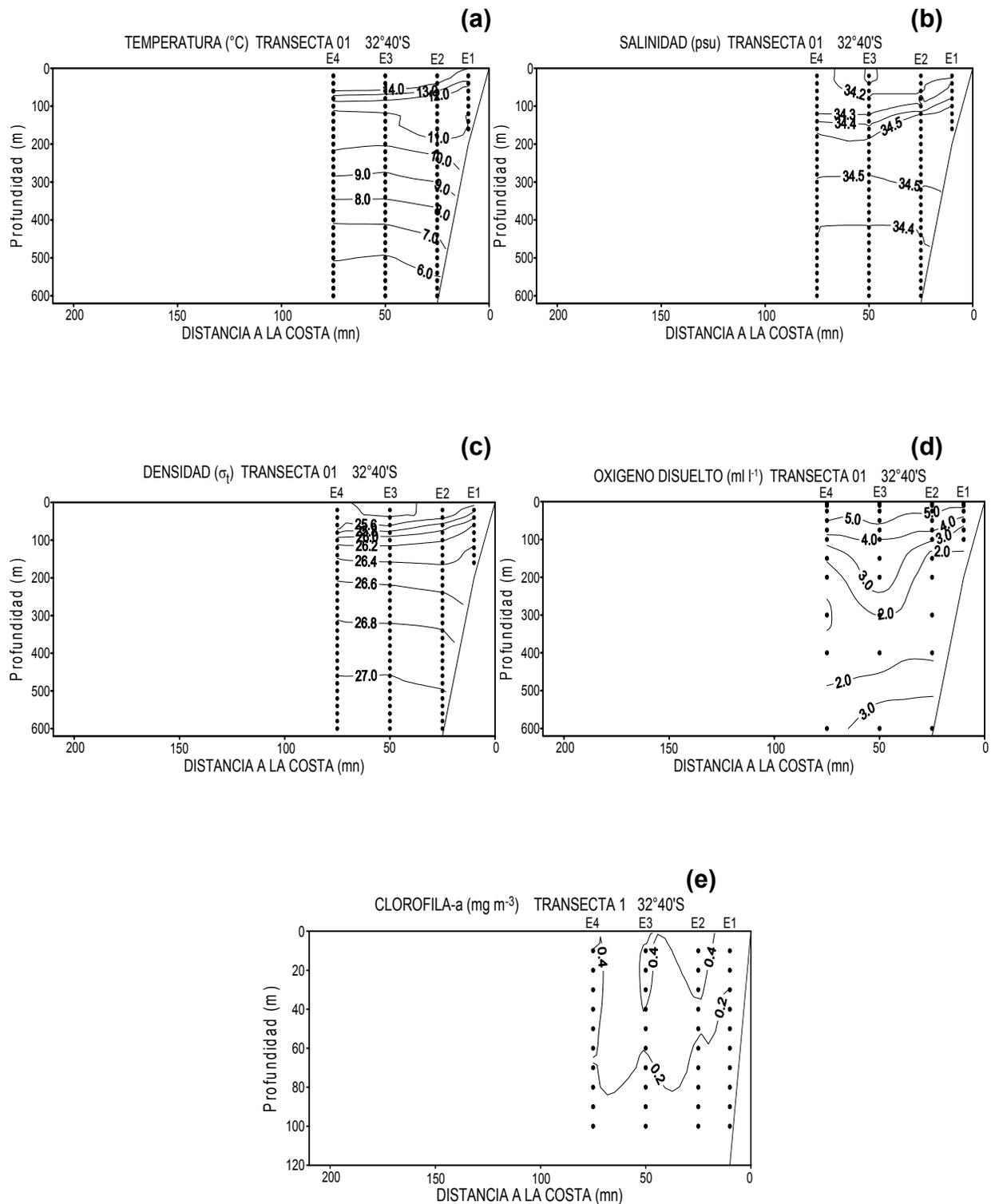


Figura 29. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 1.

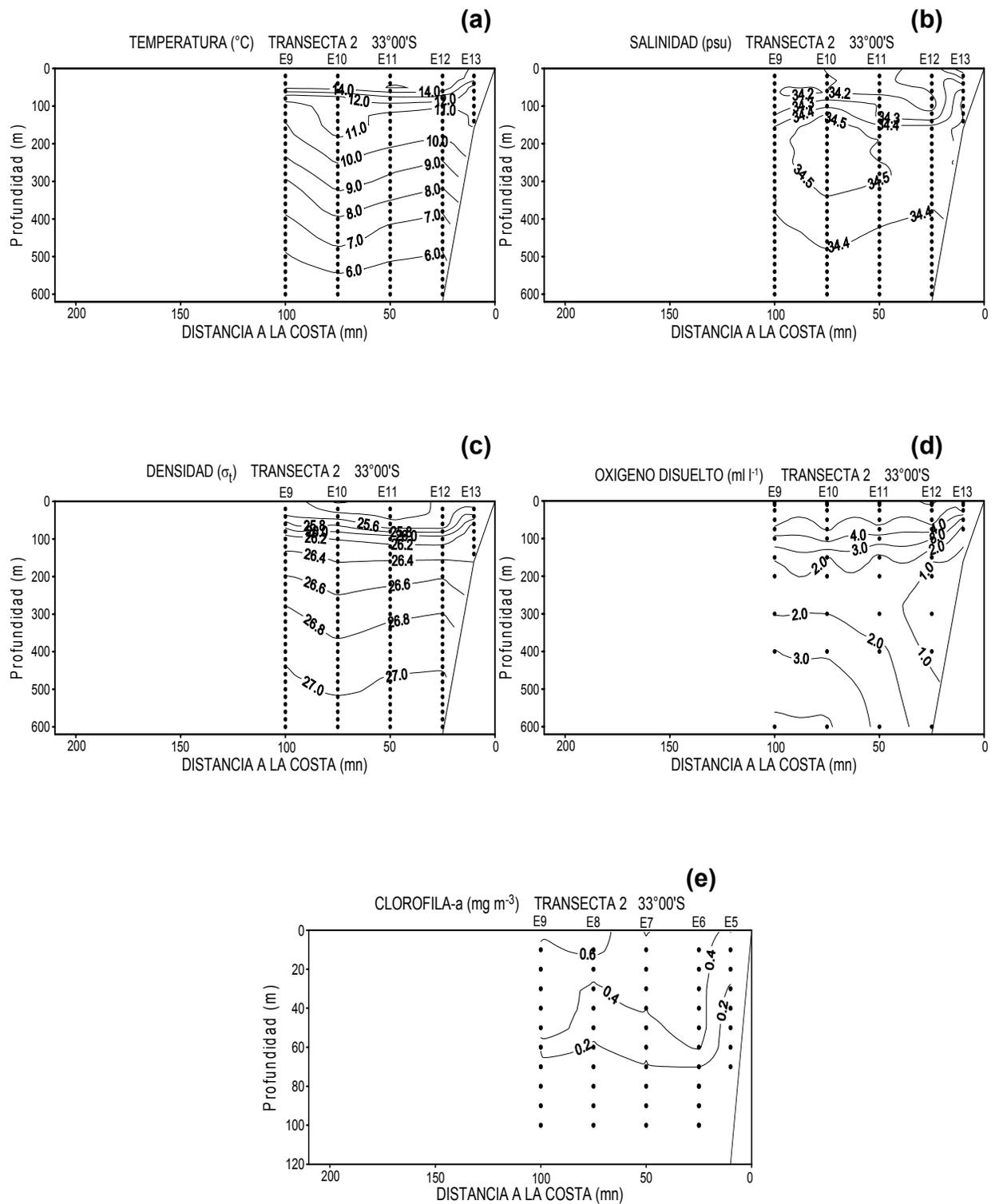


Figura 30. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 2.

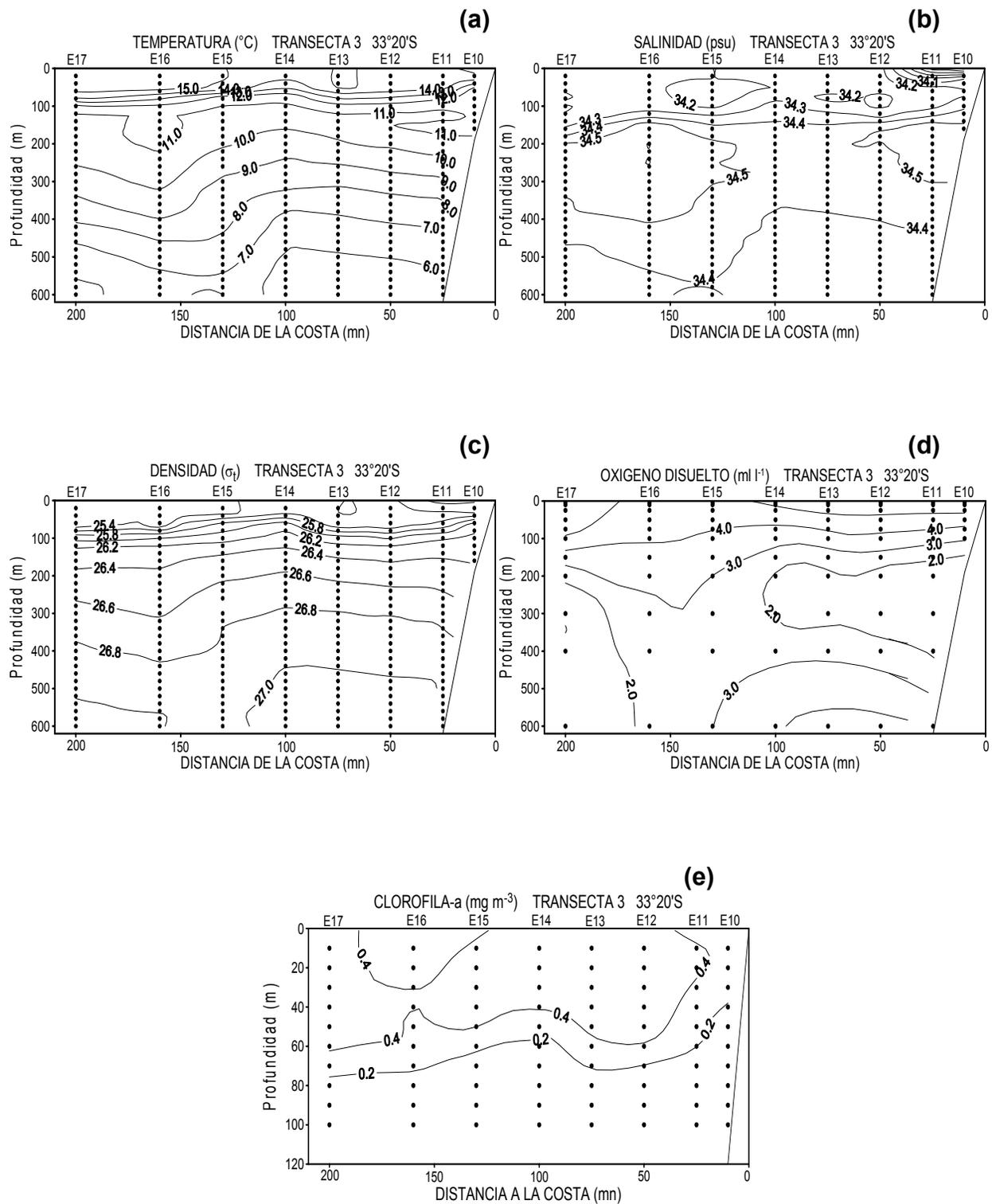


Figura 31. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 3.

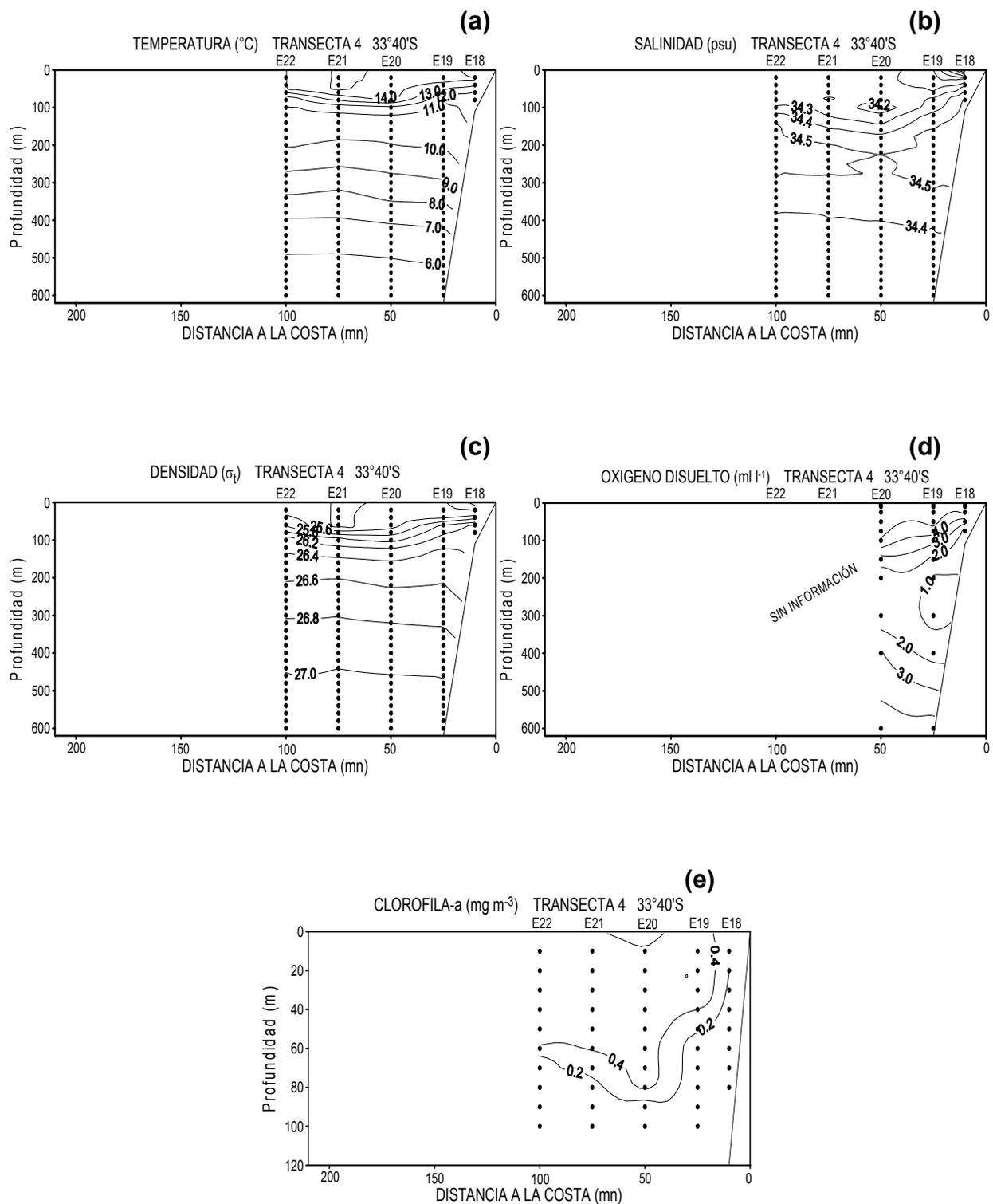


Figura 32. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 4.

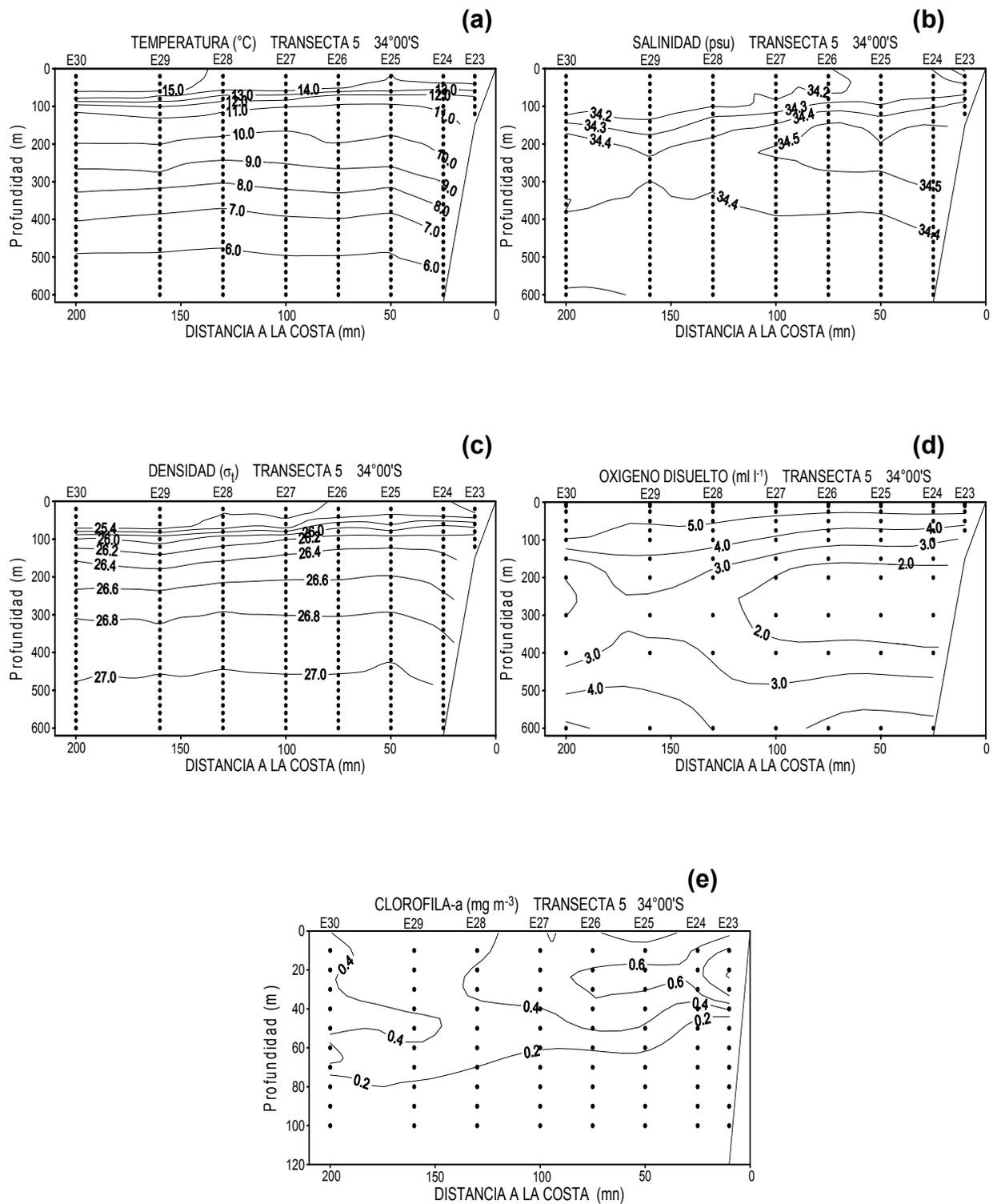


Figura 33. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 5.

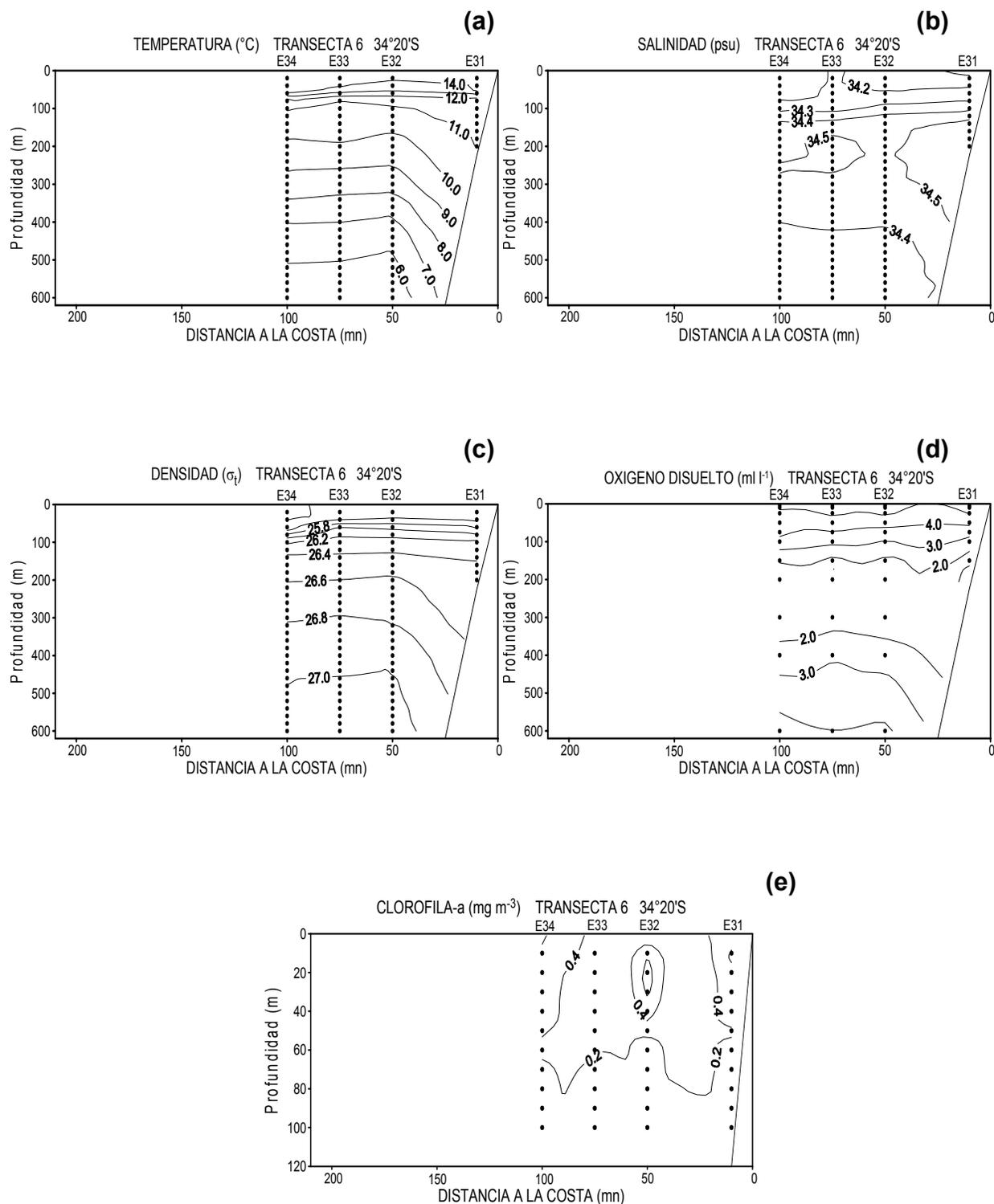


Figura 34. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 6.

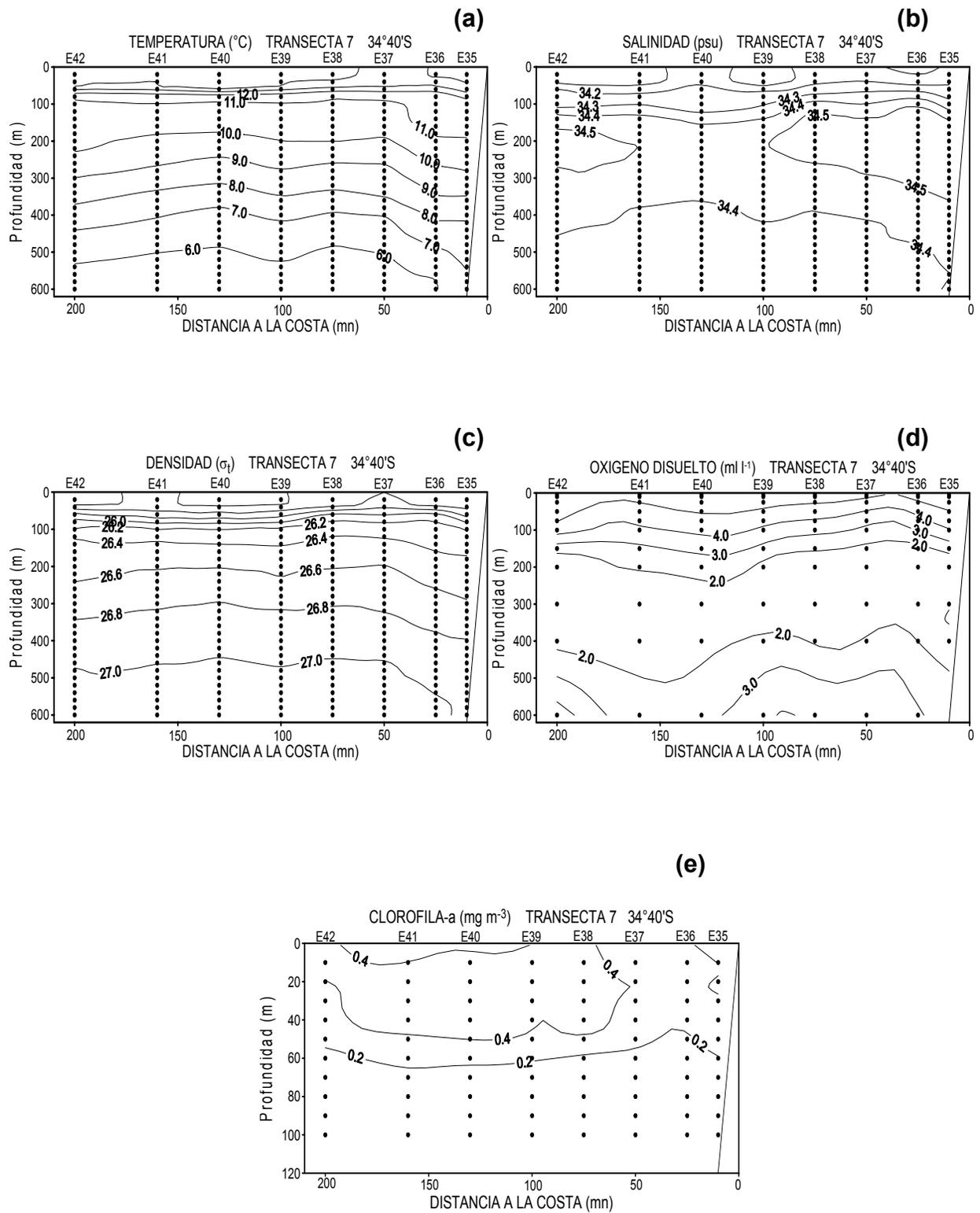


Figura 35. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 7.

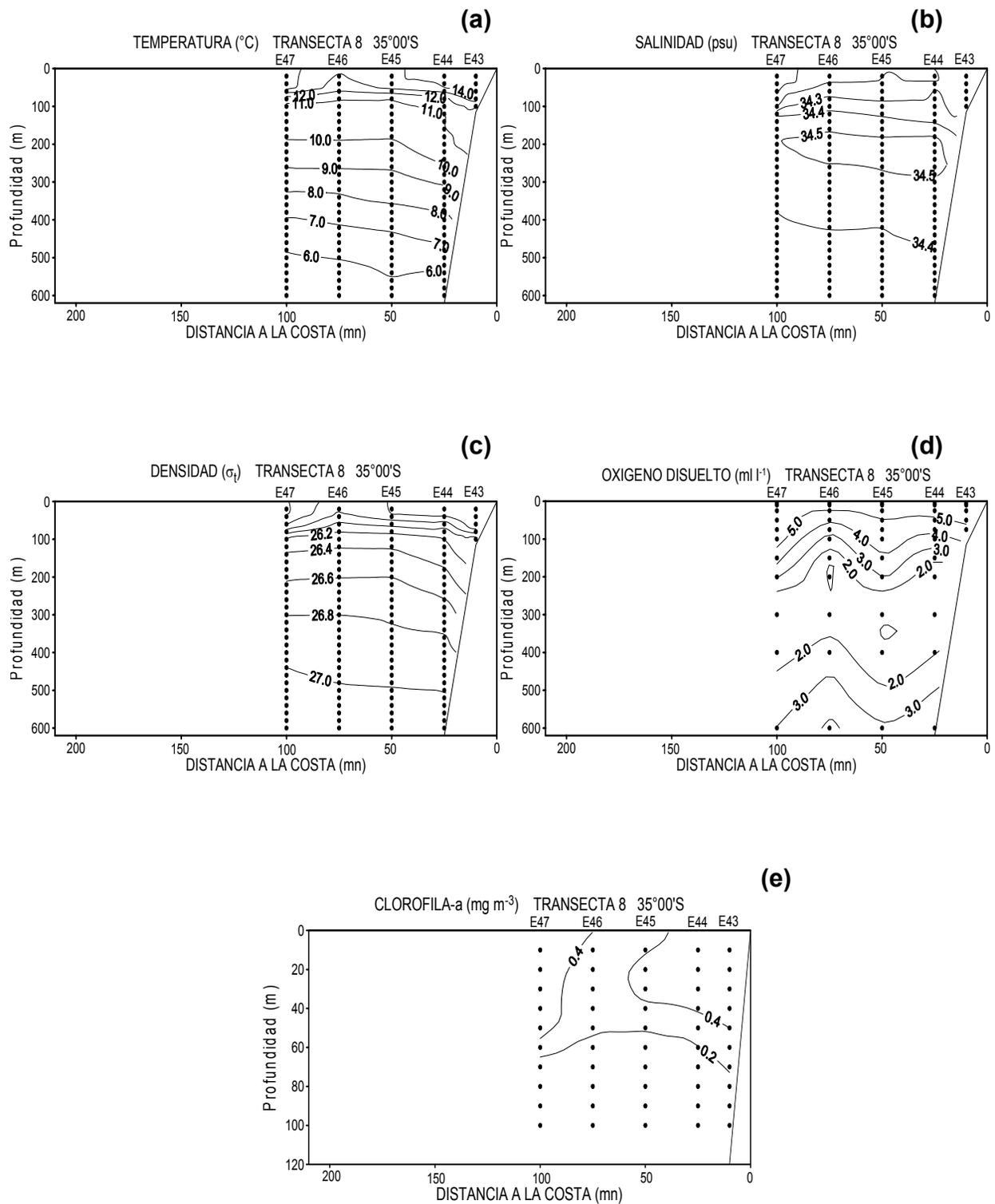


Figura 36. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 8.

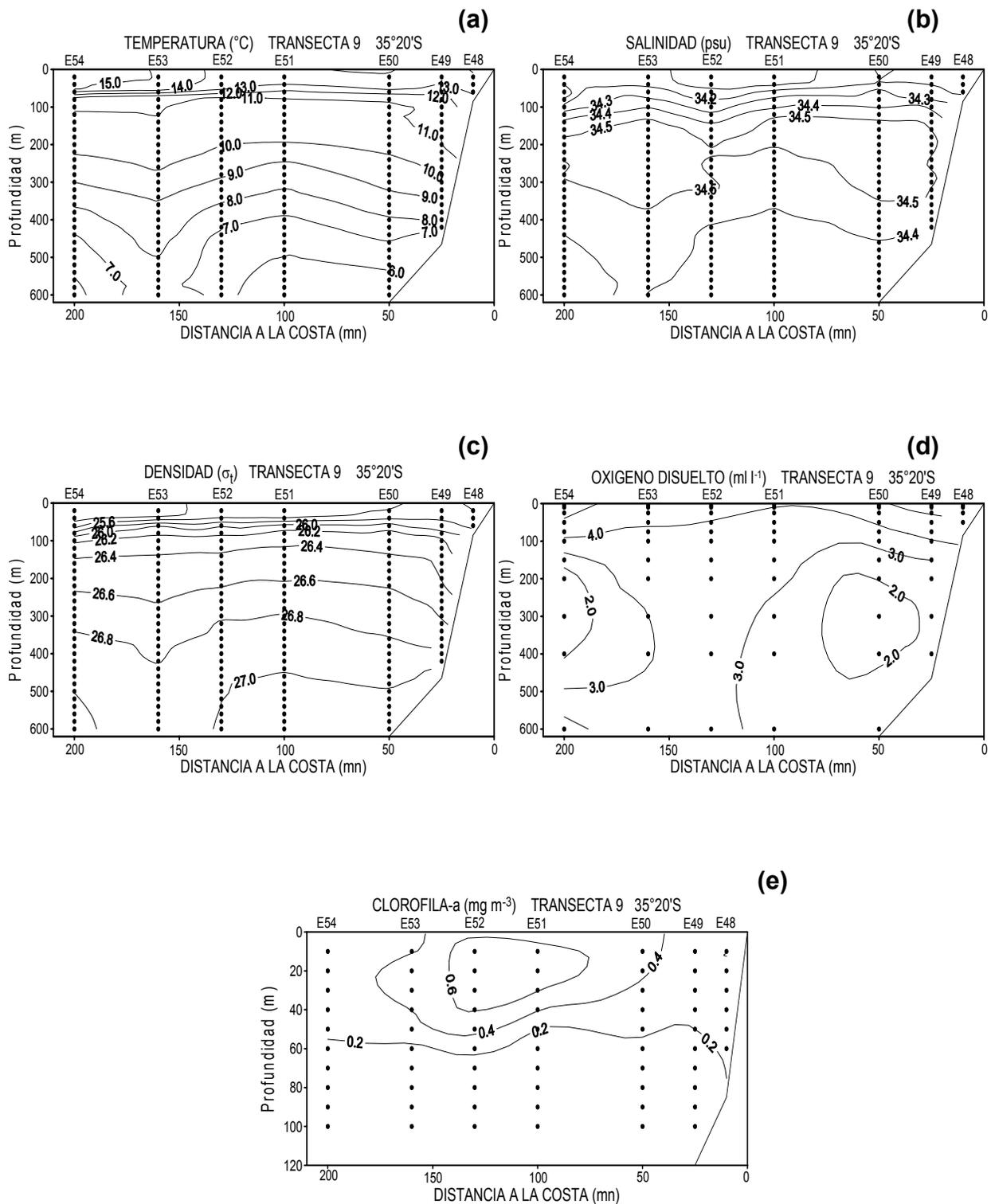


Figura 37. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 9.

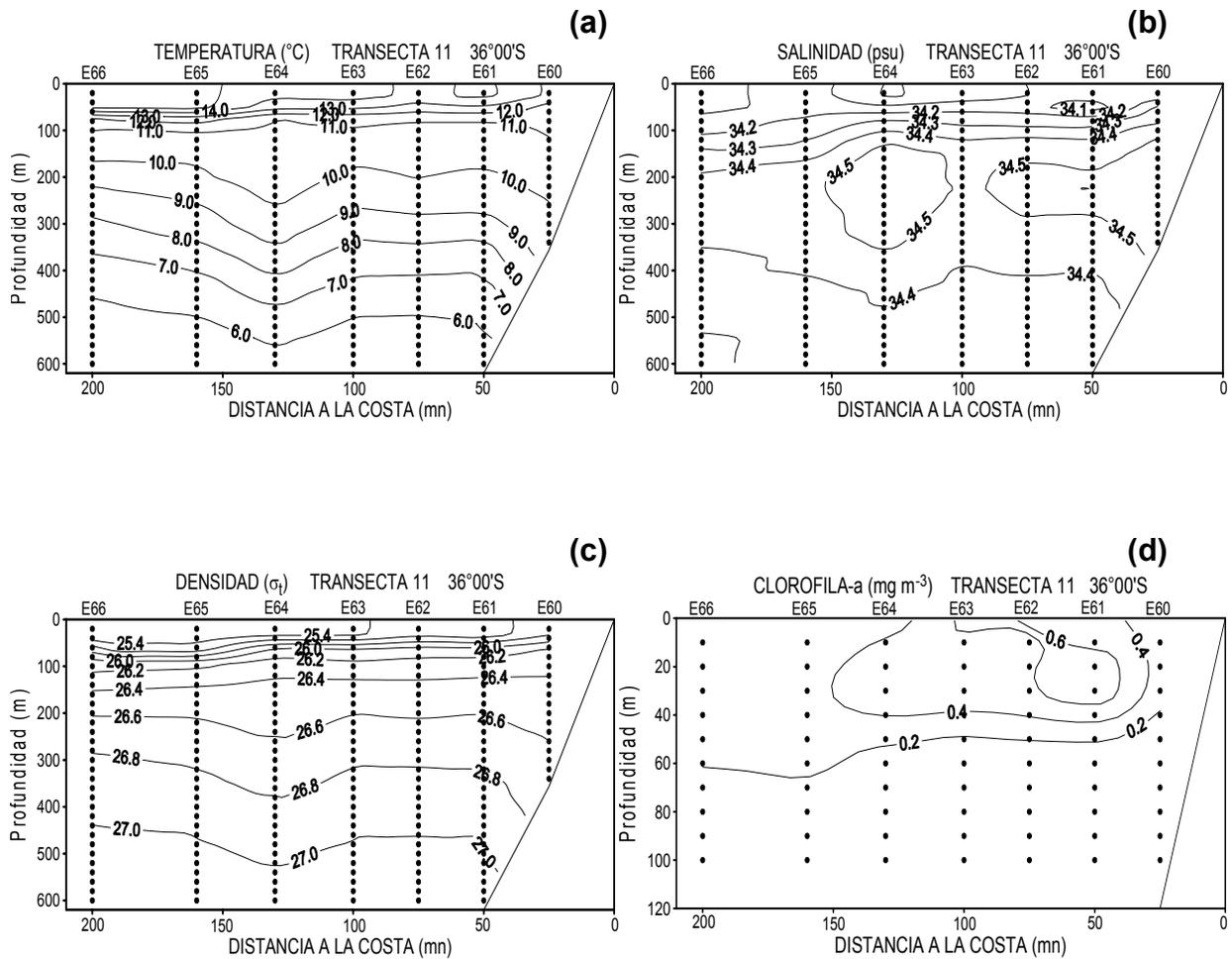


Figura 39. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t) y d) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 11.

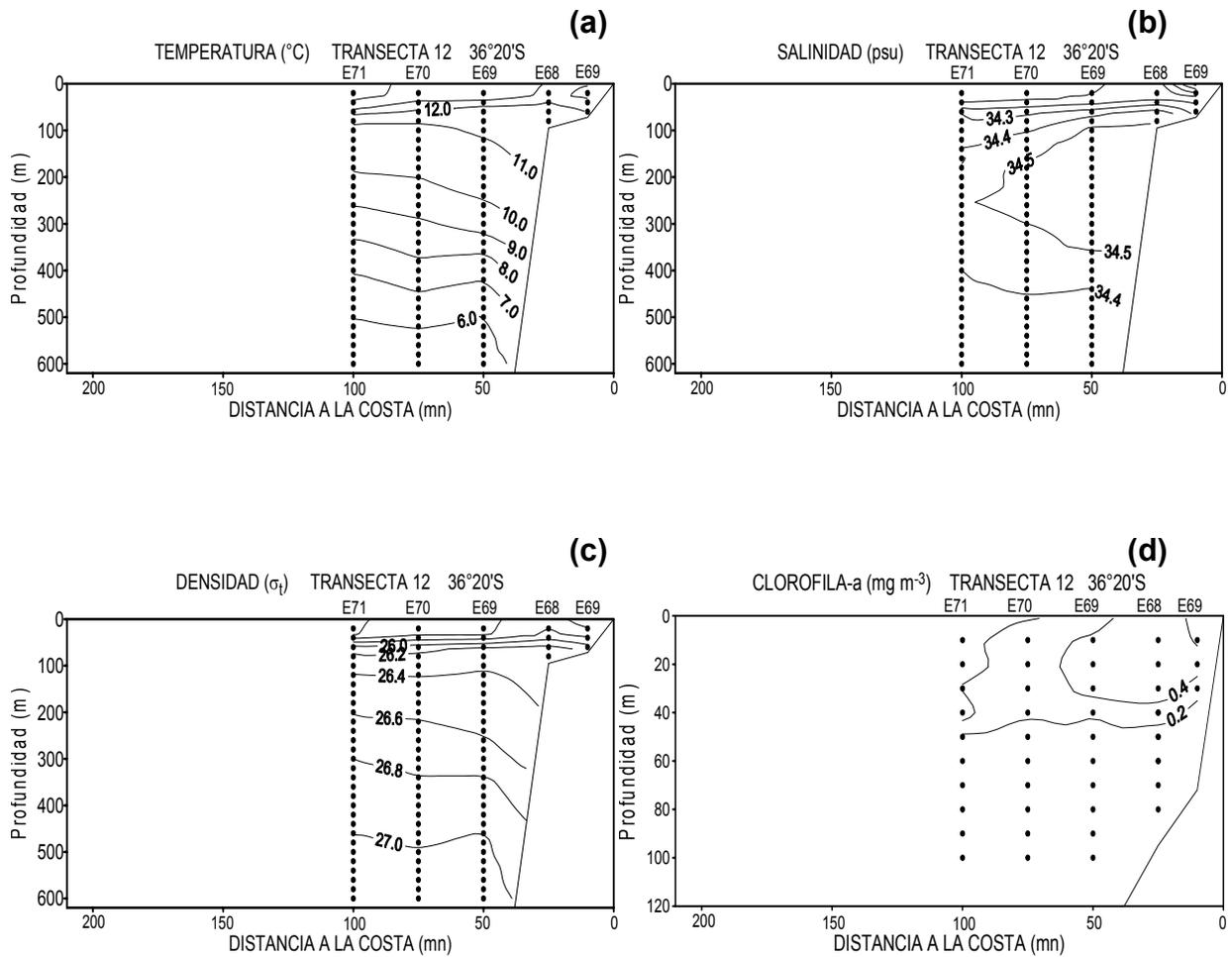


Figura 40. Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t) y d) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 12.

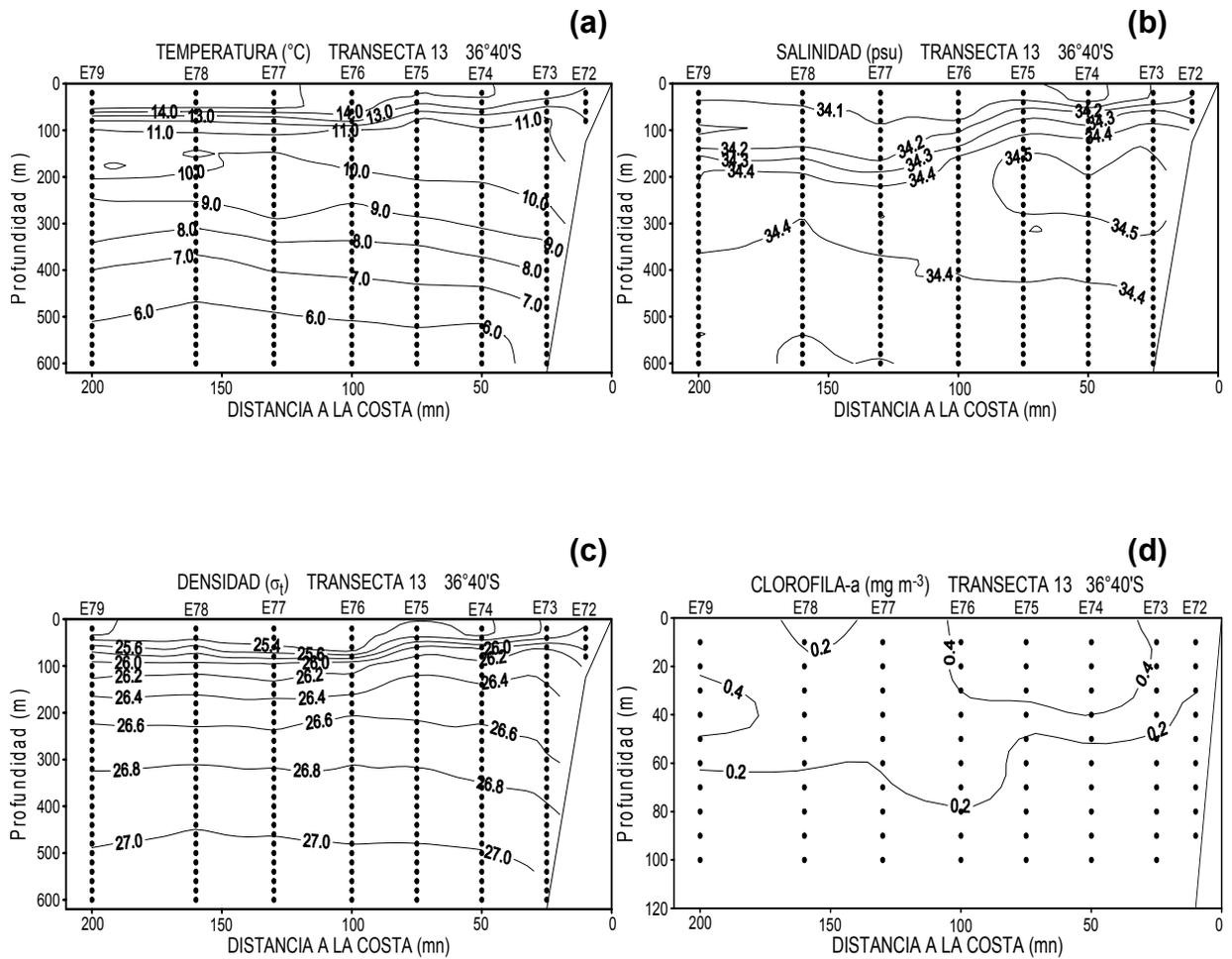


Figura 41. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t) y d) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 13.

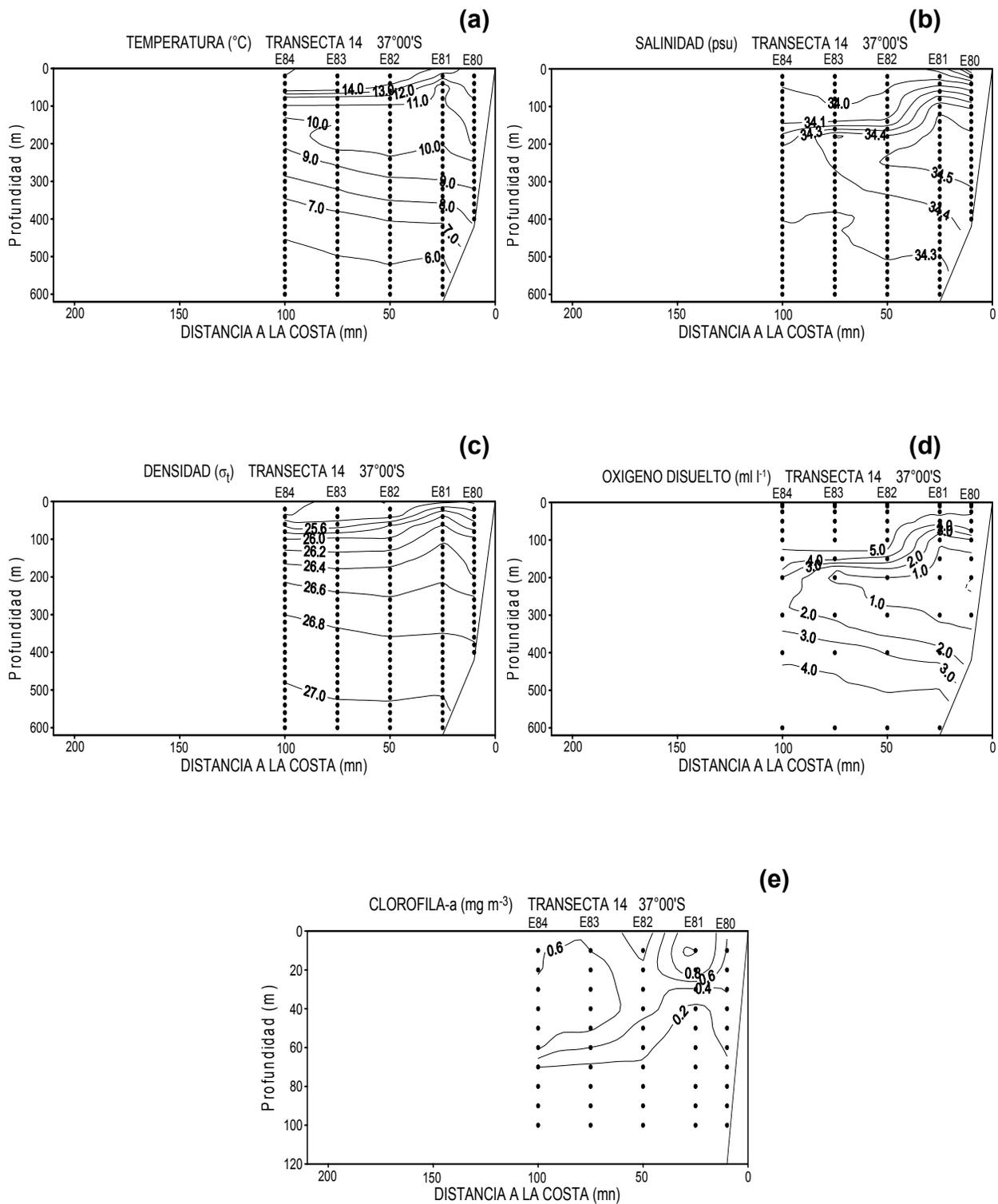


Figura 42. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 14.

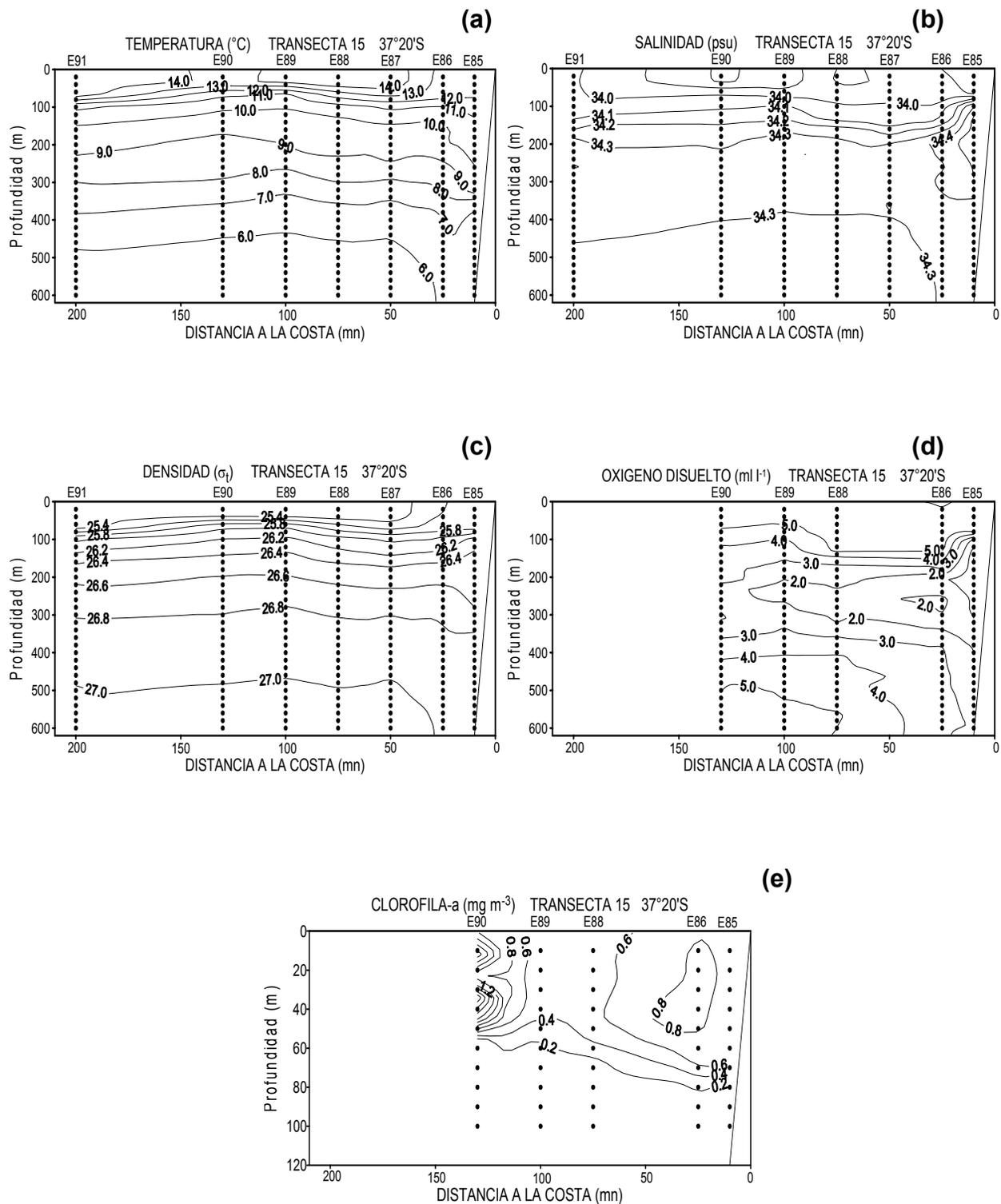


Figura 43. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 15.

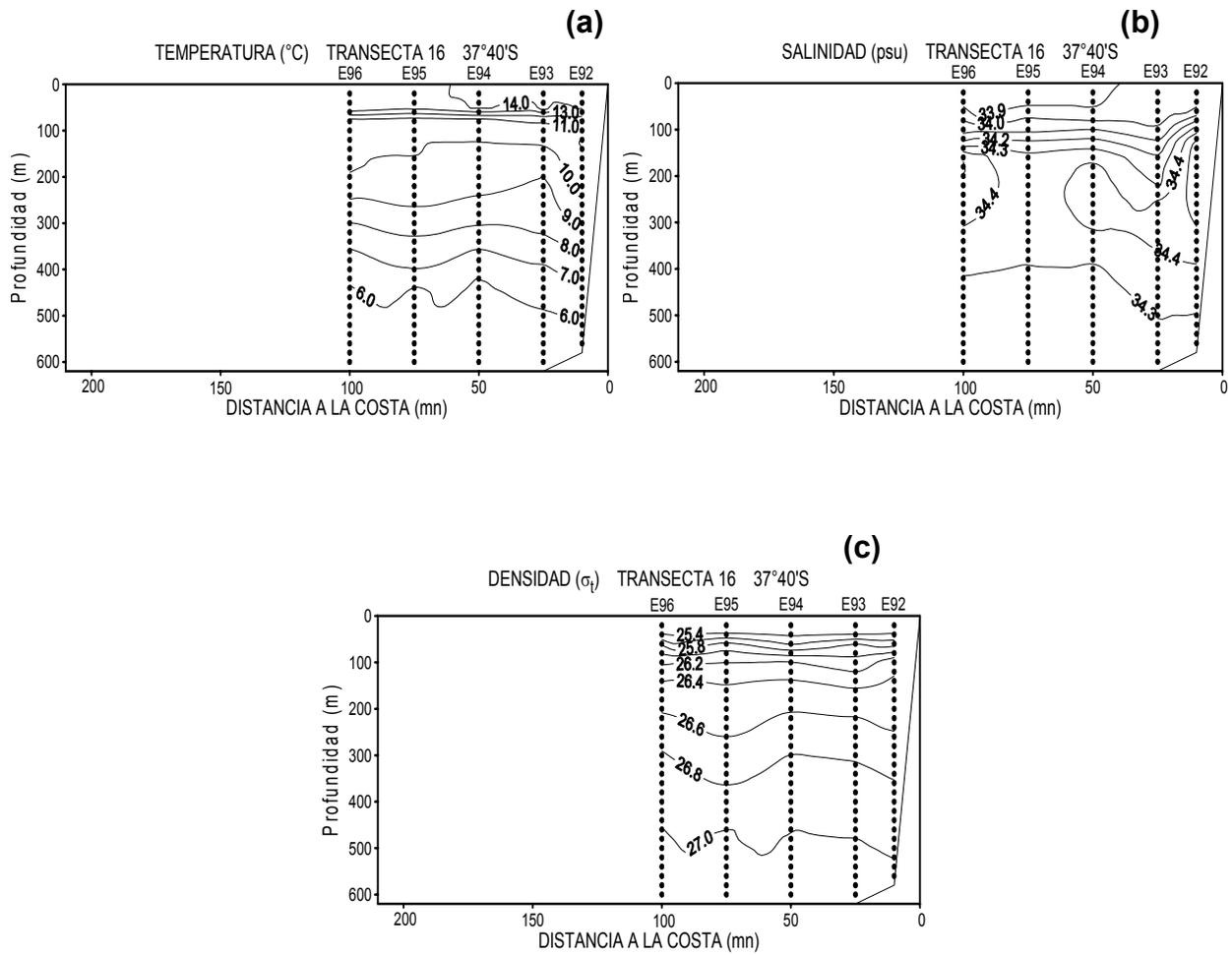


Figura 44. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t). Transecta 16.

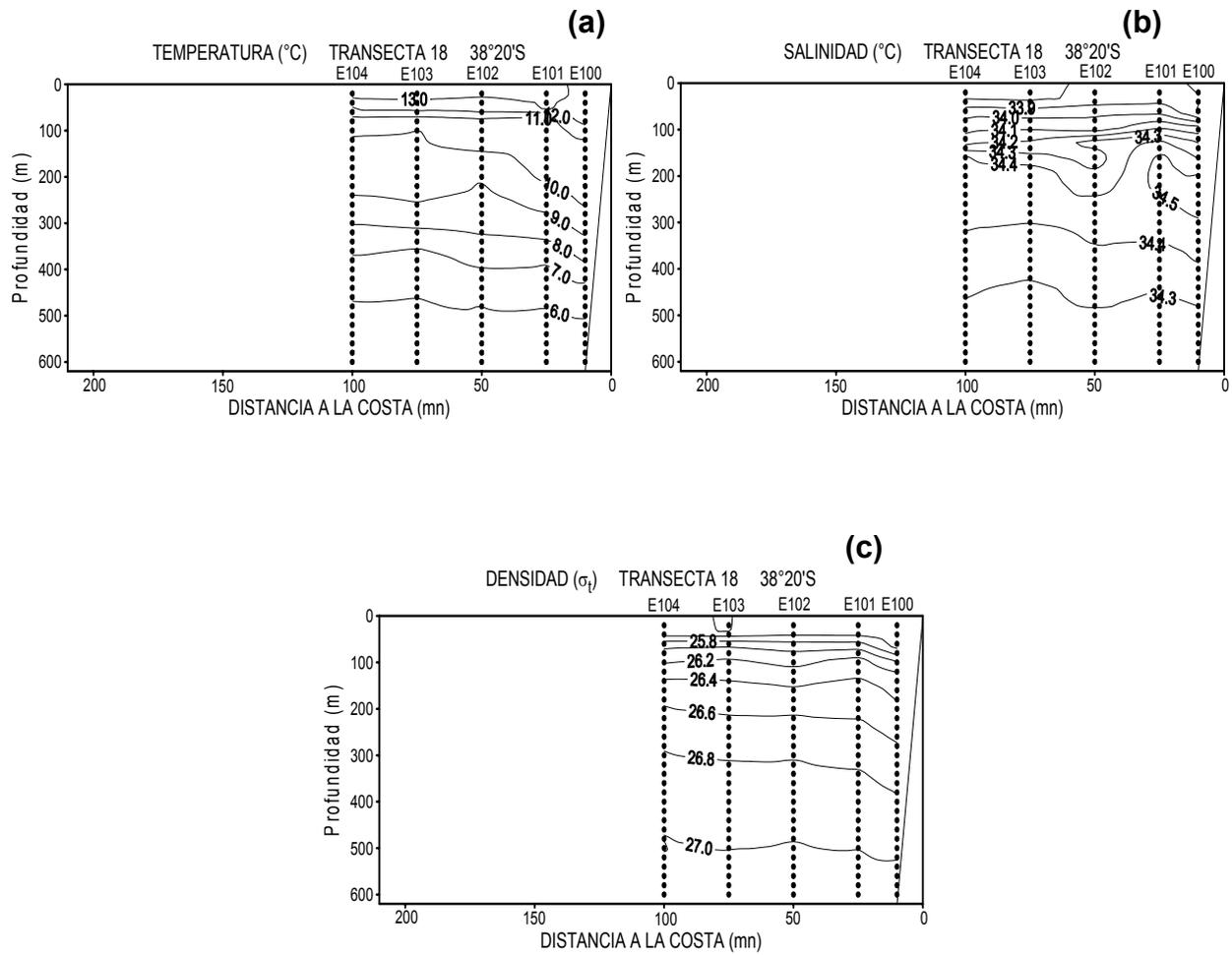


Figura 45. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t). Transecta 18.

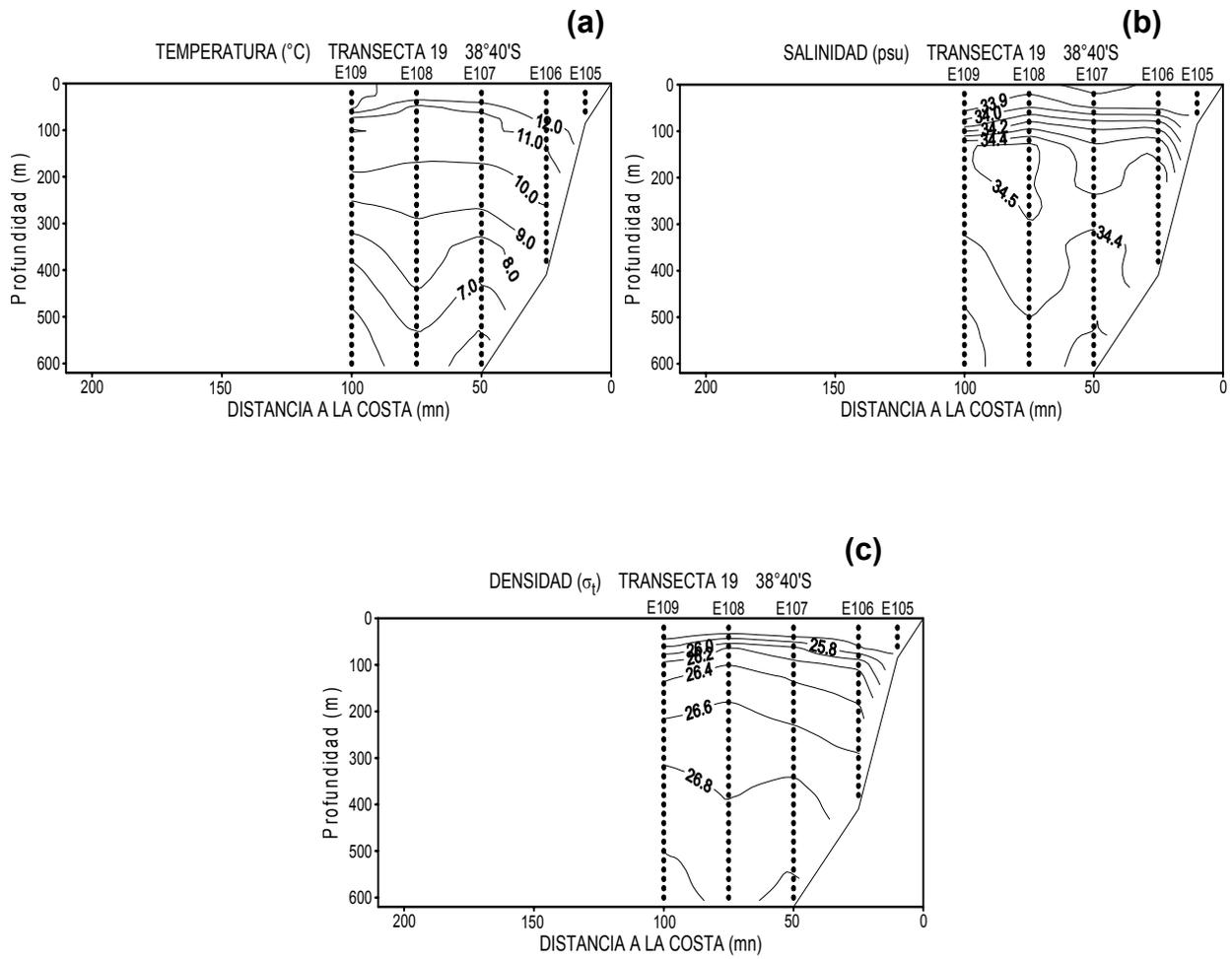


Figura 46. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y c) densidad (σ_t). Transecta 19.

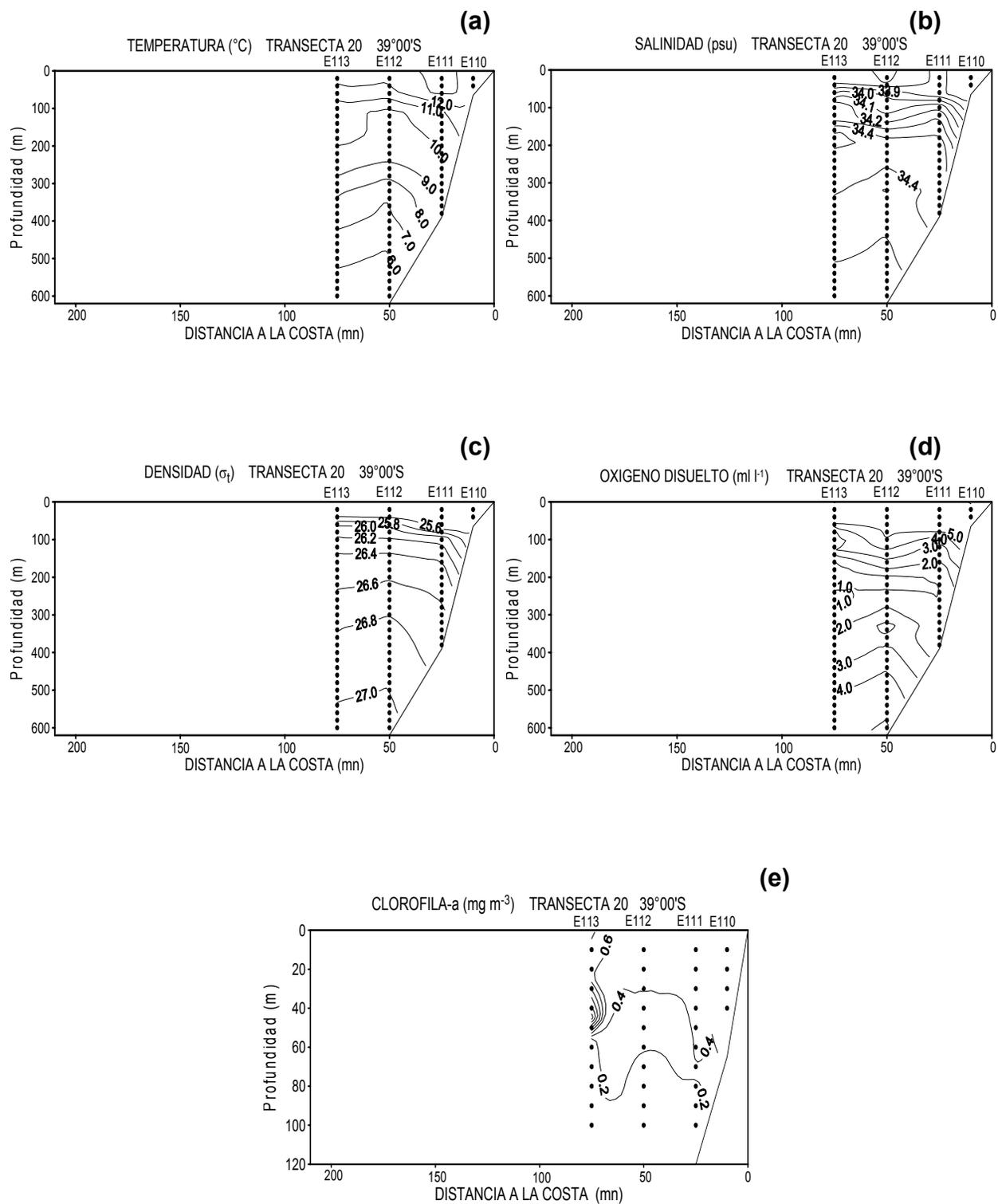


Figura 47. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 20.

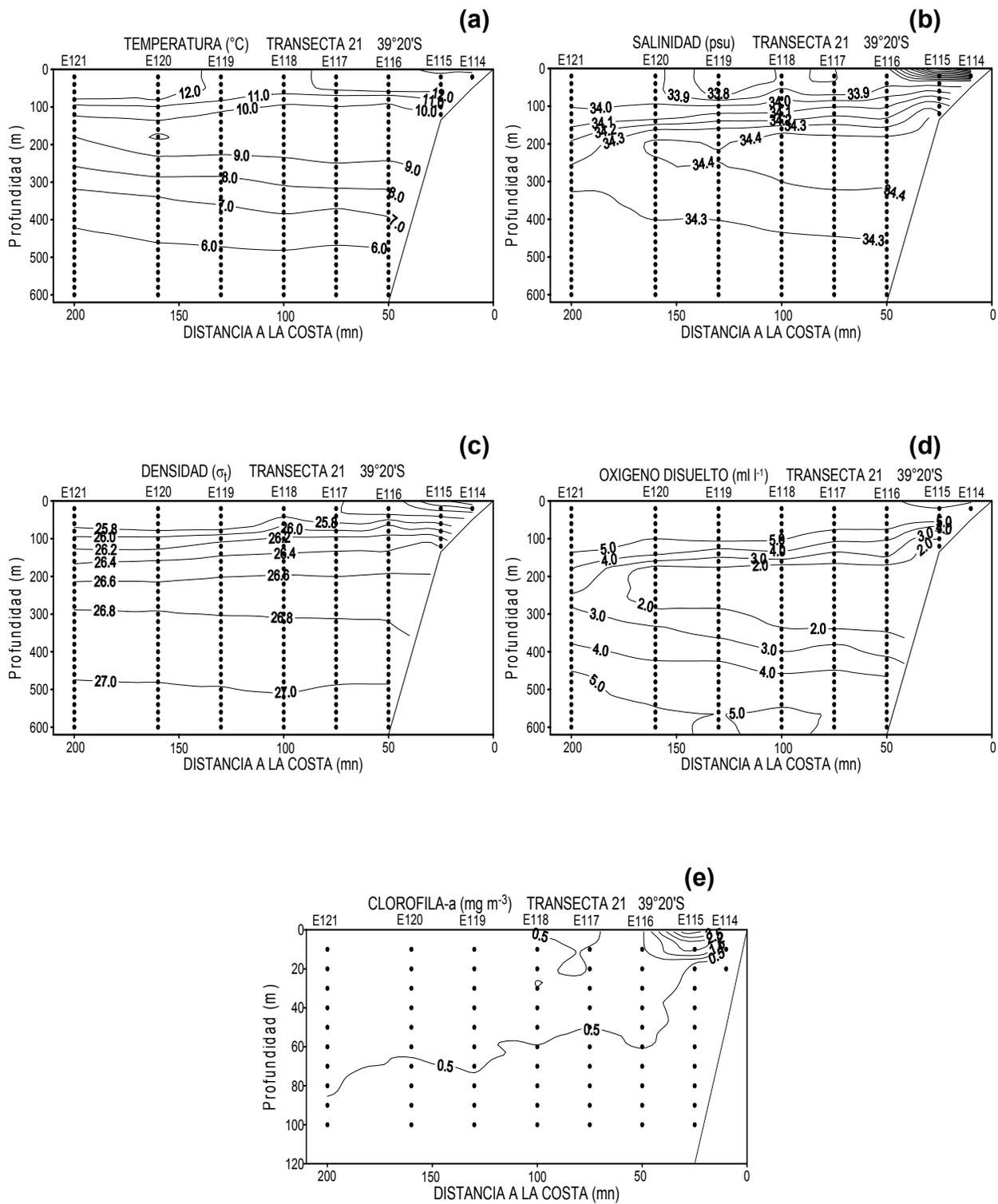


Figura 48. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 21.

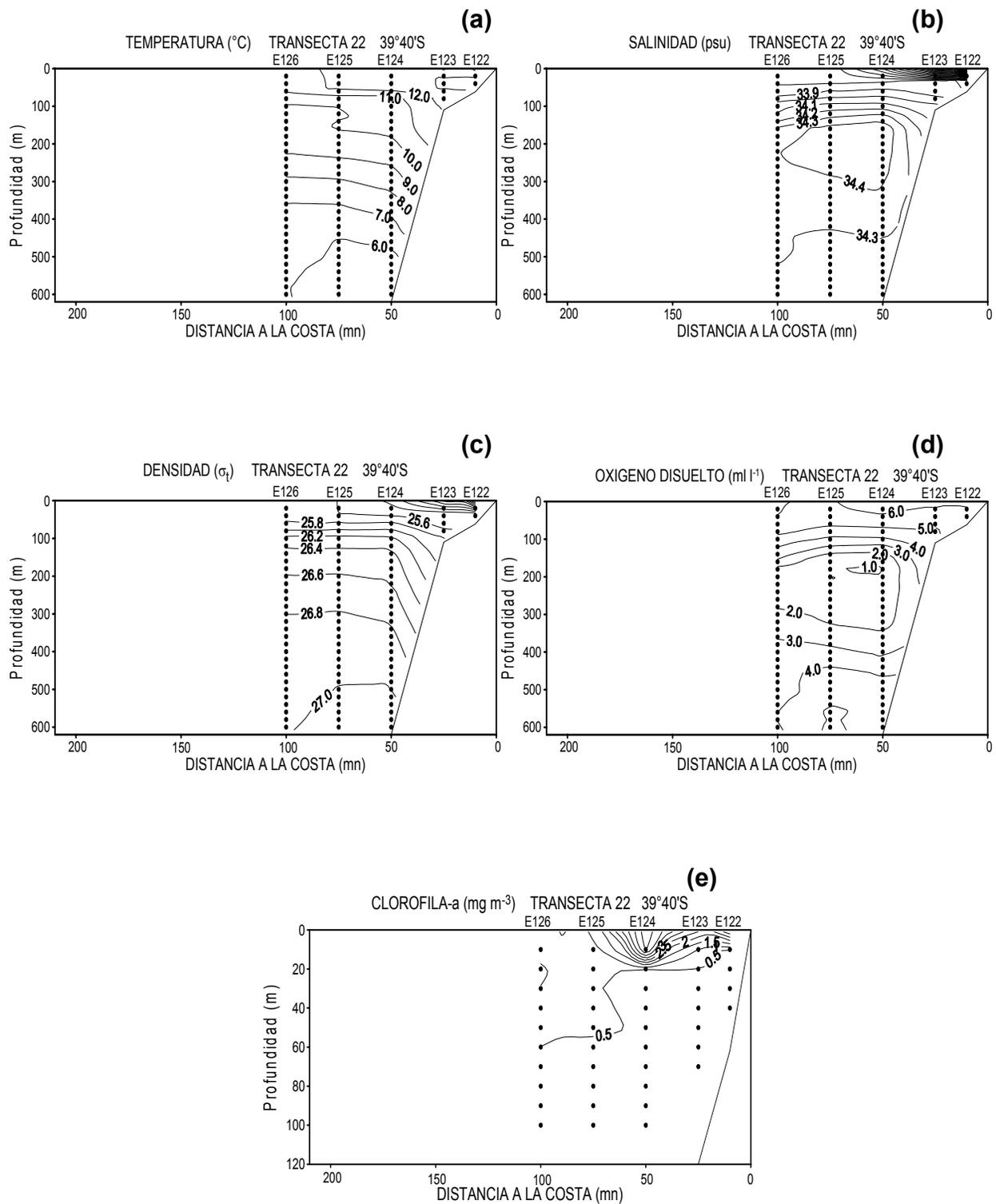


Figura 49. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y e) clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta 22.

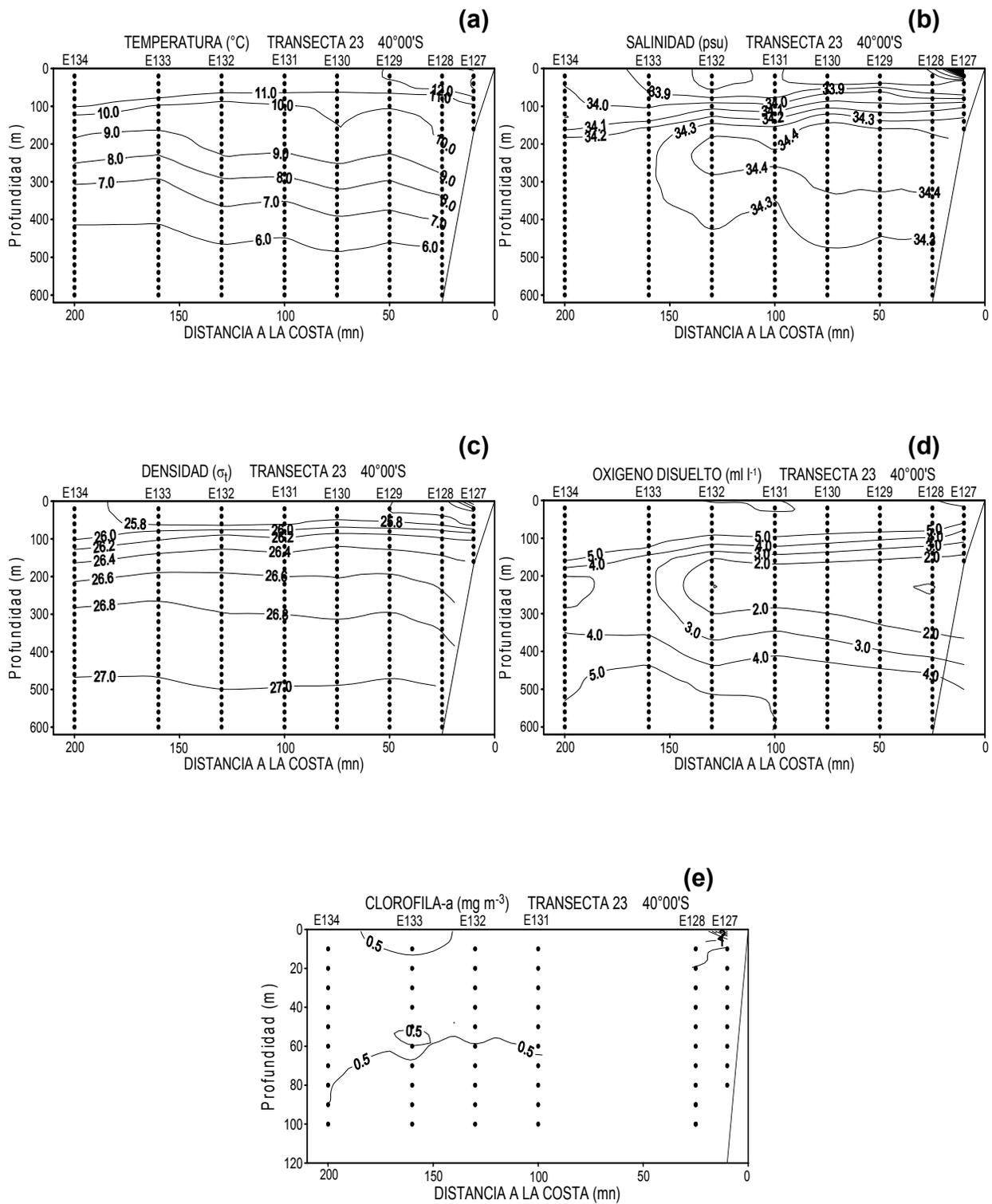


Figura 50. Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y e) clorofila-a (mg m⁻³). Transecta 23.

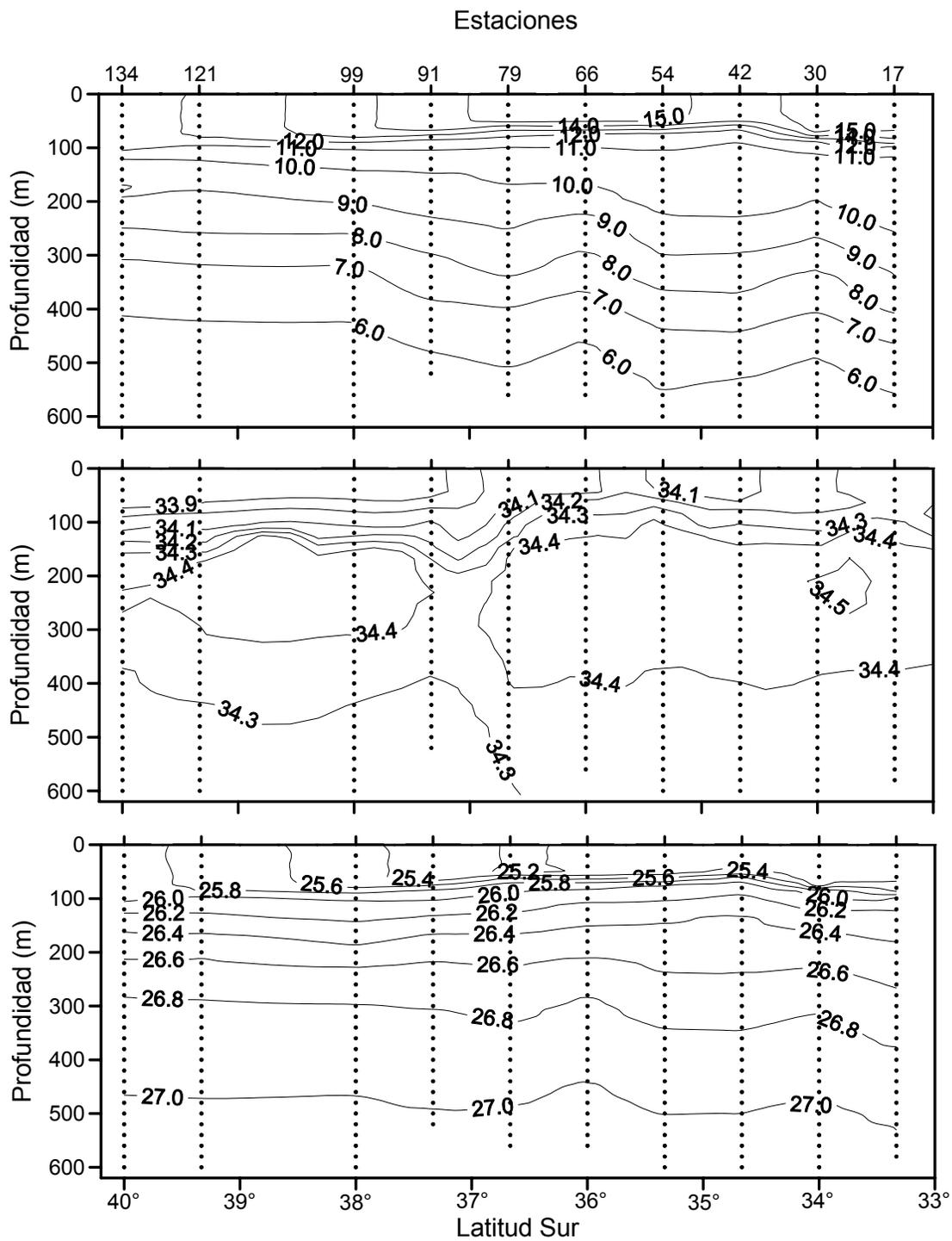


Figura 51. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y densidad (σ_t). Transecta oceánica (200 mn).

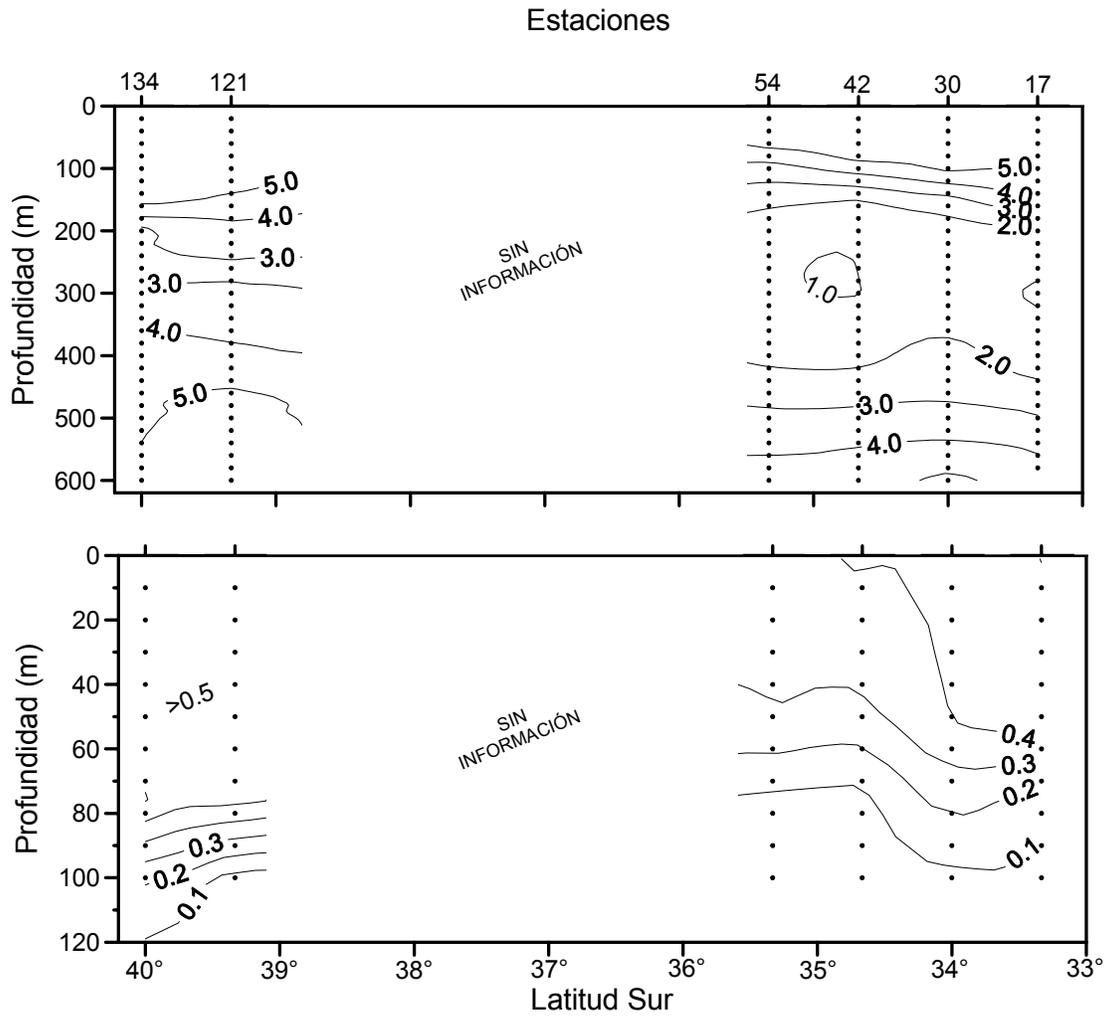


Figura 51. (Continuación). Secciones longitudinales de la distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta oceánica (200 mn).

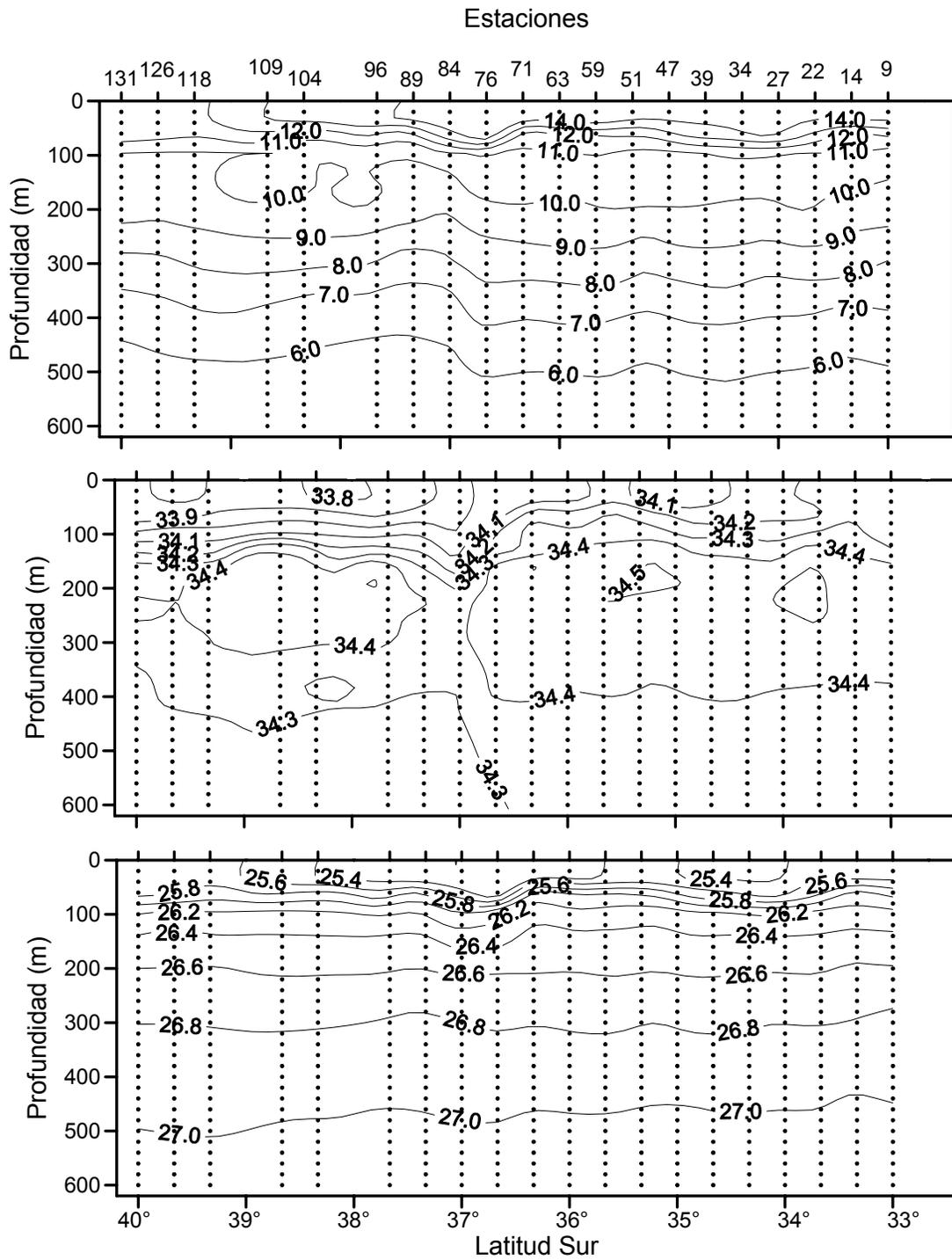


Figura 52. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y densidad (σ_t). Transecta intermedia (100 mn).

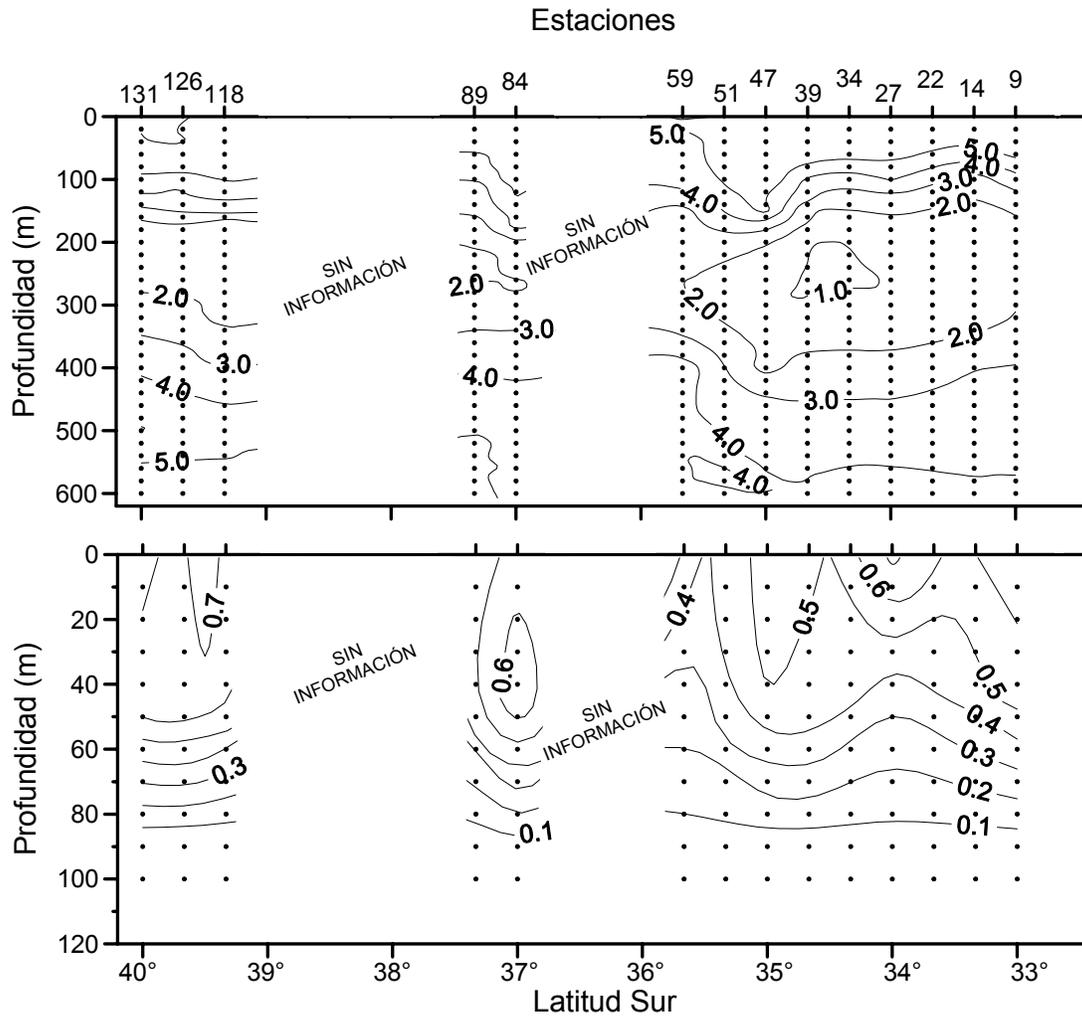


Figura 52. (Continuación). Secciones longitudinales de la distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta intermedia (100mn).

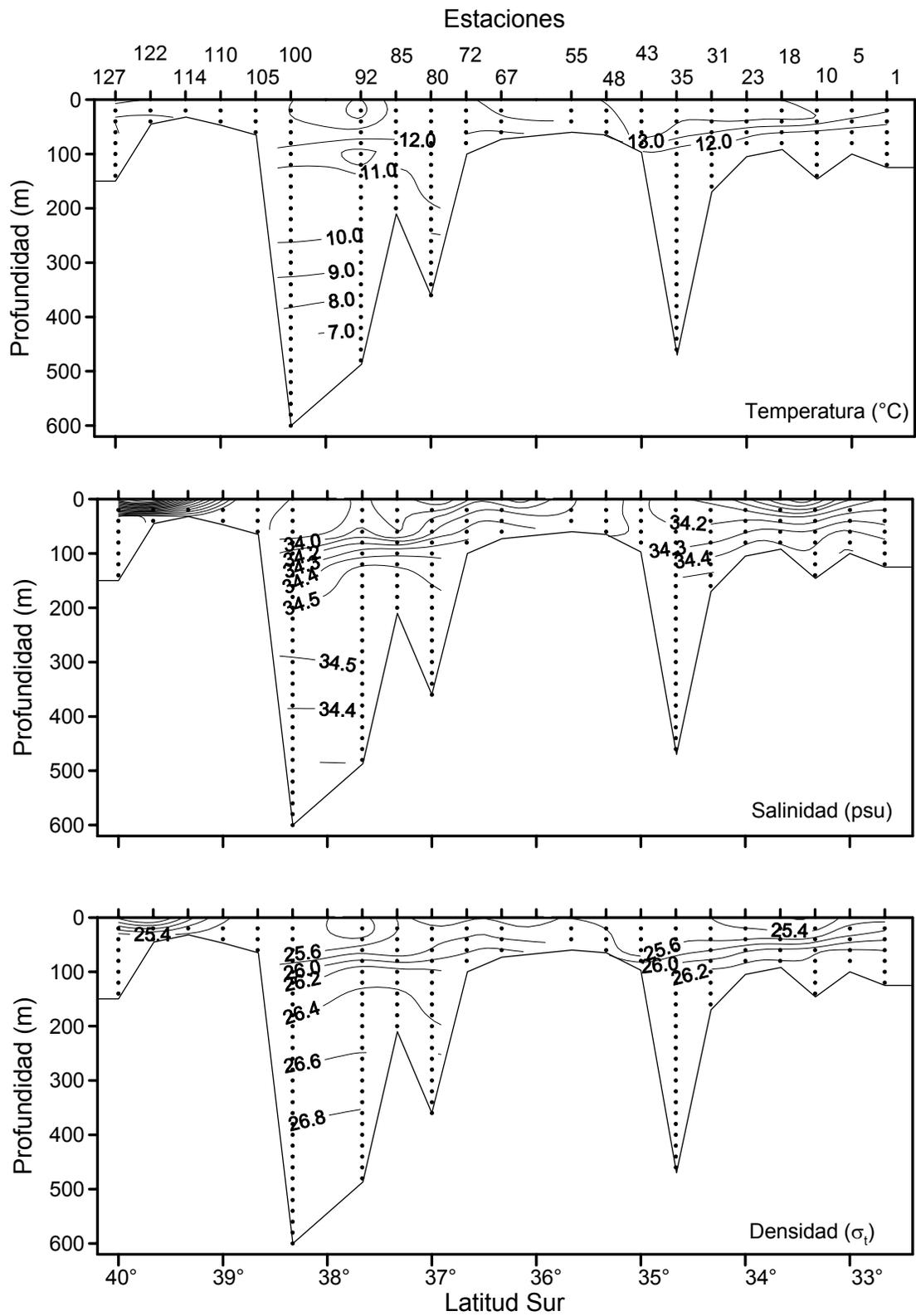


Figura 53. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y densidad (σ_t). Transecta costera (10 mn).

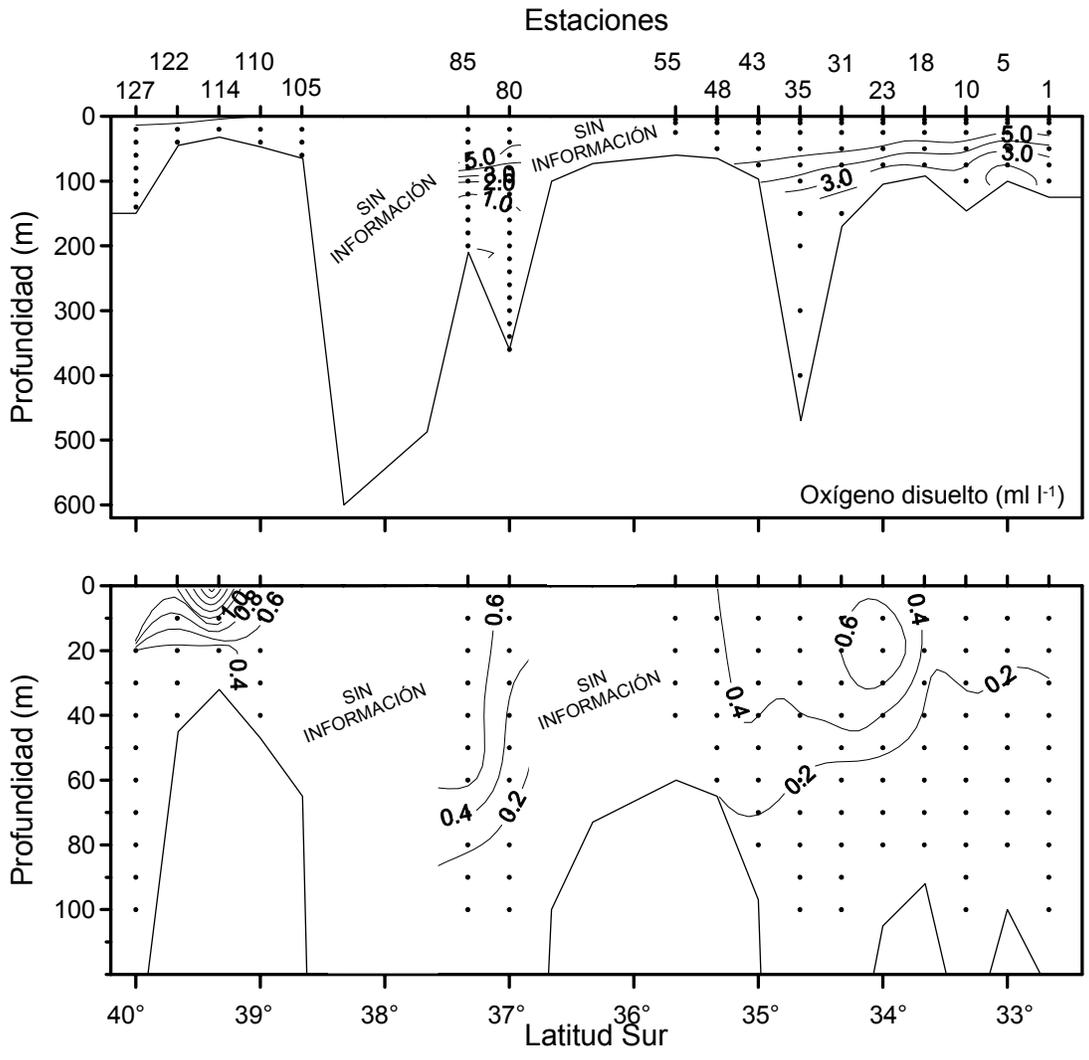


Figura 53. (continuación). Secciones longitudinales de la distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a (mg m^{-3}). Transecta costera (10 mn).

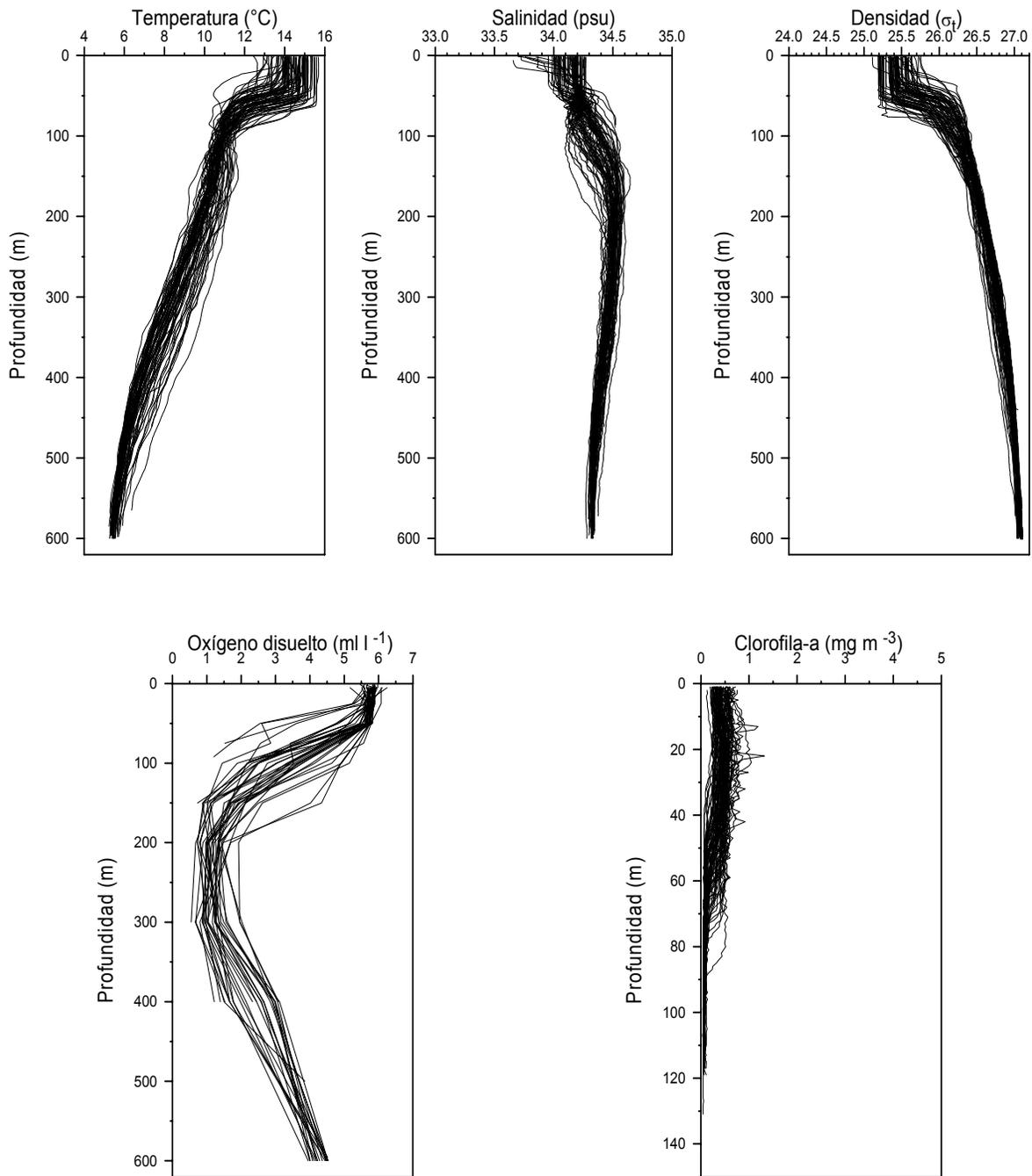


Figura 54. Perfiles individuales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t), oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y clorofila-a (mg m^{-3}) para el sector norte ($32^{\circ}40'-36^{\circ}40'\text{LS}$).

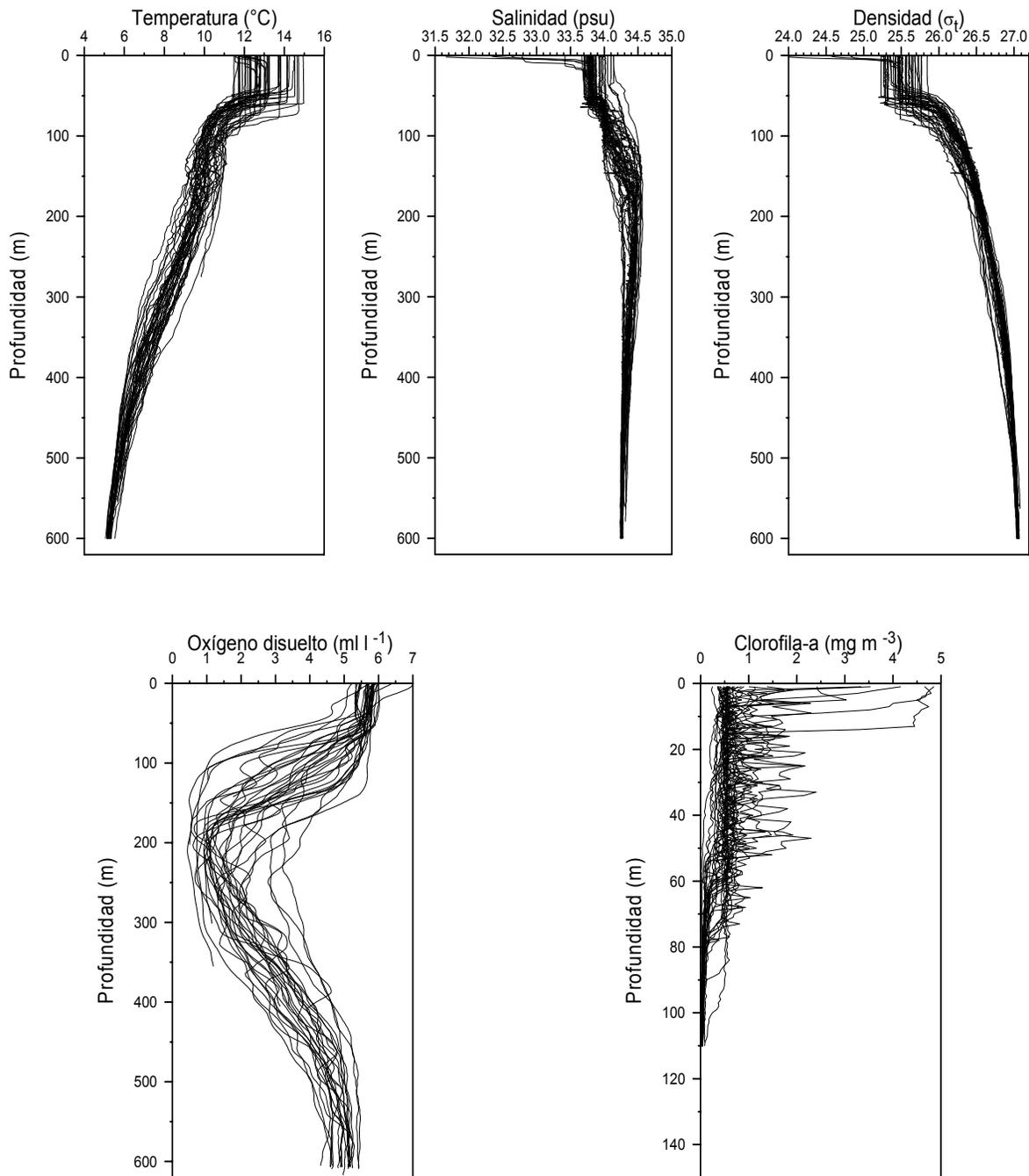


Figura 55. Perfiles individuales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t), oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y clorofila-a (mg m^{-3}) para el sector sur ($37^{\circ}00'-40^{\circ}00'\text{LS}$).

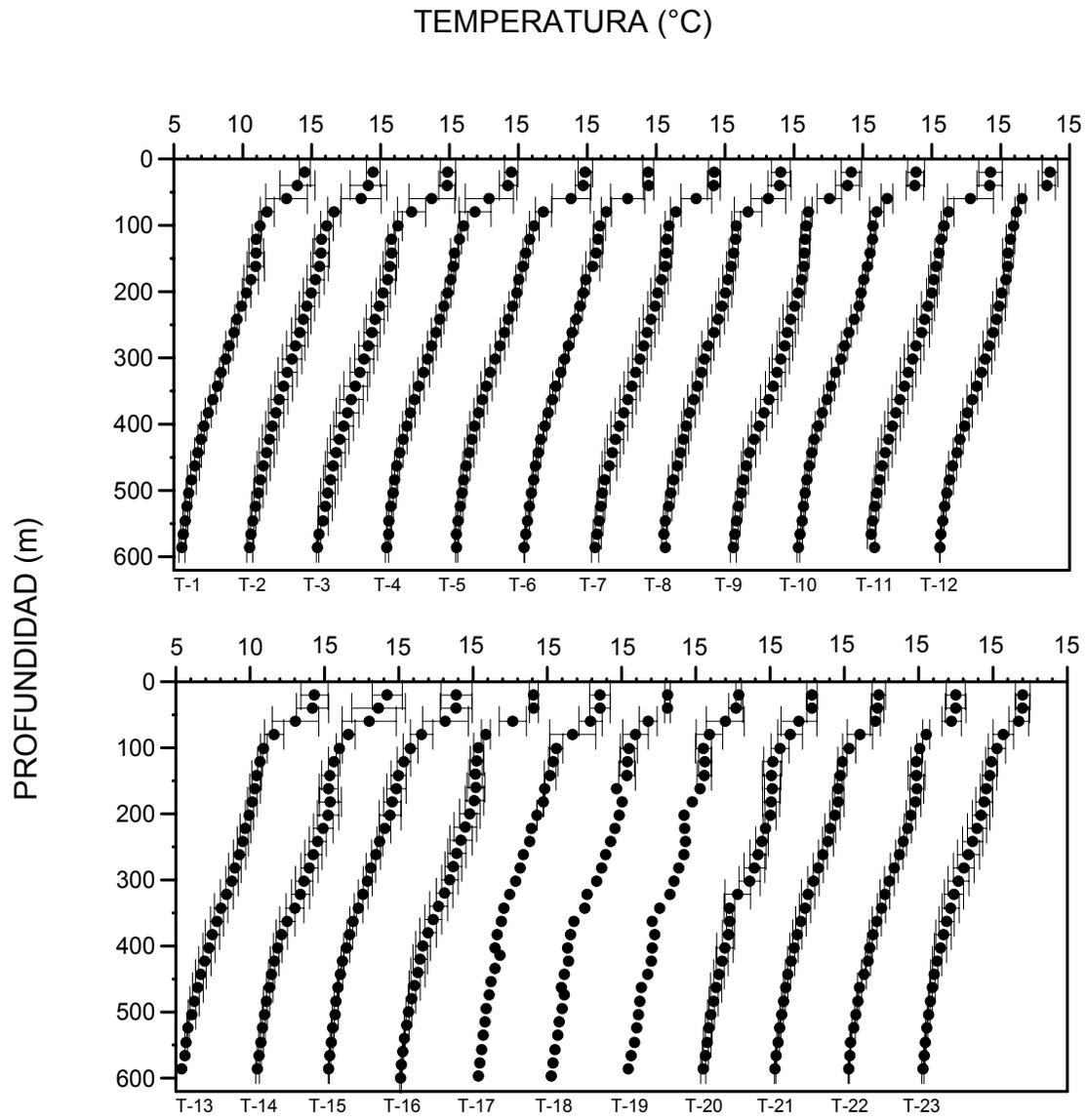


Figura 56. Perfiles verticales promedio de temperatura (°C) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.

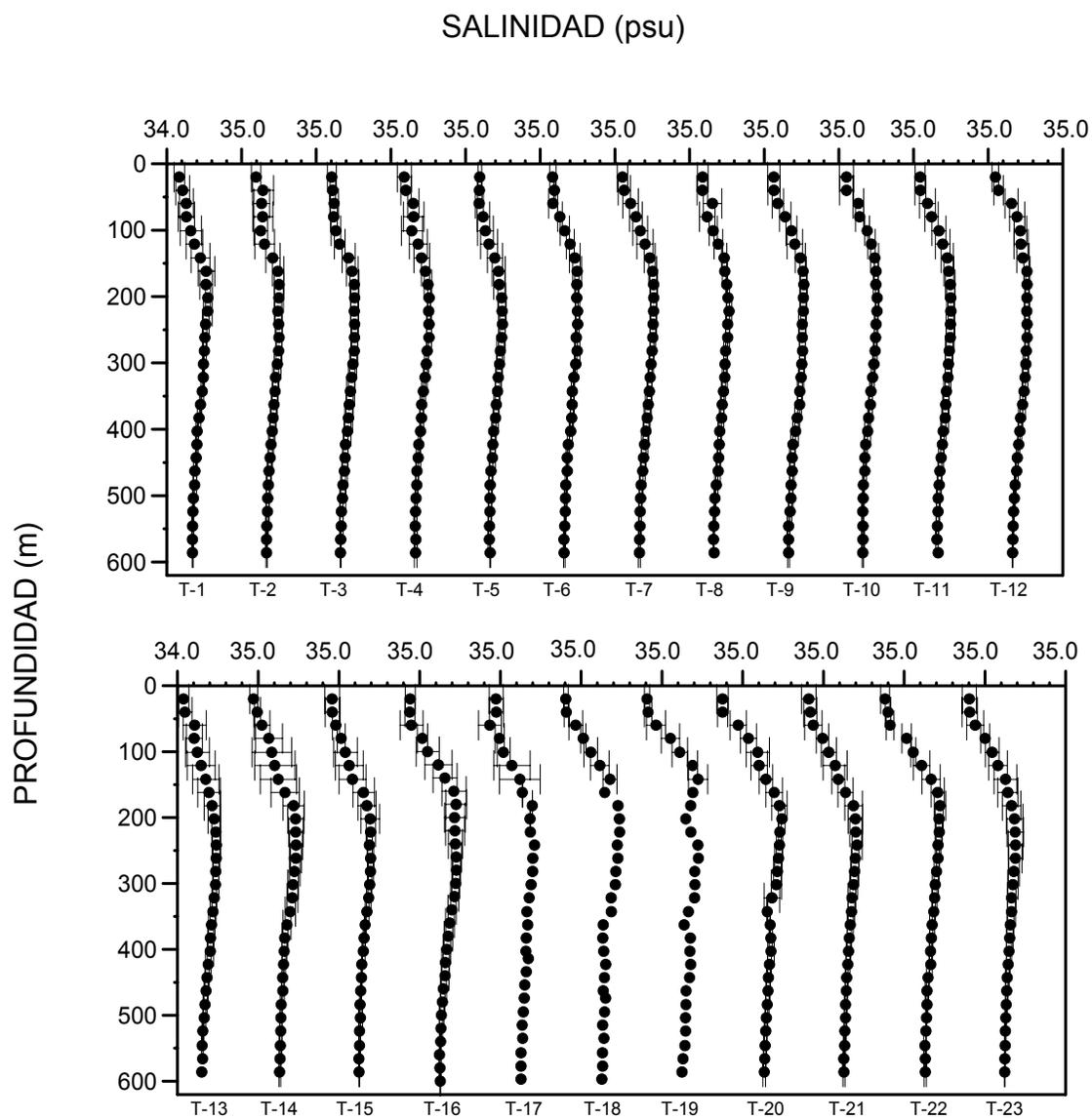


Figura 57. Perfiles verticales promedio de Salinidad (psu) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.

DENSIDAD (σ_t)

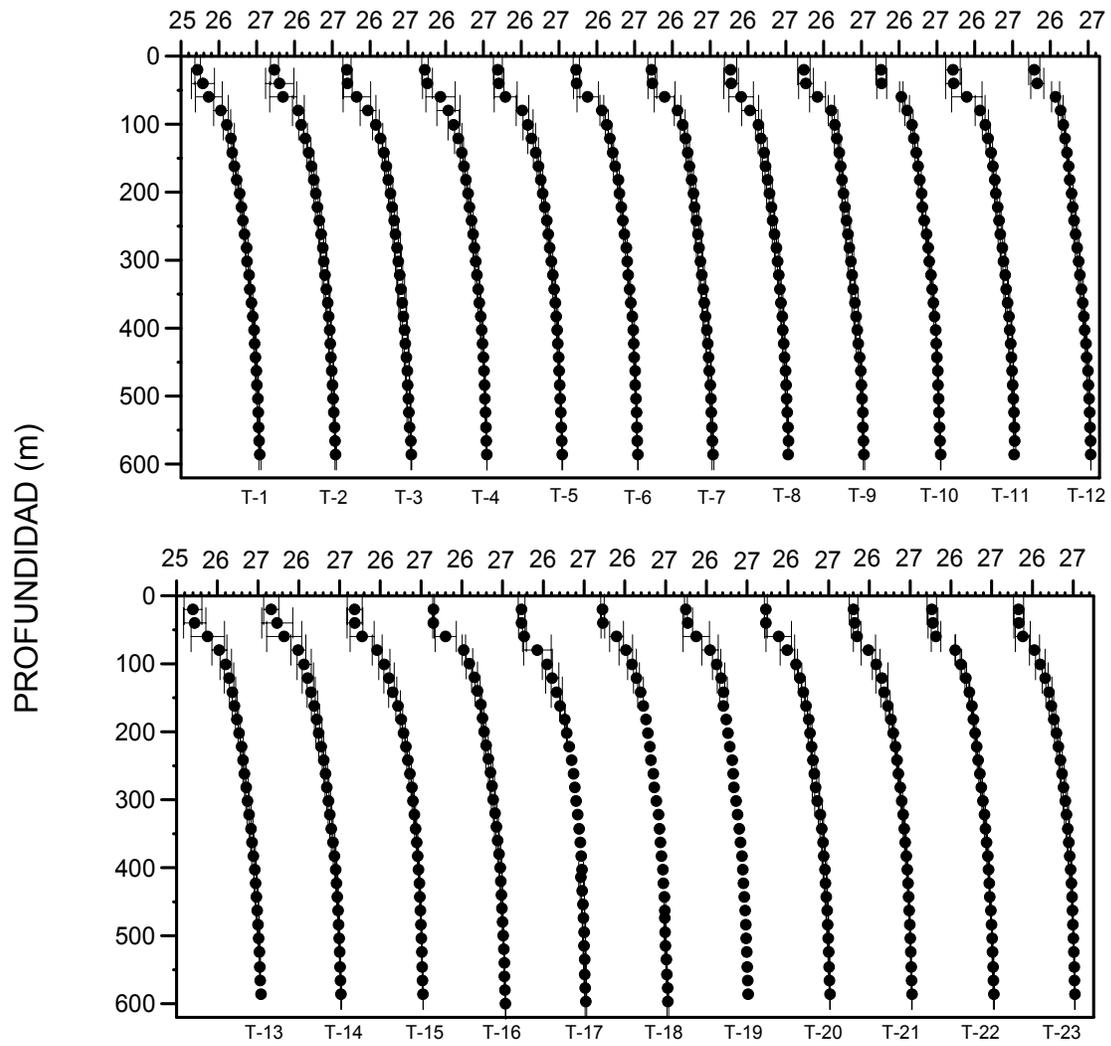


Figura 58. Perfiles verticales promedio de Densidad (σ_t) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.

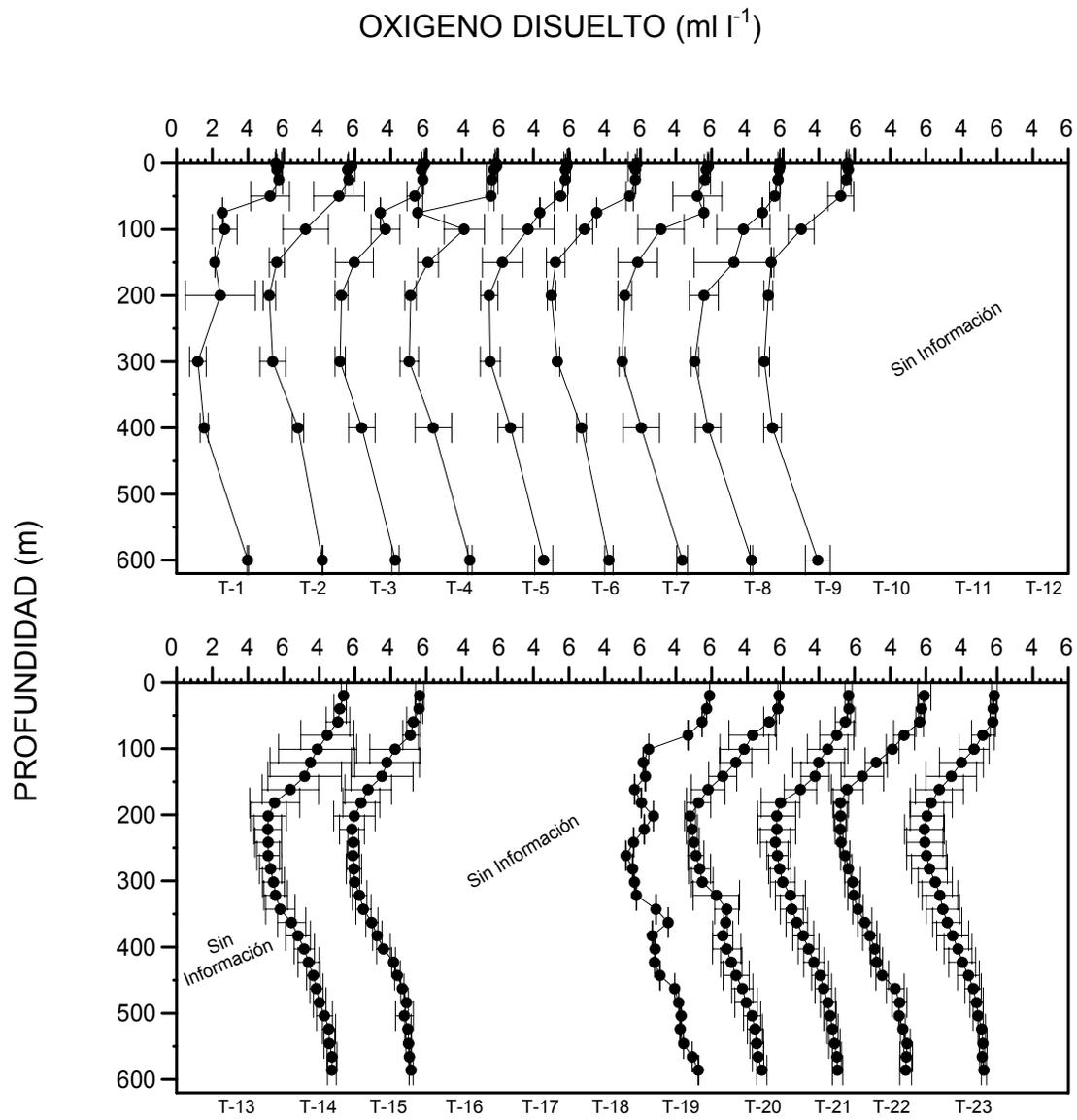


Figura 59. Perfiles verticales promedio de Oxígeno disuelto (ml l⁻¹) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.

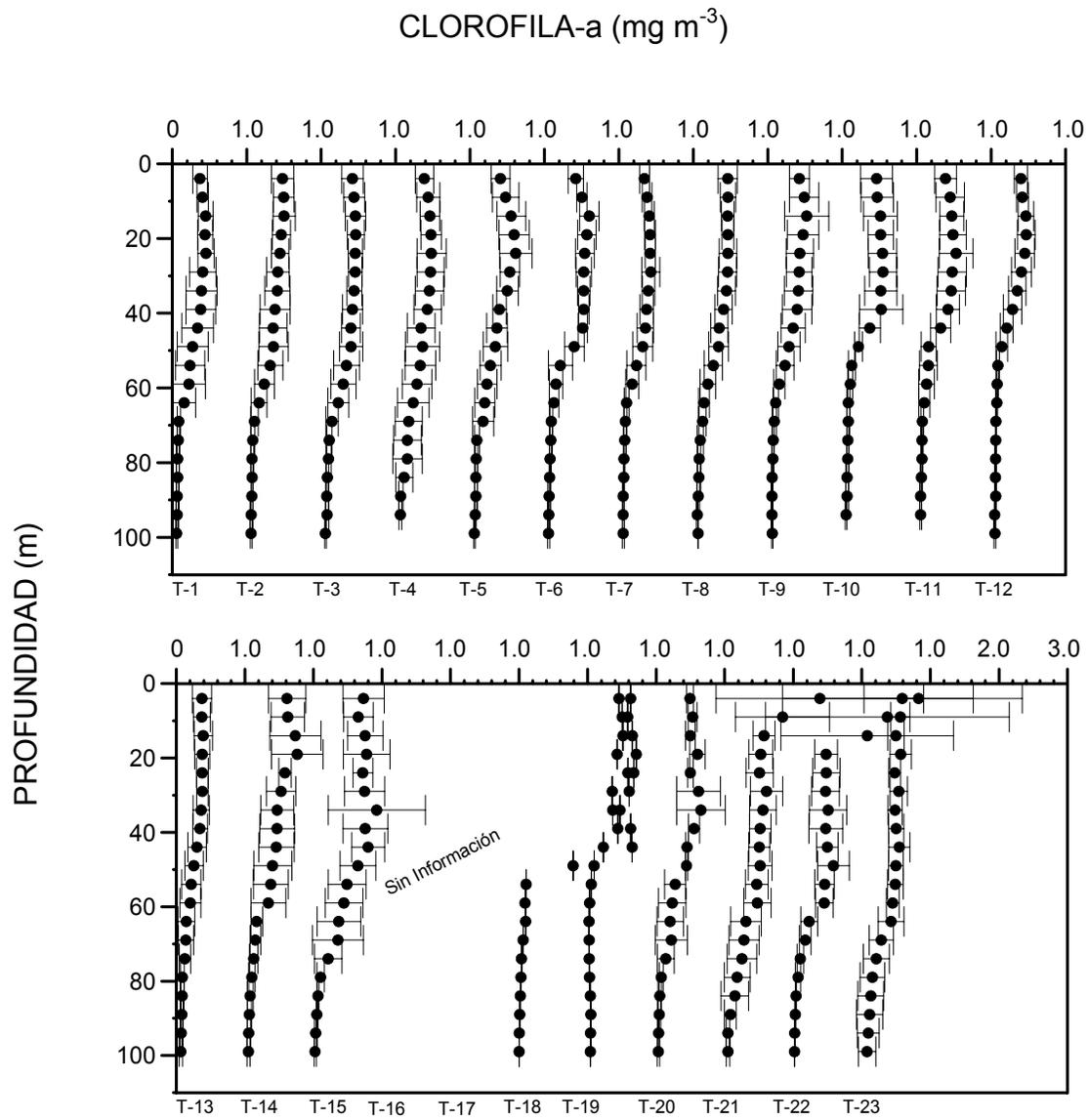


Figura 60. Perfiles verticales promedio de Clorofila-a (mg m^{-3}) por transecta. Las barras indican la desviación estándar.

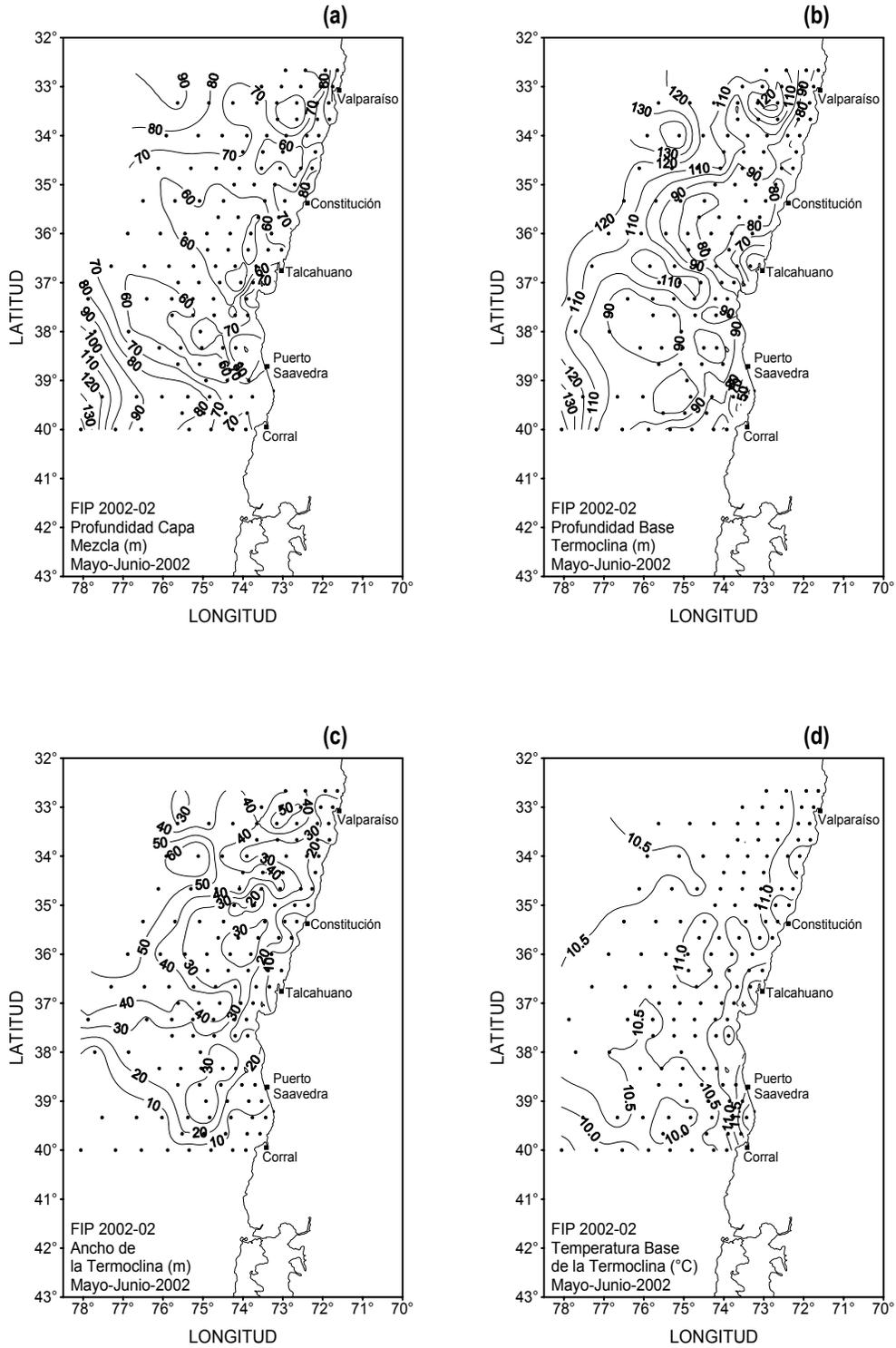


Figura 61. Distribución horizontal de la profundidad de: a) capa de mezcla (m), b) base de la termoclina (m), c) ancho de la termoclina (m) y d) temperatura base de la termoclina (°C).

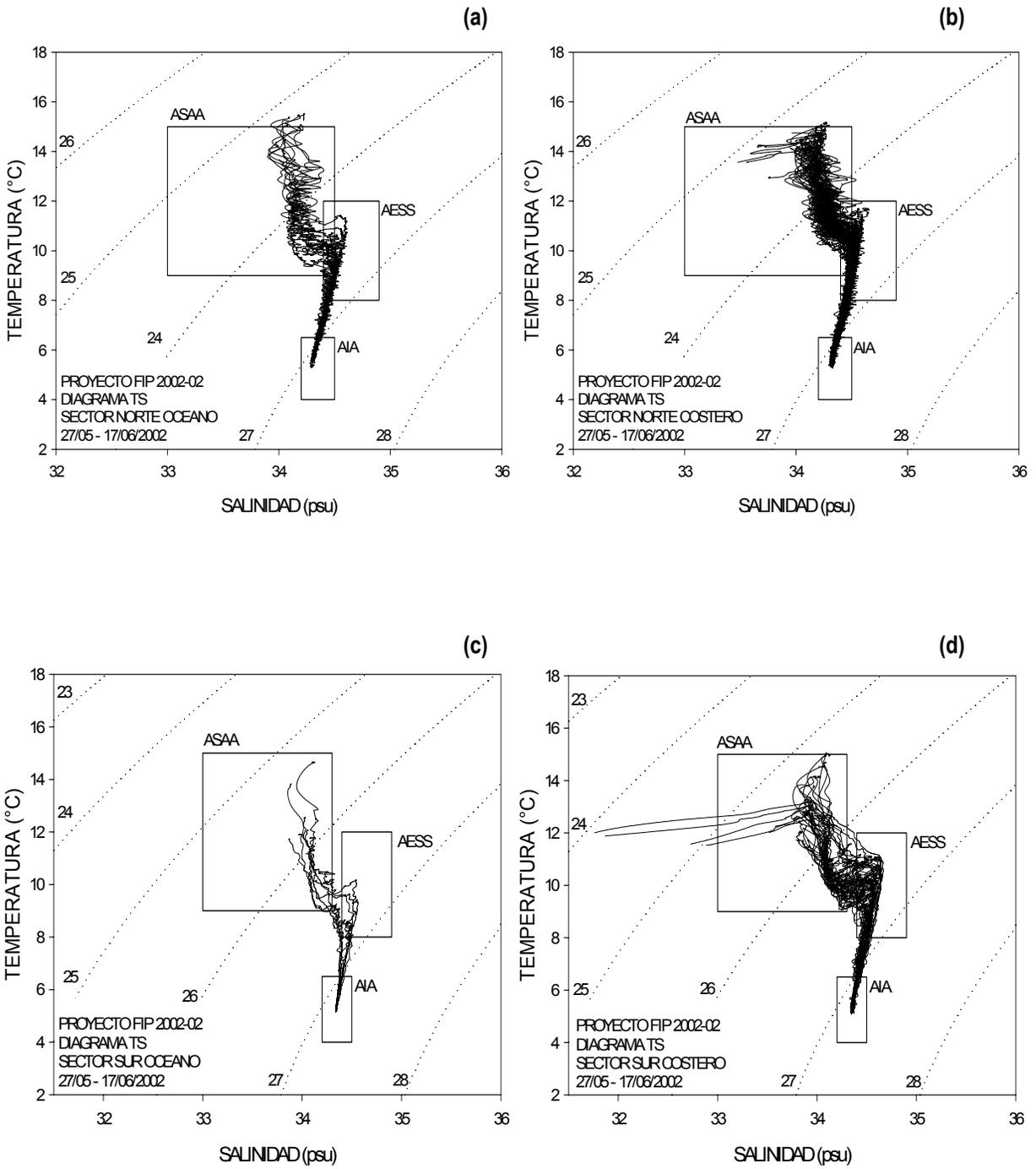


Figura 62. Diagramas T-S para los sectores: a) norte oceánico, b) norte costero, c) sur oceánico y d) sur costero.

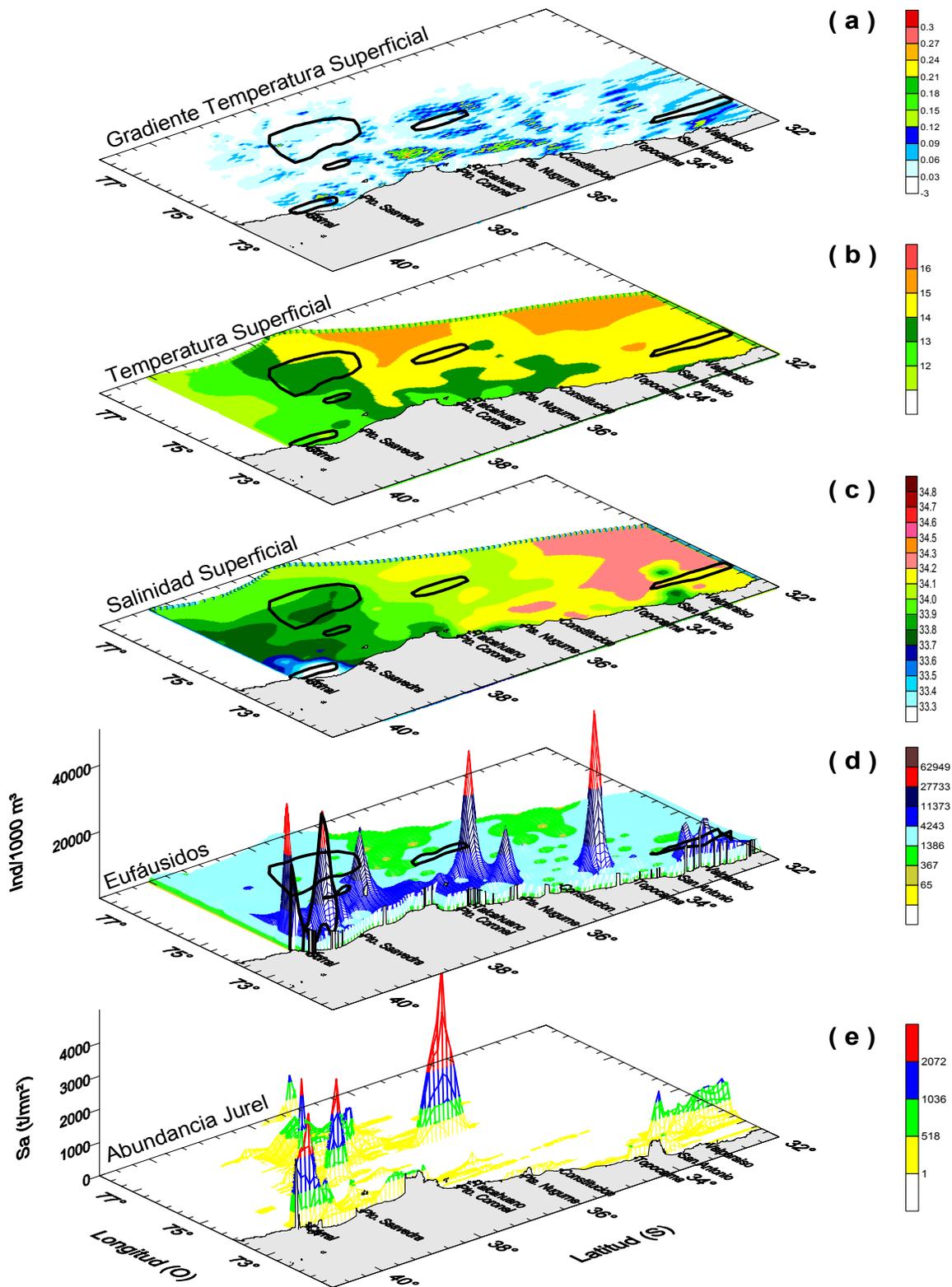


Figura 63. Distribución espacial de: a) gradientes térmico, b) temperatura, c) salinidad, d) eufáusidos y e) densidad de jurel. Capa superficial.

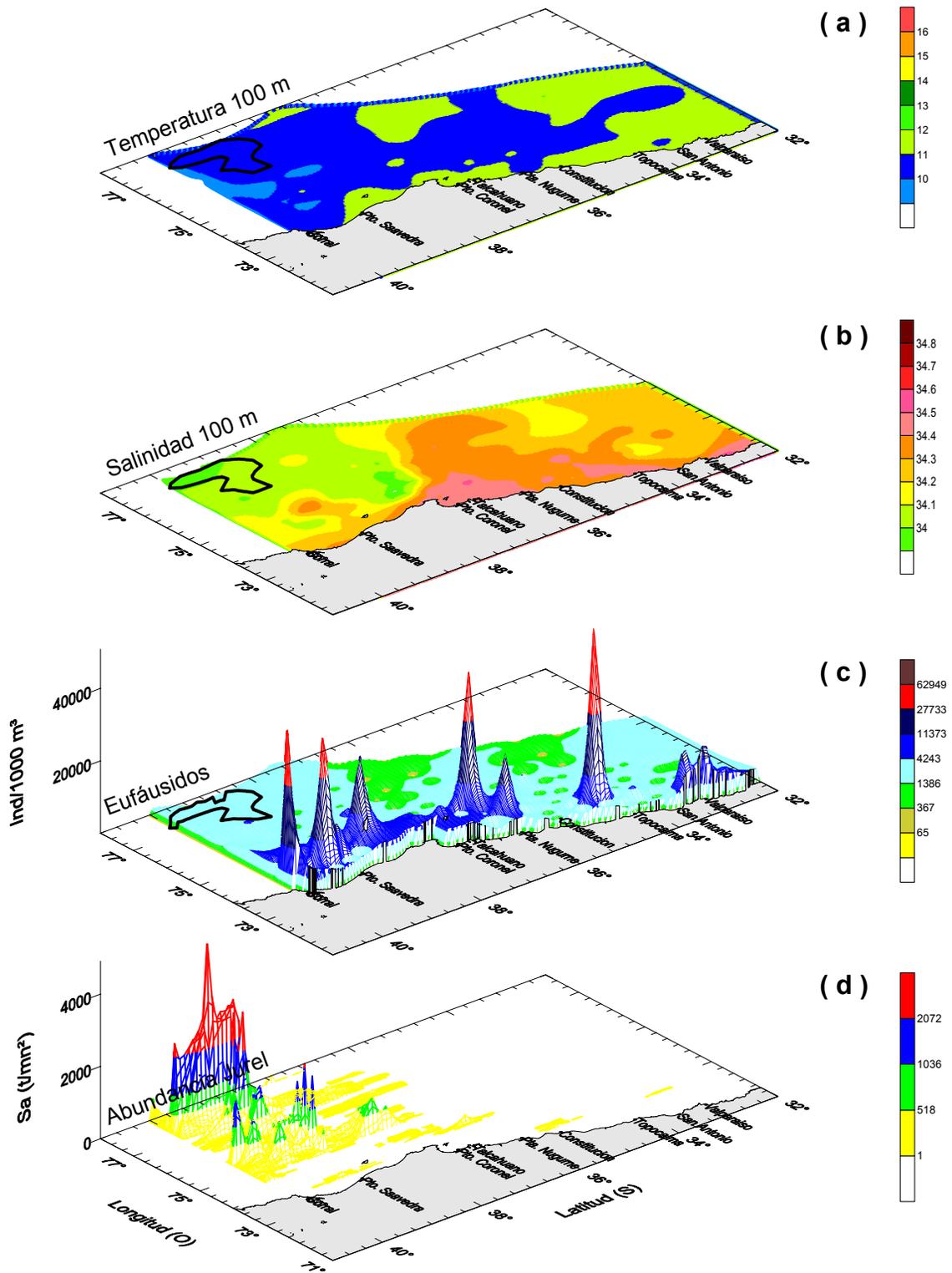


Figura 65. Distribución espacial de a) temperatura, b) salinidad, c) eufáusidos y d) densidad de jurel. Capa 100 m profundidad.

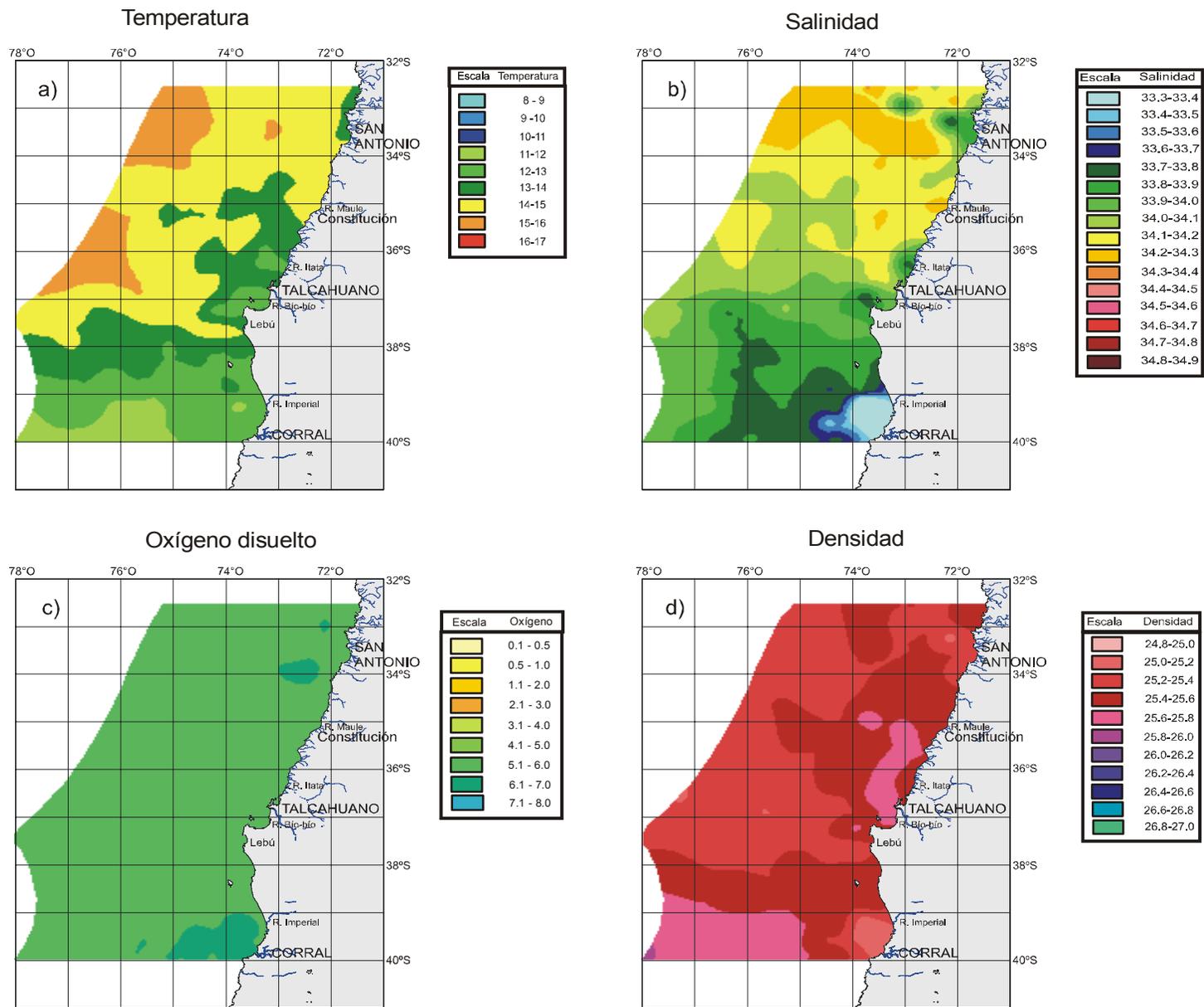


Figura 66. Distribución espacial de las variables oceanográficas superficiales: a) temperatura (°C), salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad (Sigma-t).

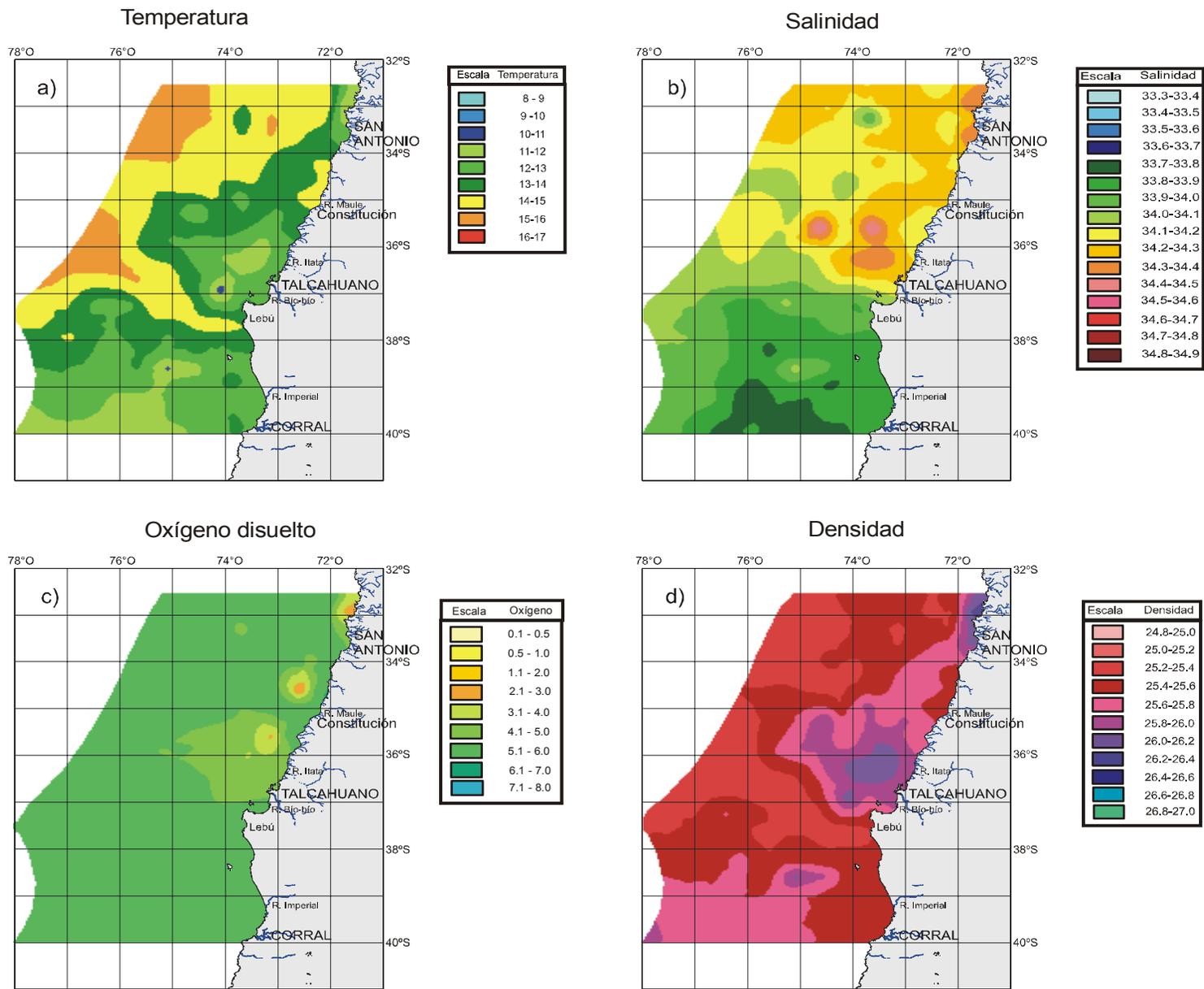


Figura 67. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 50 m: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/l) y d) densidad (Sigma-t).

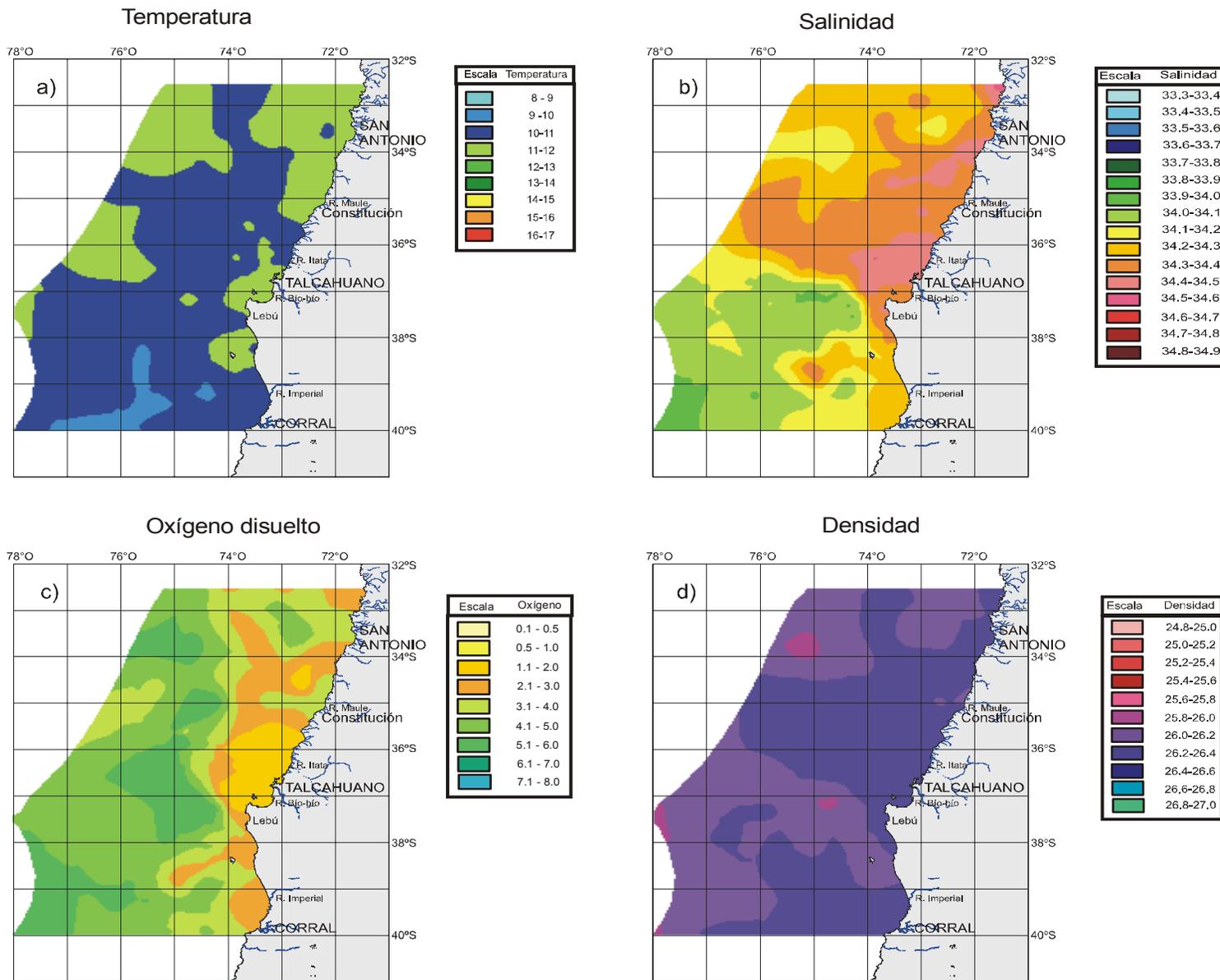


Figura 68. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 100 m: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno (ml/l) y d) densidad (Sigma-t).

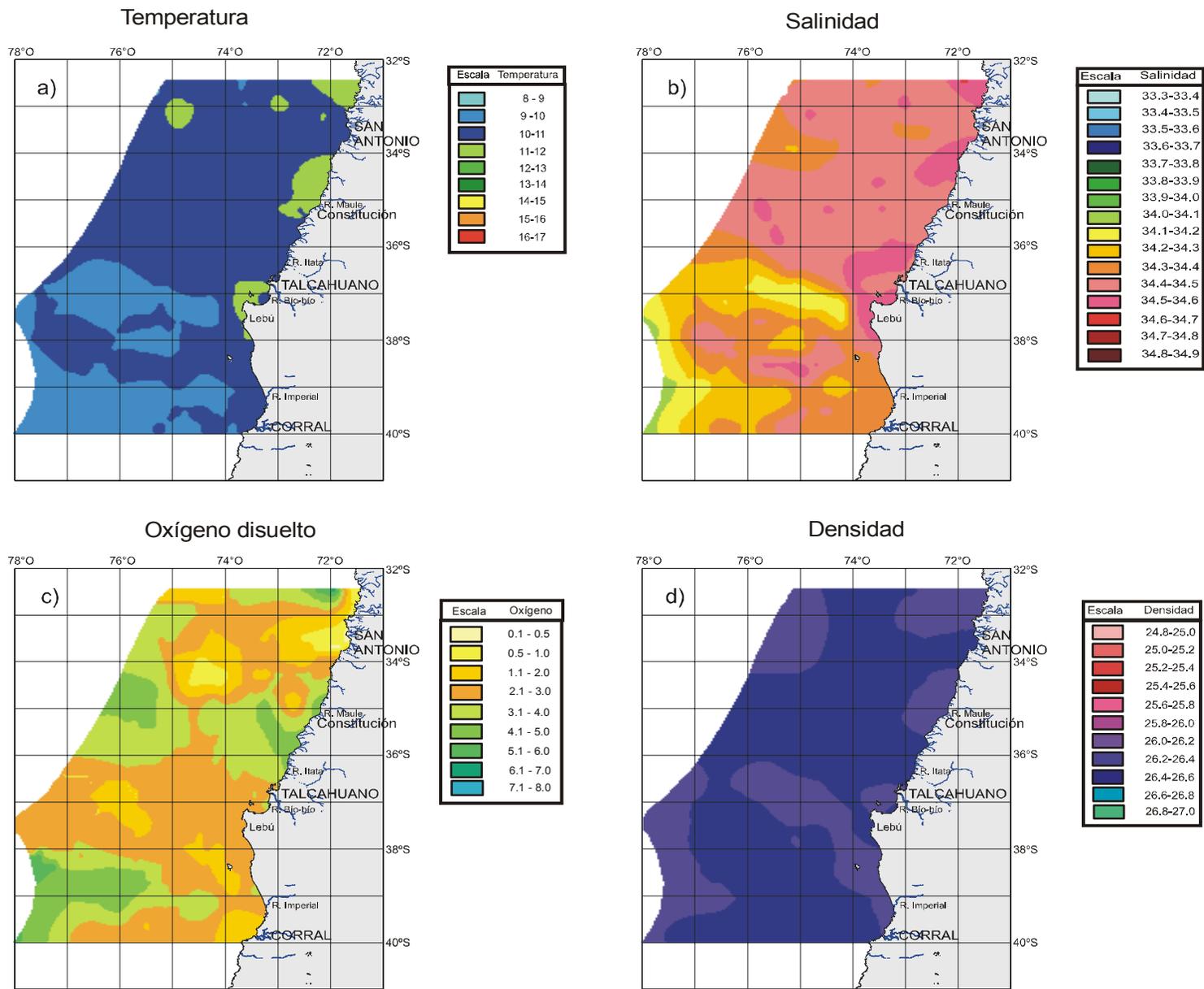


Figura 69. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 150 m: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno (ml/l) y d) densidad (Sigma-t).

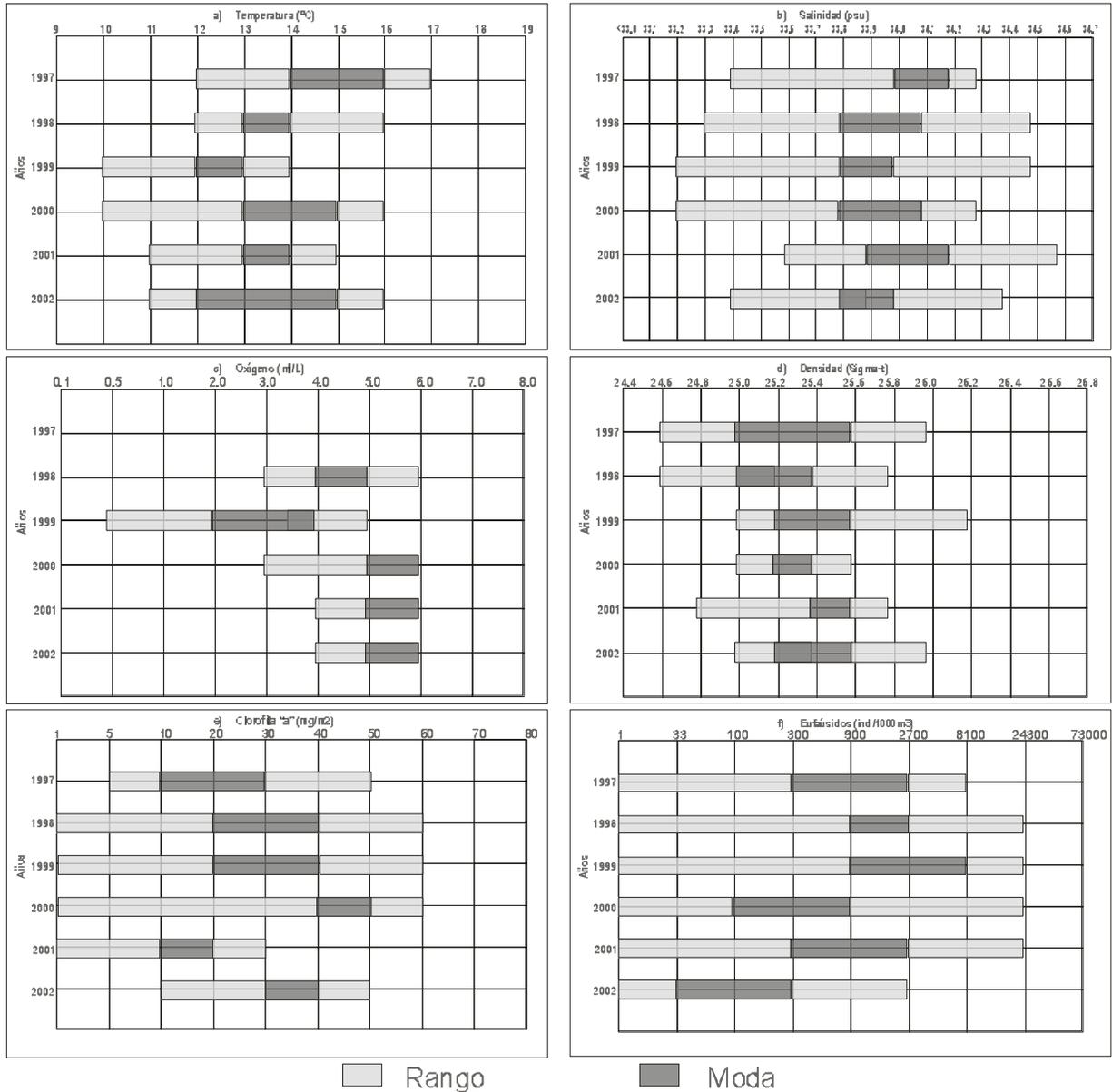


Figura 70. Rangos de distribución preferencial del jurel en relación a las variables ambientales. Años 1997-2002, estrato superficial.

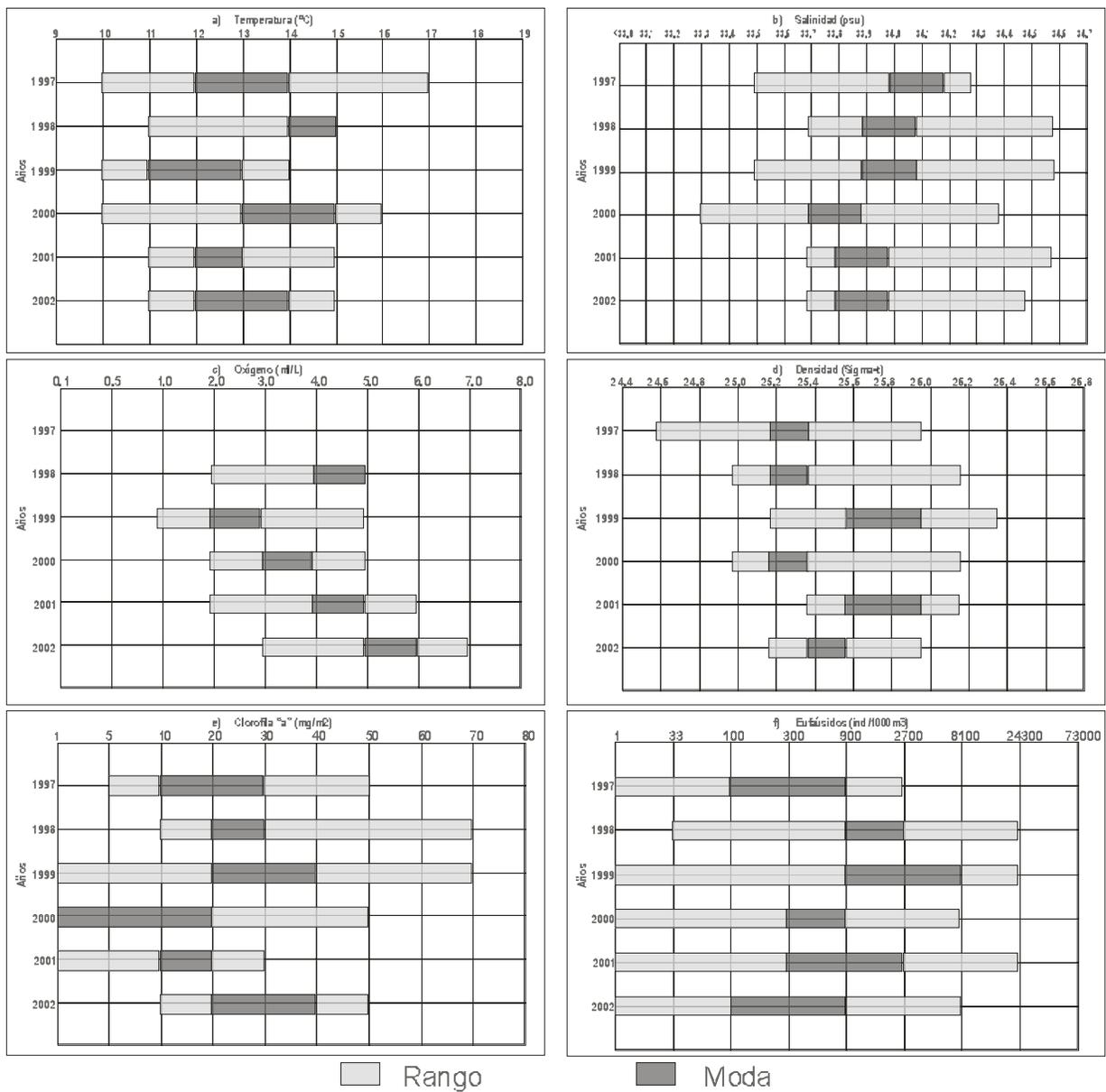


Figura 71. Rangos de distribución preferencial del jurel en relación a las variables ambientales. Años 1997-2002, estrato 5- 50 m. de profundidad.

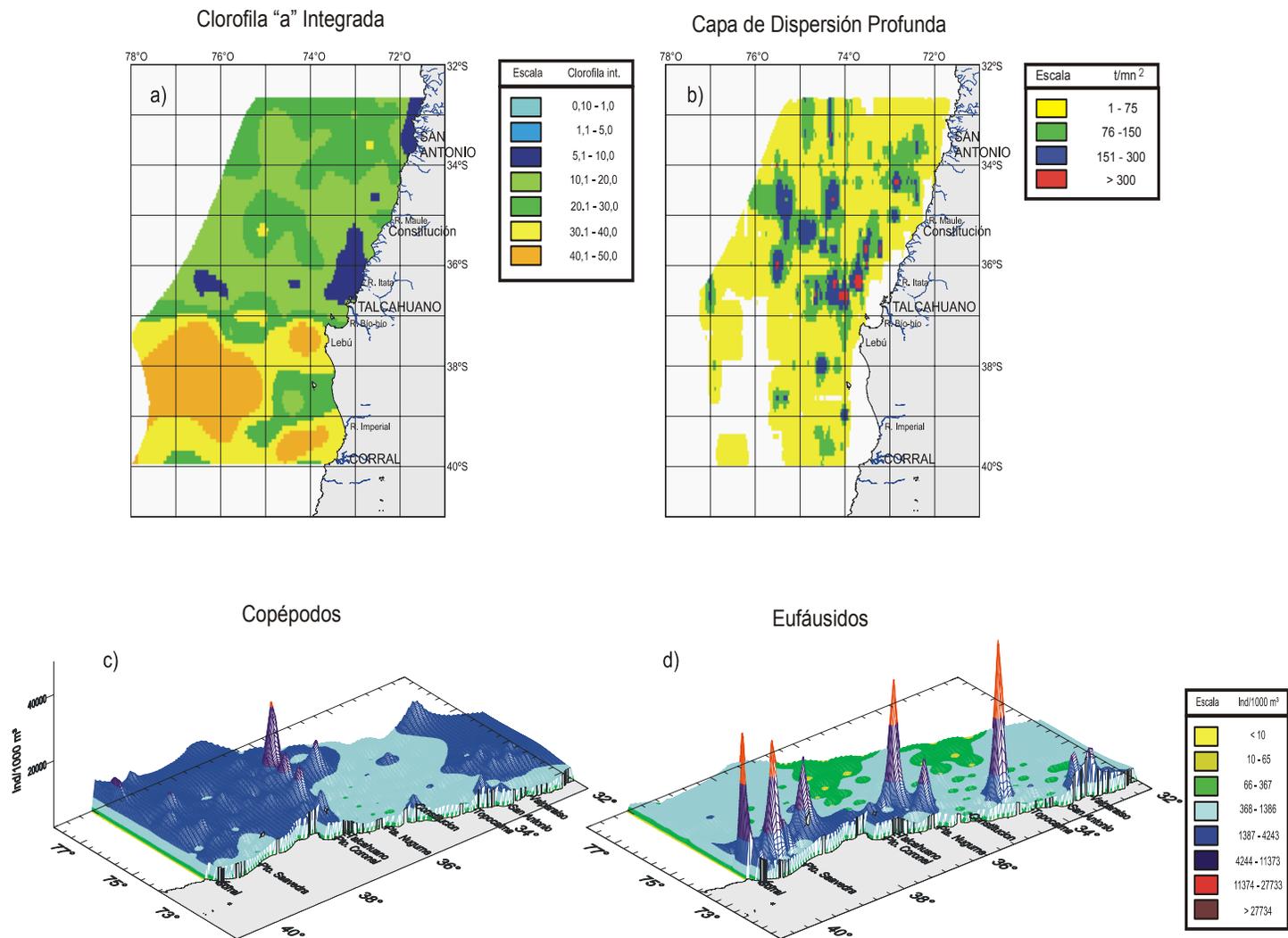


Figura 72. Distribución espacial de clorofila "a" integrada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), capa de dispersión profunda (t/mn^2), c) copéodos ($\text{ind}/1000\text{m}^3$) y d) eufáusidos. ($\text{ind}/1000 \text{m}^3$)

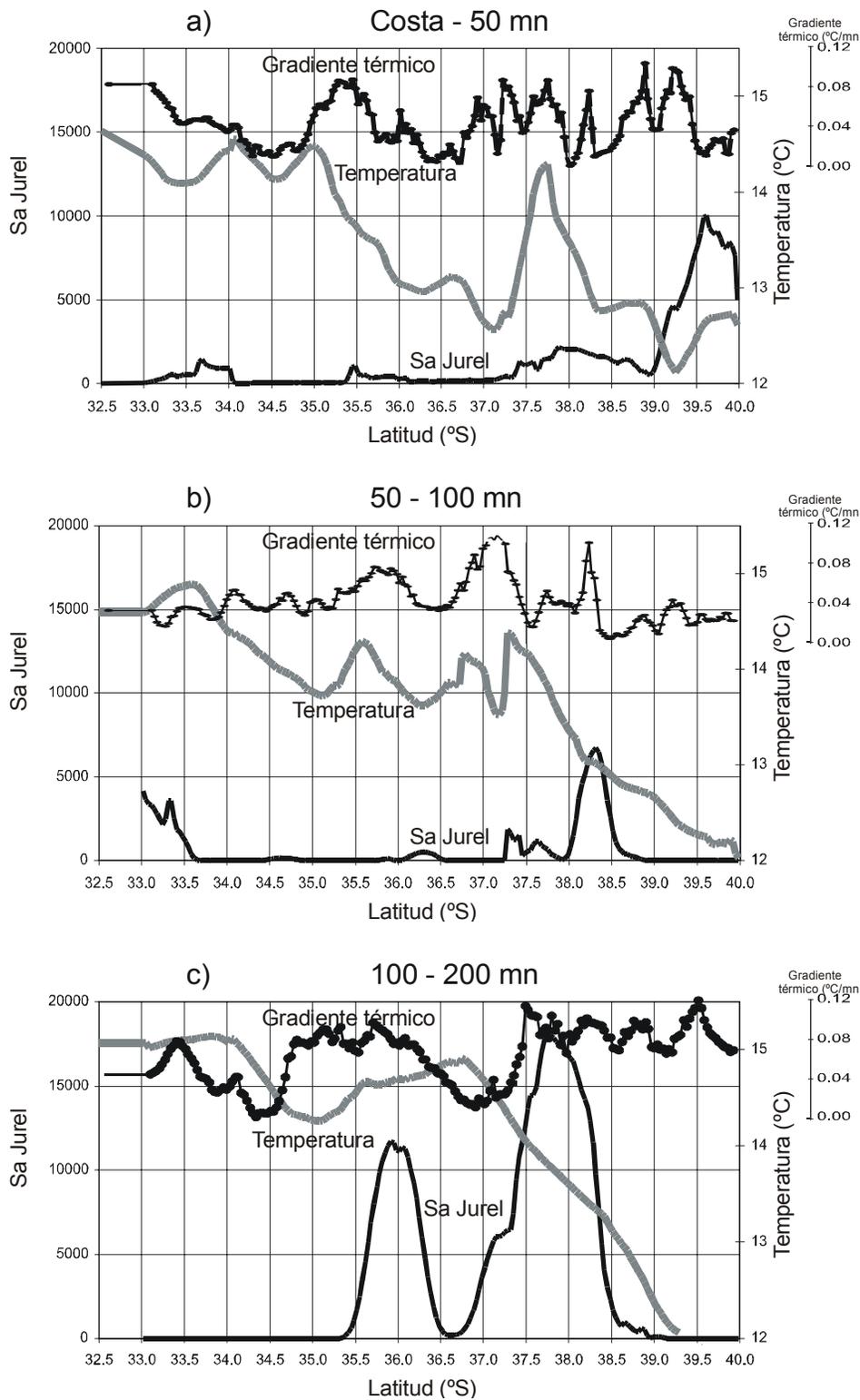


Figura 73. Señal latitudinal del jurel y su relación con la temperatura y el gradiente térmico en la capa superficial: a) Costa - 50 mn, b) 50 - 100 mn y c) 100 - 200 mn.

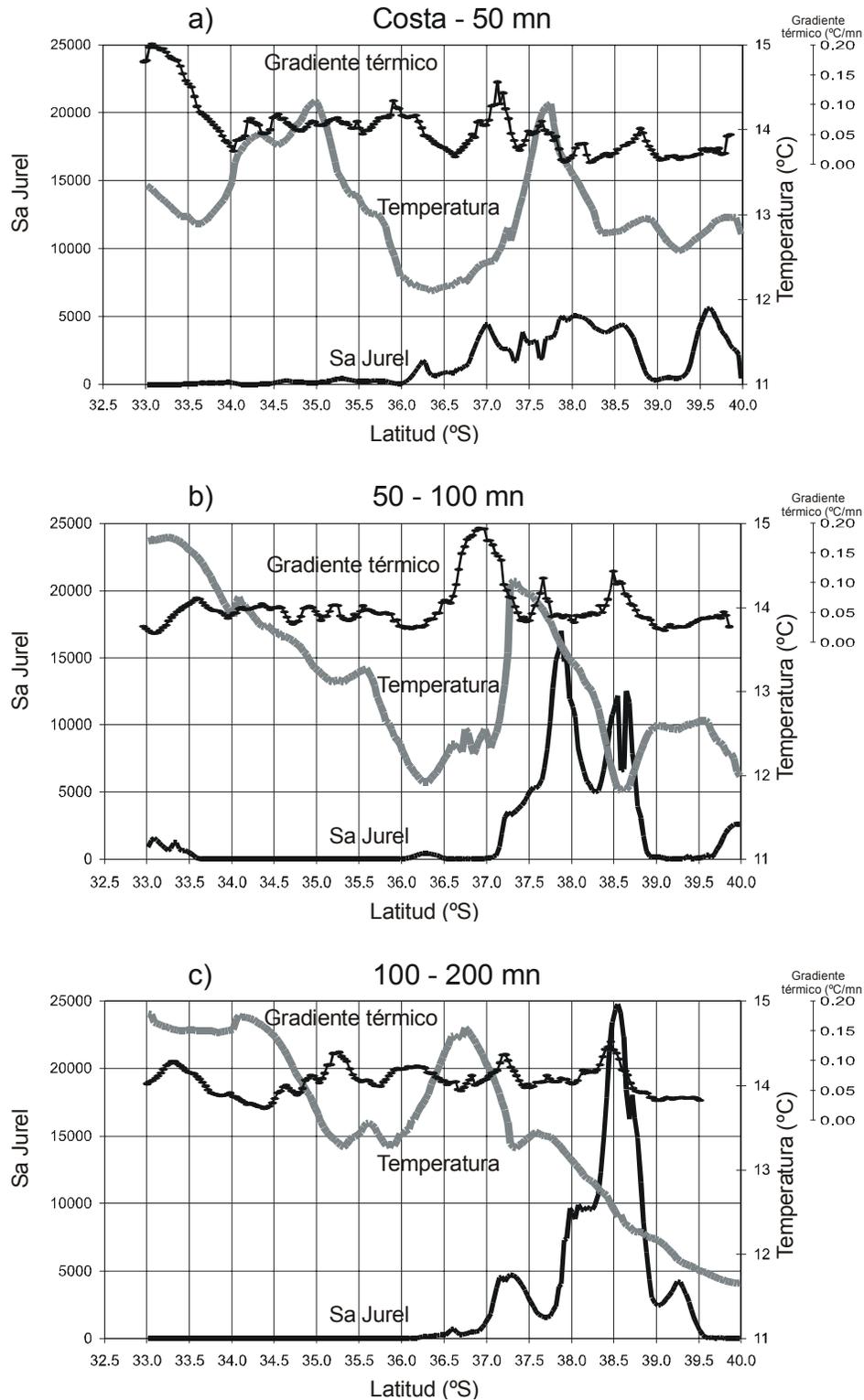


Figura 74. Señal latitudinal del jurel y su relación con la temperatura y el gradiente térmico en la capa 50 m.: a) Costa - 50 mn, b) 50 - 100 mn y c) 100 - 200 mn.

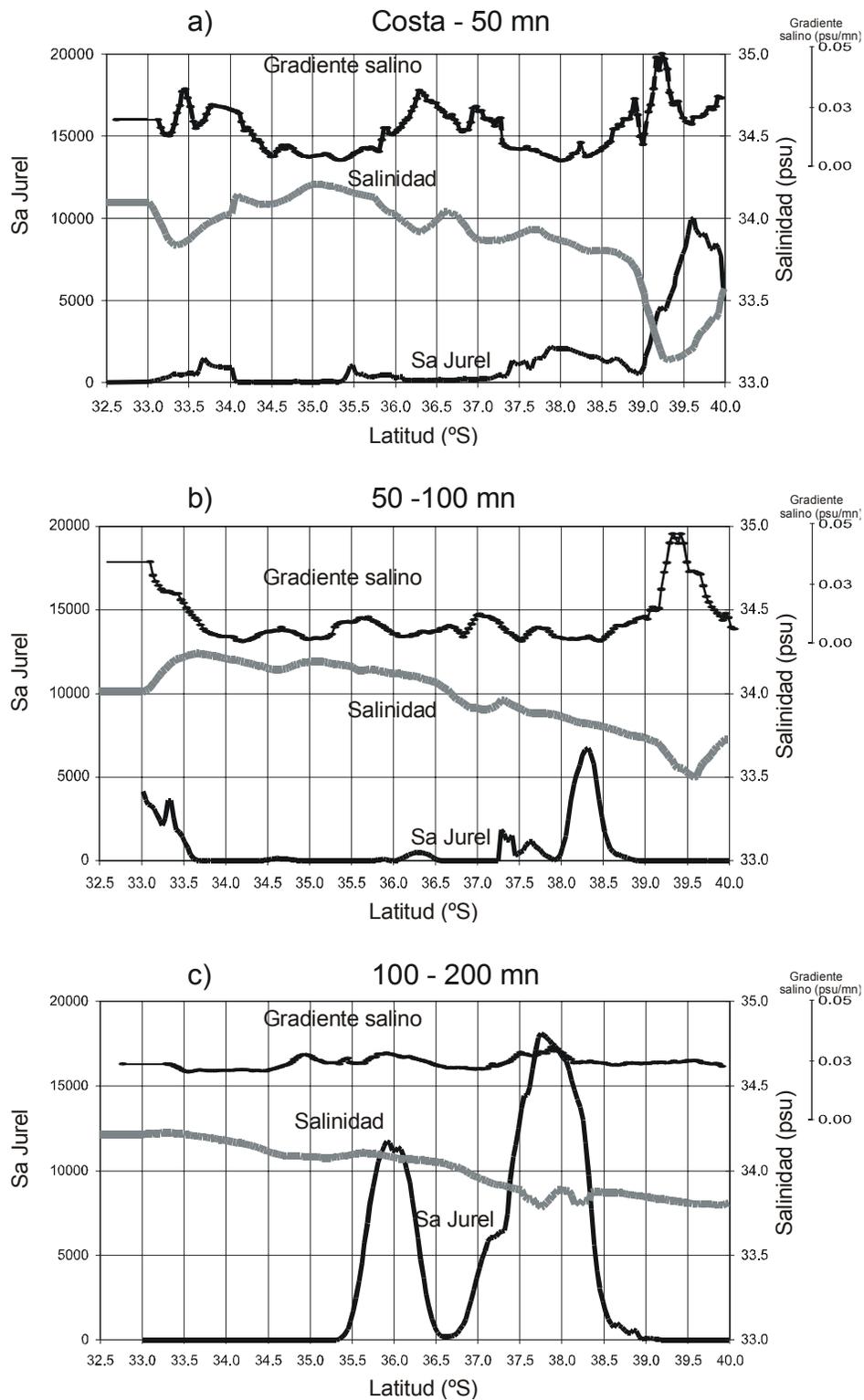


Figura 75. Señal latitudinal del jurel y su relación con la salinidad y el gradiente salino en la capa superficial: a) Costa - 50 mn, b) 50 - 100 mn y c) 100 - 200 mn.

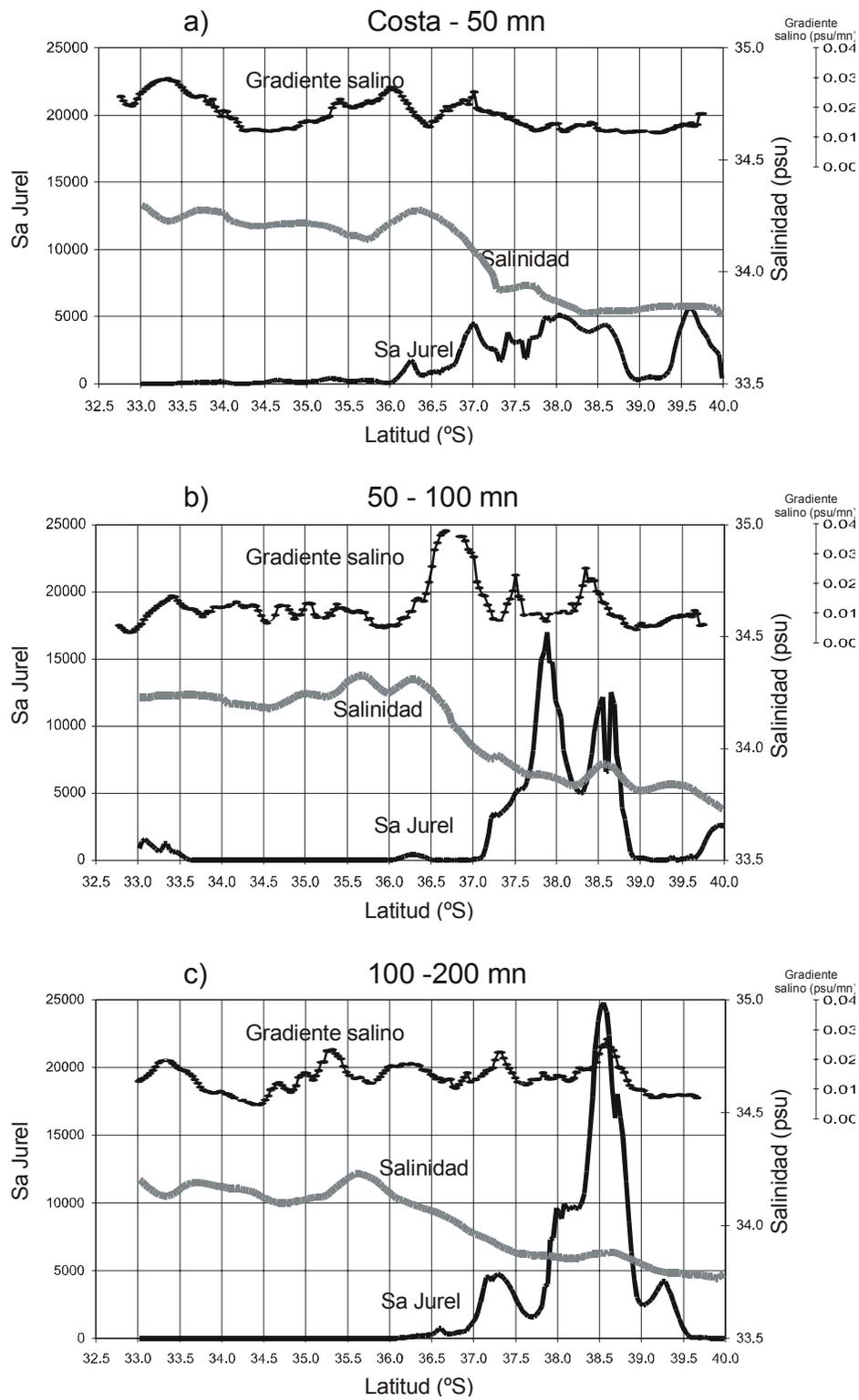


Figura 76. Señal latitudinal del jurel y su relación con la salinidad y el gradiente salino en la capa 50 m.: a) Costa - 50 mn, b) 50 - 100 mn y c) 100 - 200 mn.

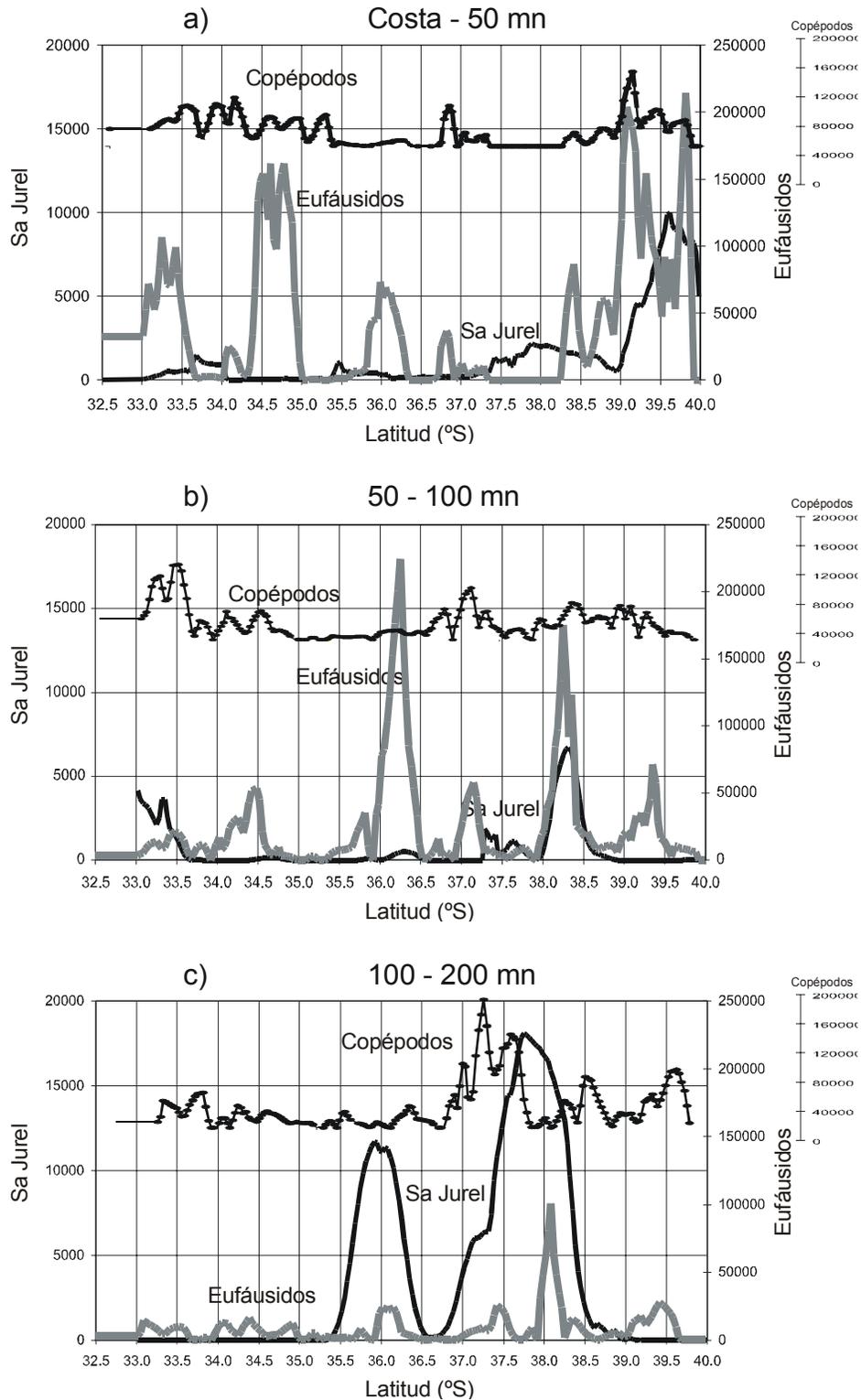


Figura 77. Señal latitudinal del jurel y su relación con los eufáusidos y copépodos: a) Costa - 50 mn, b) 50 - 100 mn y c) 100 - 200 mn.

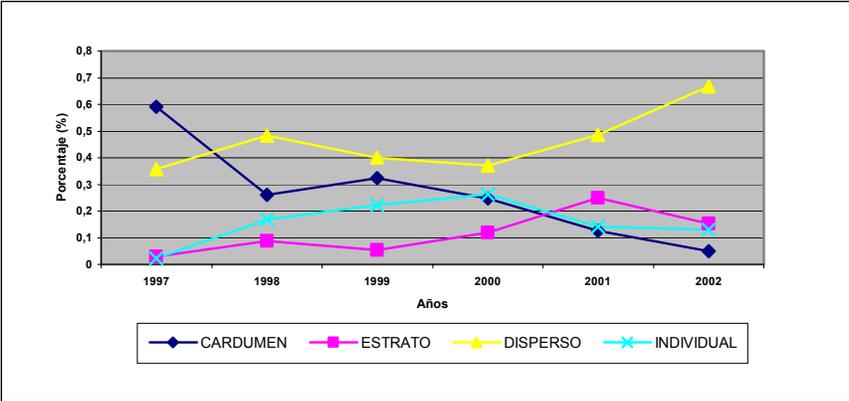


Figura 78. Participación porcentual de tipos de agregación de jurel (1997-2002)

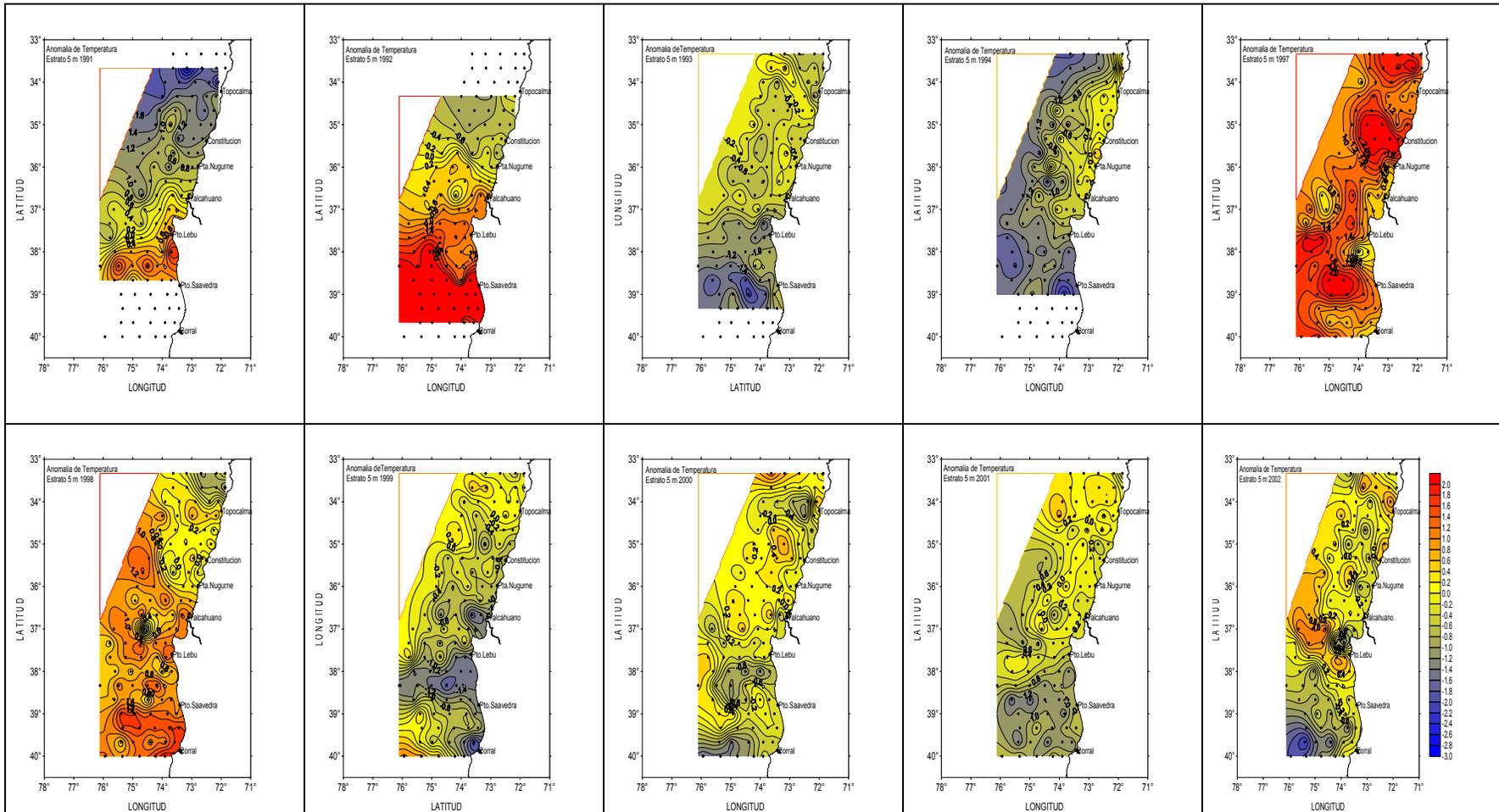


Figura 79. Anomalías de temperatura superficial (1991 -1994; 1997 – 2002)

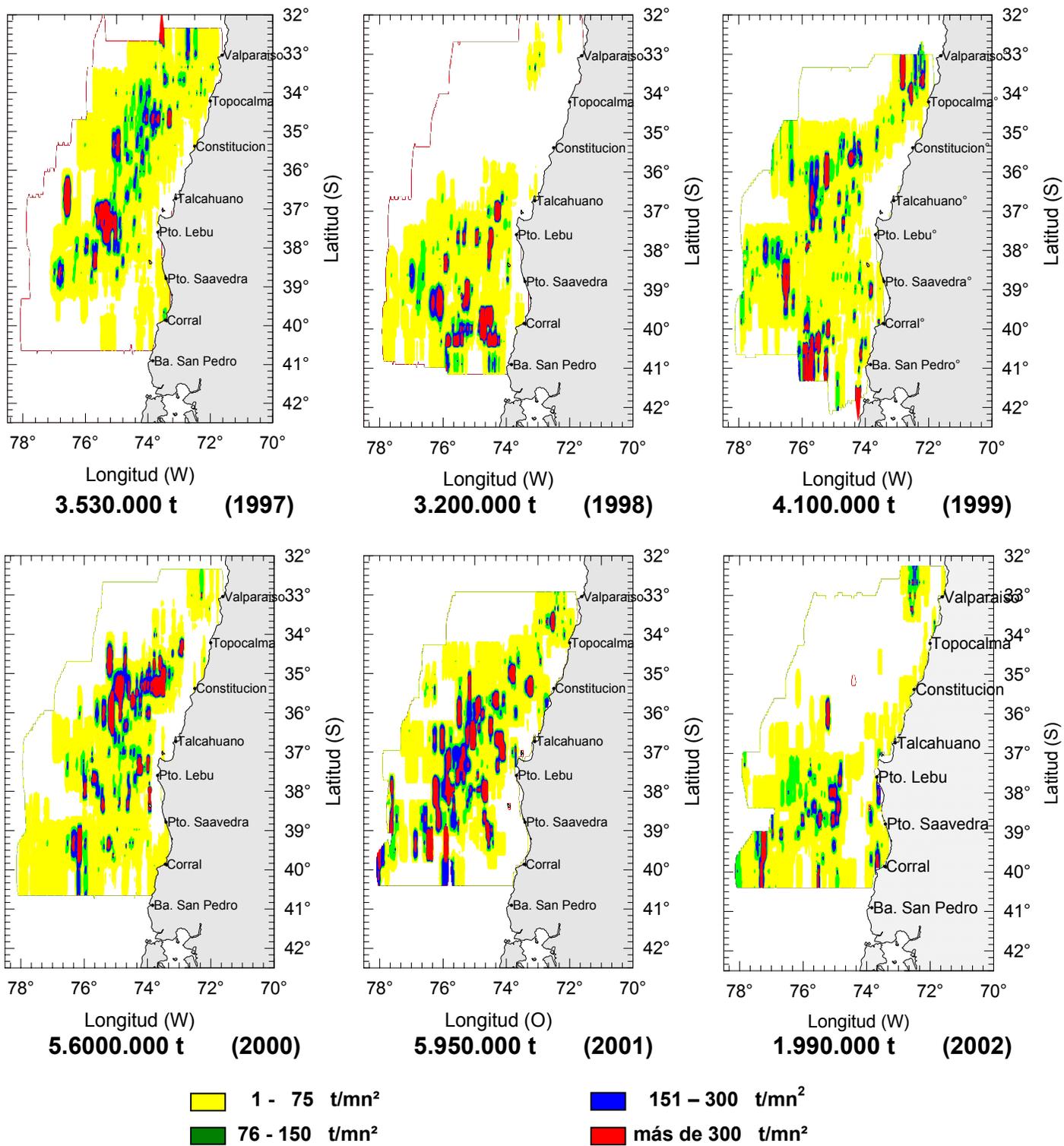


Figura 80.-. Distribuciones espaciales de biomasa de jurel (1997 -- 2002)

ANEXOS

A N E X O 1

**Plan detallado de asignación
de personal profesional y
técnico en horas/hombre
por actividad**

**PLAN DE H/H PARA EL PERSONAL PROFESIONAL Y TECNICO PARTICIPANTE POR MES**

Participante	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Subtotal
José Córdova	142	190	108	86	148	30	704
M. A. Barbieri				56	67		128
Sergio Lillo		32	16				64
Marcos Espejo	142	148	45		6		341
Hernán Miranda		64					64
Mauricio Braun					20	4	24
Vivian Valenzuela		143	190	110	52		495
Víctor Bocio		116					116
Hernán Reyes				96	136		232
Alvaro Saavedra	95	47					142
Bernardo Leiva	95	47					142
Víctor Catasti				96	126		232
Guillermo Galindo	95	47					142
Patricio Gálvez	48	94		96	96		334
Hernán Miles	8	143	190	143			484
Manuel Rojas	135	190	62		28		415
Víctor Correa	95	143	144		26		414
Rodrigo Vega		47		190			237
Gonzalo Muñoz	48	94					142
Carlos Mendoza	95	47					142
Rene Riffo	95	47					142
Alvaro Mundaca	95	47					142
Sergio Núñez	48	102	90	88	95		423
José Ortiz	62	175	90	90	95		512
Patricio Torres	62	175					237
Flor Véjar	62	50					112
Hernán Rebolledo	112	188	130	80	95		605
Carlos González	62	190	50				302
Claudio Pino	62	190	50				302
Subtotal	1.658	2.756	1.165	1.131	1.006	55	7.771



OBJETIVO 1

Participante	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Subtotal
José Córdova	142	126	96	38	20	22	444
Sergio Lillo		32	16		16		64
Marcos Espejo	142	148	45		6		341
Alvaro Saavedra	95	47					142
Bernardo Leiva	95	47					142
Guillermo Galindo	95	47					142
Manuel Rojas	135	142	62		28		367
Patricio Gálvez	48	94					142
Víctor Correa	95	111	40		10	6	262
Rodrigo Vega		47					47
Gonzalo Muñoz	48	94					142
Rene Riffo	95	47					142
Carlos Mendoza	95	47					142
Alvaro Mundaca	95	47					142
Sub Total	1.180	1.078	259	38	80	28	2.661

OBJETIVO 2

Participante	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Subtotal
José Córdova		64	12		20		96
Hernán Miranda		69					64
Víctor Bocic		48					48
Manuel Rojas		32					32
Víctor Correa		116					116
Sub Total		324	12		20		356

OBJETIVO 3

Participante	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Subtotal
José Córdova				8	44	8	60
Mauricio Braun					20	4	24
Vivian Valenzuela		143	190	110	52		495
Hernán Miles		143	190	143			484
Sub Total		286	380	261	116		1.063



OBJETIVO 4

Participante	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Subtotal
Hernán Rebolledo	112	188	130	80	95		605
Carlos González	62	190	50				302
Claudio Pino	62	190	50				302
Sub Total	236	568	230	80	95		1.209

OBJETIVO 5

Participante	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Subtotal
José Córdova				18	16		34
Víctor Correa			104		16		120
Sub Total			104	18	32		154

OBJETIVO 6

Participante	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Subtotal
José Córdova				22	48		70
M. A. Barbieri				56	67	5	128
Hernán Reyes				96	136		232
Víctor Catasti				96	126	10	232
Rodrigo Vega				190			190
Patricio Gálvez				96	96		192
Sergio Núñez	48	102	90	88	95		423
José Ortiz	62	175	90	90	95		512
Patricio Torres	62	175					237
Flor Véjar	62	50					112
Sub Total	234	502	180	734	663	15	2.328

A N E X O 2

**Informe Final y Base de Datos
en CD**

FONDO INVESTIGACION PESQUERA

**Evaluación hidroacústica
de jurel en la ZEE, año 2002**

FIP Nº 2002-02



**INFORME FINAL
Y BASE DATOS**

M A Y O, 2003

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



**Sección Documentación,
Difusión y Biblioteca**

**IFOP
Valparaíso
Chile**